

Autor: Höden David, Mag.rer.nat. Mag.rer.soc.oec.

Verletzungen und Schmerzen im Langdistanztriathlon

*Zusammenhänge zwischen trainingsbezogenen Risikofaktoren und häufigen
Beschwerdebildern bei Langdistanztriathleten und -athletinnen*

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Philosophie

Eingereicht an der

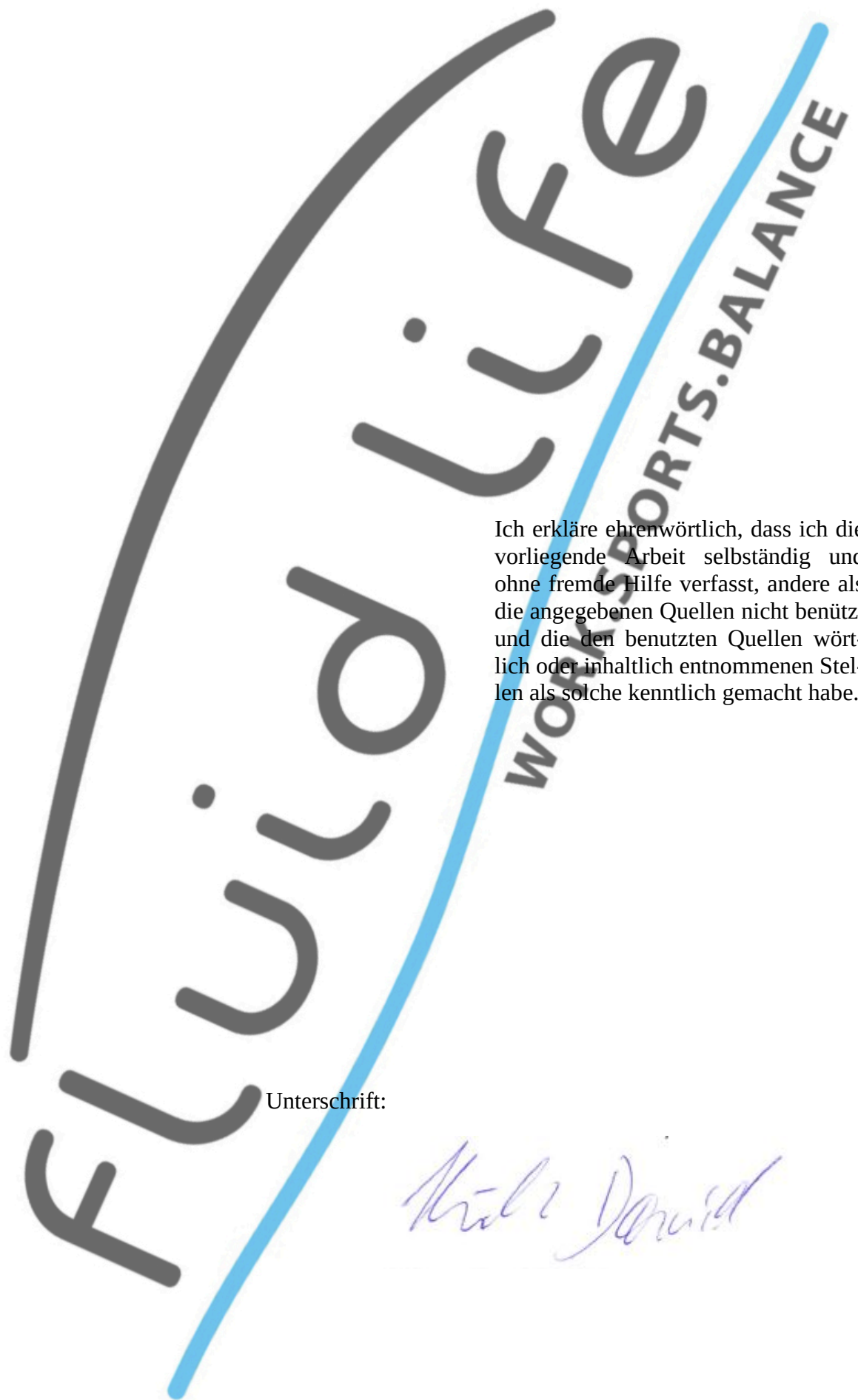
Umwelt-, Regional- und Bildungswissenschaftlichen Fakultät

Karl-Franzens-Universität Graz

Erstbegutachterin: Titze Sylvia, Ao.Univ.-Prof. Mag.rer.nat. MPH Dr.phil.
Institut für Sportwissenschaft

Zweitbegutachterin: Thaller Sigrid, Ao.Univ.-Prof. Dr.phil.
Institut für Sportwissenschaft

2017



Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Unterschrift:

Karl David

Vorwort

Der Begriff Triathlon wird in der Gesellschaft mit den unterschiedlichsten Dingen assoziiert. Erste ausgesprochene Gedanken wie „Schmerzen“, „Wahnsinn“, „kann nicht gesund sein“, „Treffpunkt für jene, die fürs Schwimmen, Radfahren und Laufen als Einzeldisziplin zu schwach sind“, „bewundernswert“, „Poser“, „erkennt man sofort anhand der Kleidung und der rasierten Beine (Männer)“... kommen einem da zu Ohren. Gewisse Klischees bzw. Merkmale – wage ich an dieser Stelle zu behaupten – sind bei dieser Art von SportlerInnen durchaus zu erkennen. Mit einem einheitlichen Kleidungsstil bestimmter Marken bzw. mit dessen farblich optimalen Abstimmung heben sich die TriathletInnen bewusst oder unbewusst vom Umfeld ab. Der Hang, das beste und auffallendste - nicht das optimale - Material bzw. „Setup“ zu besitzen, sorgt bei ihren KollegInnen in den Einzelsportarten Schwimmen, Radfahren und Laufen oft für Verwunderung und für ein Schmunzeln. Nur wenige AthletInnen anderer Sportarten tragen mit solch einem Stolz das offizielle T-Shirt eines Wettkampfes oder das Finisher-T-Shirt zusammen mit der umgehängten Medaille nach einem Wettkampf wie die TriathletInnen. Nur sie stürmen Tage vor dem Wettkampf in unvergleichlicher Weise mit angelegten Kompressionssocken die Expo, kaufen dort die Stände bestimmter Labels mit grenzenloser Euphorie auf und tragen deren Produkte mit unglaublicher Konsequenz und Stolz. Ich spreche aus Erfahrung.

Diese bekannten Eigenschaften der TriathletInnen durfte ich schon als ehemaliger Mittelstreckenläufer und vor allem später als Leistungsschwimmer in den ersten "richtigen" Anfangsjahren des Triathlonsports in Österreich, speziell im Grazer Raum, miterleben. Die damaligen, pinguinartigen "Gestalten", mit Neoprenanzug, Badehauben und schwimmuntypischen Brillen bewaffnet, sind uns sorgfältigen Fliesenzählern von mehreren Stunden am Tag und den Badegästen damals schon aufgefallen. Das Prozedere, noch vor dem imposanten Sprung ins kalte Nass sicherheitshalber noch eine Runde bei gut 30 Grad Raumtemperatur um das Becken zu stolzieren - um ja von niemandem übersehen werden zu können - und wenig später nach ein paar hart erkämpften Längen wieder aus dem Wasser zu steigen, setzte unserem Schwimmerstolz schon stark zu! Dieses spezielle Verhältnis kann mit dem zwischen VolleyballerInnen und Beach-VolleyballerInnen oder dem zwischen SkifahrerInnen und SnowboarderInnen verglichen werden und ist noch heute - zwar nicht mehr in dem Ausmaß wie vor gut zehn Jahren - vorhanden.

Gründe für die zunehmende Toleranz gegenüber dem Triathlonsport vor allem unter den Schwimm-, Rad- und LaufsportlerInnen können an dieser Stelle einige angeführt werden. Neben der steigenden Anzahl an Wettkämpfen und deren TeilnehmerInnen in den letzten Jahren sind für mich vor allem die Zunahme der Leistungsdichte und des -niveaus erwähnenswert. Bei den erbrachten Leistungen, die die TriathletInnen unterschiedlicher Alters- und Leistungsklassen an den Tag legen, können sich einige ihrer KollegInnen der Einzelsportarten Schwimmen, Radfahren und Laufen warm anziehen. Es gibt kaum eine andere Sportart, in der - abgesehen vom Profibereich - die Amateur- und HobbyathletInnen ihrem Training und ihrem Sport generell eine so hohe Aufmerksamkeit schenken. Es ist oft unglaublich, auf wie viele Stunden Training die TriathletInnen neben einer "normalen"

beruflichen Tätigkeit pro Woche kommen. Des Weiteren stellen sie eine Sportlergruppe dar, die genau über ihr Training und ihre Defizite/Potentiale bzw. über ihre Verletzungen Bescheid weiß. Kurz gesagt, eine sehr engagierte Klientel, die sich TrainerInnen anderer Sportarten oft nur wünschen würden, und sich als ProbandInnen für wissenschaftliche Studien bestens eignet!

Für wissenschaftliche Studien werden nicht nur motivierte ProbandInnen benötigt, sondern auch interessante Themen- bzw. Aufgabenstellungen. Triathlon eignet sich in diesem Zusammenhang besonders, weil diese Sportart Komplexität in verschiedensten Bereichen verkörpert. Abgesehen von der Positionierung und dem herrschenden Wettbewerb der veranstaltenden Institutionen, den verschiedenen Bestimmungen zur Erbringung der entsprechenden Limits bzw. Slots, der Anzahl der Distanzen und deren mögliche Ausprägungsformen und jeweiligen Bestimmungen sowie den vielen Alters- und Leistungsklassen ist diese junge, moderne Sportart besonders aus sportwissenschaftlicher und sportmedizinischer Sicht interessant. Die Kombination der drei Disziplinen ergibt - einfach erklärt - mehr als die Summe der drei Disziplinen. Die vielen unterschiedlichen ergänzenden und entgegenwirkenden Effekte räumen dieser Sportart eine interessante Sonderstellung im (Ausdauer-)Sport ein, die noch viele Möglichkeiten und Anreize für neue Forschungsarbeiten bietet.

Bezugnehmend auf die vorhergehenden Absätze möchte ich noch erwähnen, dass ich mich persönlich sehr darüber freue, dass eine Sportart, die die drei in vielen Ländern am häufigsten ausgeführten Sportarten in einer vereint, in den letzten Jahren eine derartige Popularität erlangt hat, zu einem Lifestyle geworden ist und vielen Menschen den nötigen Anreiz verschafft hat, sich zu bewegen. Der Reiz, an den Start zu gehen, zu finishen bzw. Dinge zu verwirklichen, die man sich zuvor selbst nicht zugetraut bzw. für nicht möglich gehalten hat, ist der wahre Magnet dieser Sportart. Egal welches Leistungsniveau jemand an den Tag legt, die Vielfalt des Triathlonsports (Bewerbe, Klassen) bietet jedem die Möglichkeit, mit ein bisschen Fleiß Teil eines großen Gesamten sein zu können und letztlich etwas Gutes für sich zu tun: Seinen Bewegungsapparat ausgeglichen zu bewegen! Und nur das zählt letztendlich!

Vorweg möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir immer alles ermöglicht hatten. Die unzähligen Autostunden zum Training und zurück, die Zeit als Betreuer bei den vielen unterschiedlichen Wettkämpfen und natürlich die materielle und immaterielle Unterstützung vor allem während der Doppelbelastung Leistungssport und Ausbildung. Über allem steht jedoch ihre bedingungslose Liebe, die mir immer unglaublichen Rückhalt und vor allem Kraft für meine bisherigen Tätigkeiten gab!

Ein aufrichtiges Dankeschön gilt meiner Dissertationsbetreuerin Univ.-Prof. Mag. Dr. Sylvia Titze für die viel mehr als „normale“ Betreuung und Begleitung während meiner Dissertationszeit. Abgesehen von der stets für mich geöffneten Tür ihres Büros und ihren schnellen Antwortschreiben per E-Mail auch zu unchristlichen Zeiten gaben mir ihre große Geduld und Ruhe sowie ihre klaren Anweisungen immer das Gefühl, nicht alleine gelassen zu sein. Vielen Dank, dass ich so viel von dir in dieser Zeit lernen durfte!

Danke auch an Dr. med. Thomas Fladischer für die vielen Telefonate und Gespräche sowie seine fachlichen Tipps. Ich hoffe, wir werden im Zuge unserer gemeinsamen Forschungstätigkeit noch weitere Kongresse besuchen.

Einen großen Dank auch an meinen ewigen Retter und besten Freund Michael Engelhardt. Ich hoffe, dass seine getanen Dienste niemals in Geld abgerechnet werden. Ansonsten müsste ich noch ein, zwei Studien anhängen ☺

Vielen Dank auch an MMag. Dr. Alexandra Unger für ihr geduldiges Ohr und ihre Ratschläge! In diesem Zusammenhang möchte ich auch meinen Schneesportkollegen und Freund Mag. Dr. Heimo Schamberger erwähnen.

Besonderen Dank möchte ich meiner Freundin Dr.med. Jutta Reichel aussprechen, die mir im letzten Jahr - einer der für mich schwierigsten Zeiten - auf einzigartige Weise jederzeit zur Seite stand. Thanks Schetti!

In Bezug auf meine bisherige Zeit im Sport und während der Dissertation möchte ich noch vier Personen erwähnen:

Meinen Vater, der mir über viele Jahre zu verstehen gab, was Sport eigentlich ist und wie Sport sein bzw. gelebt werden sollte. Dies beruht auf dem Erkennen und Verstehen der Dinge, die Sport nicht nur einem selbst bieten und bringen kann, und in weiterer Folge auf deren Umsetzung und Verbindung zueinander. Motivation, gesunder Ehrgeiz, Disziplin, Lebensschule, Selbstwertgefühl und Kennenlernen der eigenen Person sind diesbezüglich unter anderem auf der einen Seite zu erwähnen. Freude daran zu haben, einer Person die Möglichkeit zu geben, ihr etwas beizubringen und mit ihr Zeit verbringen zu können, steht auf der andere Seite. In weiterer Folge die Größe zu haben, (bessere) Leistungen anderer zu akzeptieren und zu würdigen sowie es schätzen zu können, Sport betreiben zu können, auch wenn gewisse Einschränkungen - in welcher Form auch immer - vorhanden sind! Würden viele Beteiligte im Sport so denken und handeln, wäre der (Vereins-)Sport in Österreich ganz woanders bzw. viele Probleme im Sport und generell wären nicht vorhanden.

Besonderer Dank gilt meinem langjährigen Schwimmtrainer Mag. Gerhard Pukl, der als aktiver Trainer seiner Zeit und seinem Umfeld voraus war. Einige Dinge wurden mir erst nach meiner aktiven Schwimmkarriere so richtig bewusst. Vieles, was ich weiß, verdanke ich ihm! In diesem Zusammenhang möchte ich meinen Schwimmkollegen und ebenfalls ehemaligen Athleten von Gerhard, Mag. Thomas Narnhofer, erwähnen!

Veronica Vleck, Ph.D. ist für mich die herausragende Wissenschaftlerin im Triathlonbereich. Vielen Dank für deine aufbauenden Worte in den E-Mails und vor allem für deine Hilfsbereitschaft in den letzten Jahren.

Danke auch an Dr. Manfred Winterheller für die schöne gemeinsame Zeit in der Union-Schwimmhalle und für die kurzen, aussage- und motivationskräftigen Gespräche hinterher. Eine solch effektive Umsetzung meiner Anweisungen und die spezielle Zusammenarbeit generell durfte ich zuvor noch nicht erfahren.

Comment

Dr. Manfred Winterheller, Unternehmer, Autor, Vortragender

Ich lernte David Höden als meinen persönlichen Schwimm-Coach kennen. Ich war sowohl von seiner Persönlichkeit als auch von seinem enormen Wissen durchgehend beeindruckt. Seine Fähigkeiten, komplexe Bewegungsabläufe verständlich zu strukturieren und spezifische Schwachstellen zu erkennen und im Training zu berücksichtigen, habe ich in dieser Präzision noch nicht erlebt gehabt. Die Kombination aus theoretischem Wissen und praktischer Erfahrung spürt man in jeder Sekunde der Zusammenarbeit.

Veronica Vleck Ph.D., FCT Research Fellow, physiologist, coach, consultant

The 2014 ITU global triathlon participation survey estimated the number of triathletes worldwide to stand at over 3.5 million. In the same year, a review of triathlon and its effects on general health, published in the journal "Sports Medicine," stated that the sport appears to be relatively safe for the majority of well trained, well prepared, athletes. Yet the extent of the injury problem in triathletes, and the aetiology of such injury, is under-researched. David is to be congratulated on his contribution to the field. He has completed what is to my knowledge one of the most detailed surveys of injury and its associated risk factors in Ironman triathletes thus far conducted. I am privileged to have been asked to write this introduction to David's thesis, and look forward to him joining the select group of Ph.D.'s who both coach and have themselves competed at a high level. Such individuals are the future of our sport. I should also like to thank the study participants, race staff, family, friends and colleagues who helped David achieve what, when published, shall likely prove to be an important addition to the triathlon injury literature.

Mag. Gerhard Pukl, Sportwissenschaftler, Trainer, Vortragender

Mit der gleichen akribischen Sorgfalt wie im Laufe seiner leistungssportlichen Vergangenheit als Schwimmer hat David, mittlerweile Arbeitskollege in diversen Ausbildungen von mir, seine Dissertation verfasst. Er hat sich ebenso wie in seinem ausgezeichneten Buch „Schulterschmerzen im Schwimmsport - Faktoren-Ursache-Folgen“ 2013 mit absoluter Genauigkeit und Hingabe dem Thema Verletzungen, Schädigungen, Schmerzen... im Triathlon gewidmet. In meiner Rolle als Trainer wurde mir bewusst, dass die Absicherung der Belastbarkeit ein wesentliches Kriterium des langfristigen Trainingsprozesses ist, denn die damit gekoppelten umfangreichen Trainingsbelastungen dürfen im Trainingsalltag zu keinen gesundheitlichen Schäden der SportlerInnen führen. Die Festlegung der Trainingsinhalte zur Absicherung dieser Belastbarkeit muss Teil jedes systematischen Planungsprozesses sein. Mit seiner Dissertation ist David ein wesentlicher Beitrag zur Aufhellung körperlicher Risiken im Zusammenhang mit der Komplexität der Disziplinen des Triathlon-Sports gelungen. Erst darauf aufbauend kann eine vernünftige disziplinspezifische Planung diverser Maßnahmen zur Prävention und Vermeidung von Verletzungen, Schädigungen etc. gelingen. Mit seiner Dissertation schließt er eine wesentliche Lücke zwischen den grundlegenden theoretischen Zusammenhängen und der Trainingspraxis, um in Zukunft die Gesundheitserhaltung vieler Freizeit-, Breiten- und LeistungssportlerInnen in der Ausübung ihrer Sportart Triathlon zu garantieren und eine langfristige, freudvolle Sportausübung zu ermöglichen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Geschichte des Triathlonsports	2
2.1	Die Entstehung des Triathlons	2
2.2	Die Entwicklung des Triathlons in Österreich	5
2.3	International Triathlon Union (ITU)	11
2.4	World Triathlon Cooperation (WTC)	15
2.5	Challenge	16
3	Forschungsgeschichte des Triathlonsports	17
3.1	Ausgewählte quantitative Aspekte der Triathlonliteratur	17
3.1.1	Verteilung der Publikationen nach Jahren	17
3.1.2	Verteilung der Publikationen nach Nationen	18
3.1.3	Verteilung der Publikationen nach Distanzen	19
3.1.4	Verteilung der Publikationen nach Wettkampf, Training und Tests	20
3.1.5	Verteilung der Publikationen nach wissenschaftlichen Bereichen	21
3.2	Methodische Überlegungen in Bezug auf die Erfassung von Verletzungen im Triathlonsport	21
3.2.1	TRIPP-Modell	22
3.2.2	Interview	24
3.2.3	Retrospektiv versus prospektiv	25
3.2.4	Selbstbericht der Daten	25
3.2.5	Studiendauer	26
3.2.6	Definitionen von Verletzungen	26
3.2.7	Differenzierungen und Veränderungen	27
3.2.8	Untersuchungsumfang und Beantwortungsquote	27
3.2.9	Risikofaktoren für Verletzungen	27
4	Literaturüberblick	31
4.1	Verletzungsrelevante Besonderheiten und Kennzahlen im Triathlon	32
4.1.1	Allgemeine Faktoren und Ursachen von Verletzungen	32
4.1.2	Sportintergrund	40
4.1.3	Verletzungshäufigkeit: Vergleich Triathlon mit den Einzelsportarten	40
4.1.4	Häufigkeit und Art der Verletzungen im Allgemeinen	42
4.1.5	Häufigkeit und Art der Verletzungen nach Disziplinen	44
4.1.6	Häufigkeit und Art der Verletzungen nach Distanzen	46
4.1.7	Häufigkeit und Art der Verletzungen im Wettkampf und Training	54
4.1.8	Häufigkeit und Art der Verletzungen nach Körperregion	55
4.1.9	Einfluss und Ausmaß der Verletzungen auf den Sport-Alltag	60
4.2	Schwimmen	62
4.2.1	Verletzungen der Schulter	64
4.3	Radfahren	98
4.3.1	Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule	119
4.3.2	Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule	127
4.3.3	Schmerzen im Kniebereich	131
4.3.4	Schmerzen im Genitalbereich	137
4.4	Laufen	141
4.4.1	Achillodynie	149
4.4.2	Schmerzen im Kniebereich	151
4.4.3	Shin Splints	162

4.4.4	Fasciitis plantaris	166
4.4.5	Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule	168
5	Fragestellungen und Hypothesen	171
6	Methoden	172
6.1	Studiendesign	172
6.2	Stichprobenbeschreibung	173
6.3	Messinstrument	175
6.4	Statistische Analysen.....	176
7	Ergebnisse	190
7.1	Schwimmen	190
7.1.1	Schulter.....	191
7.2	Radfahren	192
7.2.1	Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule	194
7.2.2	Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule.....	195
7.2.3	Schmerzen im Kniebereich.....	195
7.2.4	Schmerzen im Genitalbereich.....	196
7.3	Laufen.....	197
7.3.1	Achillodynie	197
7.3.2	Schmerzen im Kniebereich.....	199
7.3.3	Shin Splints.....	202
7.3.4	Fasciitis plantaris	203
7.3.5	Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule	205
8	Diskussion	206
8.1	Besonderheiten und Kennzahlen in Bezug auf Verletzungen im Triathlon	206
8.2	Herausforderungen beim Ergebnisvergleich der triathlon- bzw. disziplinspezifischen Studien	207
8.3	Schwimmen	212
8.4	Radfahren	216
8.5	Laufen.....	221
9	Schlussfolgerung.....	224
10	Zusammenfassung.....	225
	Abbildungsverzeichnis	235
	Tabellenverzeichnis	237
	Literaturverzeichnis	241
	Anhang.....	306

1 Einleitung

Triathlon ist die am schnellsten wachsende Sportart unter den Ausdauersportarten und feierte sein olympisches Debüt bei den Spielen in Sydney im Jahr 2000. Abgesehen von dieser medialen Wirkung wurde der Triathlon-Hype aufgrund der vielen Bewerbe mit unterschiedlichen Strecken und geographischen Gegeben- und Besonderheiten von vielen VeranstalterInnen auf der ganzen Welt gepusht. Da diese Vielfalt an Angeboten seitens der TriathletInnen bestens angenommen wurde, stellt diese Sportart mittlerweile nicht nur für die großen Institutionen (ITU, WTC, Challenge etc.) einen erheblichen Wirtschaftsfaktor dar, sondern auch für involvierte TrainerInnen und Beschäftigte in der Gesundheits-, Pharma- und Tourismusbranche sowie im Material- und Textilbereich.

Der Wissens- und Erfahrungsschatz über diese junge Sportart ist in Bezug auf das Ausmaß nicht mit jenen der Einzelsportarten Schwimmen, Radfahren und Laufen vergleichbar und kann aufgrund der kombinierten Ausübung der drei Disziplinen auch nicht direkt übernommen werden. Das Aneinanderreihen der drei Sportarten, die verschiedenen Distanzen mit ihren unterschiedlichen Anforderungen an das Training und an das muskuloskelettale System sowie die kombinierten Verletzungsmuster machen den Triathlon und die dabei auftretenden Verletzungen der SportlerInnen einzigartig und sind der Grund, dass diese Sportart eine Sonderstellung im Ausdauersport im physiologischen, biomechanischen und trainingstechnischen Bereich einnimmt.

Ziel dieser Arbeit ist es, auf diese Besonderheiten im Triathlon in den nachstehenden Kapiteln näher einzugehen. Zuvor werden im Kapitel 2 und 3 die Entstehung und die Entwicklung sowie die Forschungsgeschichte des Triathlons, bezogen auf ausgewählte quantitative Aspekte und methodische Überlegungen hinsichtlich der Erfassung von Verletzungen, erläutert.

In Kapitel 4 wird auf verletzungsrelevante Besonderheiten und Kennzahlen im Triathlon sowie auf das Auftreten von Verletzungen in den Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen eingegangen. Häufige Beschwerdebilder und deren Risikofaktoren werden jeweils disziplinspezifisch ausführlicher behandelt.

In den darauf folgenden Kapiteln 5 und 6 werden die Fragestellungen und Hypothesen sowie die Methoden beschrieben.

Danach werden im Kapitel 7 die Ergebnisse der eigenen Studie hinsichtlich der häufigsten Verletzungen in den jeweiligen Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen angeführt.

Abschließend wird im Kapitel 8 auf die Besonderheiten und Kennzahlen in Bezug auf Verletzungen im Triathlon eingegangen sowie die Ergebnisse der eigenen Studie mit denen der triathlonspezifischen und disziplinspezifischen Literatur je Disziplin verglichen und diskutiert.

2 Geschichte des Triathlonsports

In diesem Kapitel werden die Entstehung des Triathlons sowie die Entwicklung dieser Sportart in Österreich beschrieben. Neben den unterschiedlichen Bewerben des Triathlons und des Mehrkampfs wird auch auf die bekanntesten Institutionen im Triathlon eingegangen.

2.1 Die Entstehung des Triathlons

Der Triathlon gilt als Extremsport für AthletInnen, die den ultimativen Kick des vielseitigen Ausdauersports suchen. Der Drang des Menschen, sich vielseitig und ausdauernd zu bewegen, ist ein altes Phänomen. Schon in der Urzeit bewies sich der Mensch als ausgezeichnete Jäger, der durch Treibjagden sein Überleben sicherte. Die Idee, verschiedene Sportarten aneinander zu reihen und sie als sportlichen Bewerb auszuführen, verdanken wir den Griechen. Bereits in der Antike galt der Mehrkämpfer als ein Idealbild. Das Pentathlon war die erste Olympische Sportart unserer Geschichte und hatte schon in der Antike einen hohen Stellenwert. Dieser Fünfkampfwettbewerb bestand ab 708 v. Chr. aus Diskuswurf, Weitsprung, Speerwurf, Stadionlauf und Ringen. Dem Sieger gebührte Ruhm und Ehre, und er wurde in seiner Heimat als Held gefeiert. Moderne Varianten dieses Mehrkampfs sind der Zehnkampf der Männer und der Siebenkampf der Frauen (Ketter & Krauss, 2001, S. 15-16).

Lauf- und Radsport wurden schon weit vor dem ersten Triathlon kombiniert. Um das Jahr 1900 waren in ganz Europa „Mixed Meetings“ recht beliebt. Dabei handelte es sich um Radrennveranstaltungen in Kombination mit Laufwettbewerben. Eines der bekanntesten „Mixed Meetings“ fand 1882 in Hamburg statt, wo ein Radrennen mit einem Laufbewerb im flachen Gelände sowie mit einem Laufbewerb mit Hindernissen kombiniert wurde. Mehrkämpfe erfreuten sich immer größerer Beliebtheit, auch bei den Turnern. „Turnvater“ Friedrich Ludwig Jahn, nach dem noch heute der Jahn-Zwölfkampf benannt ist, vereinte leichtathletische und turnerische Übungen in einem Wettkampf miteinander. 1912 wurde der Moderne Fünfkampf erstmals olympisch (Ketter & Krauss, 2001, S. 15-16).

Der erste tatsächliche Triathlon, so wie er heute bekannt ist, wurde in Frankreich erfunden. Seit 1920 fanden jährlich Rennen statt, in denen Schwimmen, Laufen und Radfahren kombiniert wurden. „L'Auto“ berichtet, dass das Event „Les Trois Sports“ bei Joinville le Pont, in Meulan und Poissy stattfand und aus einem 3-km-Lauf, 12-km-Radwettbewerb und der Überquerung des Flusses Marne bestand. Dieses Rennen trug auch den Namen „La Course des Débrouillards“ und „La Course des Touche à Tout“. „Les Trois Sports“ blieb als Hobby-Event eher unbekannt, obwohl immer weitere Wettkämpfe wie in Marseille (1927) und in La Rochelle (1934) veranstaltet wurden. Danach geriet dieser Dreikampf in Vergessenheit, bis er von den beiden Amerikanern Jack Johnstone und Don Shanahan in den USA erneut „erfunden“ wurde (MultisportAustria, 2012, S. 1).

Johnstone nahm zu seinen Highschool-Zeiten 1973 am „Dave-Pain-Birthday-Biathlon“ teil, der bereits zum zweiten Mal ausgetragen wurde. 4,5 Meilen (ca. 7,3 km) mussten

laufend und eine Viertelmeile (ca. 400 m) schwimmend bewältigt werden. Der ehemalige Schwimmer war von diesem Rennen derart angetan, dass er öfter an solchen Wettkämpfen teilnehmen wollte, allerdings mit möglichst langen Schwimmstrecken. So machte er sich daran, sein eigenes Rennen zu kreieren. Er plante einen Lauf-Schwimm-Biathlon, in dem beide Disziplinen ungefähr gleich gewichtet waren. Laufen und Schwimmen sollten sich mehrmals abwechseln (Ketter & Krauss, 2001, S. 12).

Dass jedoch aus dem geplanten Zweikampf ein Dreikampf wurde, lag an Shanahan, mit dem Johnstone eher zufällig in Kontakt gekommen war. Shanahan schlug Johnstone vor, dem Schwimmen und Laufen noch eine Radstrecke anzuhängen. So wurde der erste Dreikampf am 25. September 1974 unter dem Namen „Mission Bay Triathlon“ in San Diego ausgeführt. 46 Mitglieder des San Diego Track Clubs nahmen an diesem Event teil und bewältigten eine Lauf-, Rad- und Schwimmstrecke von jeweils 6 Meilen (ca. 10 km), 5 Meilen (ca. 8 km) und 600 Yards (ca. 1 km). Alle AthletInnen kamen ins Ziel – der Sieger war Bill Phillips nach 55:44 Minuten und die Langsamste Barbara Stadler nach 01:34:51 Stunden. Auch der später auf Hawaii stationierte US-Marineoffizier und einer der Initiatoren des ersten Hawaii-Ironmans im Jahr 1978, John Collins, nahm am „Mission Bay Triathlon“ teil und bewältigte die Distanz in 01:19:19 Stunden (Johnstone, o.J.; Ketter & Krauss, 2001, S. 12ff.).

Im Jahr 1977 fanden auf der Insel Oahu gerade die militärischen Ausdauerwettkämpfe statt, unter anderem der bekannte Langstreckenlauf „Around-The-Island Running Competition“. Der amerikanische Marineoffizier Collins diskutierte bei einer Feier mit gleichrangigen Offizieren, wer wohl der härteste Ausdauersportler sei, ein Läufer, ein Schwimmer oder ein Radfahrer. Sie kamen zu keiner Einigung und so entstand aus einer Bierwette der erste „Ironman“ (Ketter & Krauss, 2001, S.14). Sie beschlossen, die drei bekannten Einzelwettbewerbe von Hawaii zusammenzulegen und zu einem der härtesten Ausdauerwettbewerbe zu machen. Sie legten das 2,4 Meilen (3,86 km) Waikiki-Rough-Water-Schwimmen, das Around-Oahu-Radrennen über 112 Meilen (180 km) so wie den 26,2 Meilen (42,195 km) langen Marathonlauf auf Honolulu zusammen (Neumann et al., 2010, S. 14).

Die Idee des „Ironman“ war geboren. Am 18. Februar 1978 stellten sich 15 Teilnehmer dieser Ironman-Herausforderung, mit dem Start am Strand von Waikiki. Den Athleten, darunter auch Collins, wurden drei Blätter Papier, die einige Wettkampfgeregeln beinhalteten, ausgehändigt. Den Abschluss bildete folgender Spruch „Schwimme 3,8 km, fahre 180 km mit dem Rad, laufe 42,195 km und gib für den Rest deines Lebens an!“ (Petschnig, 2007, S. 15).

Die Startgebühr betrug damals drei US-Dollar. Wer dieses Rennen gewann, durfte sich „Ironman“ (dt. Eisenmann) nennen. Mit Collins erreichten weitere elf Athleten das Ziel dieses Langtriathlons. Der erste Sieger war Gordon Haller, ein 27-Jähriger Taxifahrer und Marinesoldat. Er benötigte eine Zeit von 11:46:58 Stunden, während Collins knapp unter 17 Stunden die Ziellinie überquerte. Damals befanden sich noch keinerlei Verpflegungsstationen auf der Strecke und jeder war auf sich alleine gestellt. So wurde die Energie- und Flüssigkeitszufuhr für viele ein Problem, auch für den führenden Amerikaner John Dunbar.

Aufgrund von Flüssigkeitsmangel und folgenden Muskelkrämpfen musste er auf der Laufstrecke das Rennen beenden (Petschnig, 2007, S. 16, 18).

Die zweite Austragung dieses Rennens im darauffolgenden Jahr musste wegen eines Unwetters um einen Tag verschoben werden. Daraufhin reiste gut die Hälfte der erwarteten TeilnehmerInnen ab. Wiederum standen 15 SportlerInnen am Start, darunter auch die erste Frau, Lyn Lemaire, eine Radsportlerin aus Boston. Diesmal gewann der Kalifornier Tom Warren mit der Siegerzeit von 11:15:46 Stunden und Lemaire kam als fünfte ins Ziel (Petschnig, 2007, S. 16).

Der mediale Durchbruch folgte 1982, als bei der führenden US-College-Studentin Julie Moss acht Kilometer vor dem Ziel erste Ermüdungserscheinungen auftraten. Sie brach mehrmals zusammen, doch Moss stand immer wieder auf, um das Rennen fortzusetzen. 18 Meter vor der Ziellinie lief ihre Konkurrentin Kathleen McCartney an ihr vorbei und beendete das Rennen in 11:09:40 Stunden. Moss erreichte nach ihr kriechend die Ziellinie (Petschnig, 2007, S. 16, 18). Der Mythos des Hawaii triathlons als Synonym für Faszination und Verrücktheit war geboren. Bilder und Berichte über das Ereignis gingen um die ganze Welt. Der Fernsehsender ABC verschaffte dem Ironman auf Hawaii einen großen Bekanntheitsgrad (Neumann et al., 2010, S. 14-15).

1981, bei der vierten Austragung des Ironman, wurde aus Sicherheitsgründen auf Big Island, Kailua-Kona, ausgewichen. 304 Männer und 22 Frauen nahmen teil, wobei 299 SportlerInnen das Ziel erreichten. Seit 1981 ist Kailua-Kona die Austragungsstätte des Ironman auf Hawaii (Triafreunde, 2013).

1984 stellten sich bereits mehr als 1000 AthletInnen dieser Herausforderung (Triafreunde, 2013). In Europa seit 1988 und in den USA schon seit 1985 müssen sich die AthletInnen bei einem der weltweit stattfindenden, als Ironman lizenzierten Wettbewerbe für das Rennen auf Hawaii durch eine schnelle Gesamtzeit in seiner/ihrer Altersklasse qualifizieren. Die AltersklassensiegerInnen des Vorjahres und die Top-Ten des Elitefeldes sind automatisch qualifiziert. Des Weiteren werden mittels Losverfahren 200 Startplätze vergeben (Petschnig, 2007, S. 12-18)

Der Ironman auf Hawaii ist das wichtigste Ereignis in der Ironman-Serie und gilt als Weltmeisterschaft. Die Kurzdistanz, die seit Mitte der 1990er-Jahre offiziell "Olympische Distanz" heißt, hat in den vergangenen zwei bis drei Jahrzehnten stark an Bedeutung gewonnen. Seit der Aufnahme 1994 in das olympische Programm und mit der Premiere bei den Olympischen Spielen in Sydney im Jahr 2000 ist die Leistungsdichte stetig gestiegen. Seit 1989 schreibt die ITU (International Triathlon Union) Weltmeisterschaften auf der Kurzdistanz aus. Mehr Informationen zu den Aufgaben und veranstaltenden Bewerben der ITU werden in Kapitel 2.3 angeführt.

Unumstritten ist, dass in den letzten Jahren diese Sportart zu einem Lifestyle- und Wirtschaftsfaktor geworden ist. Der relativ hohe finanzielle Aufwand für Material, Trainingslager, Rennwochenenden und Trainingssteuerung der TriathletInnen ist lukrativ für verschiedene DienstleisterInnen und vor allem für veranstaltende Institutionen wie die

World Triathlon Cooperation (WTC). Das Durchschnittseinkommen der Triathlon-Klientel beträgt 126.000 USD pro Jahr (Hirzel, 2012). In Deutschland waren im Jahr 2012 200.000 (Goldmann, 2012), in Österreich und der Schweiz rund 20.000 (Finisher Magazin, 2012; Zosso, 2012) und in den USA 2 Millionen (Hirzel, 2012) TriathletInnen am Start.

Für die Veranstalter ist die Umsetzung der genau vorgegebenen bzw. normierten Distanzlängen oft schwierig. Örtliche bzw. infrastrukturelle Gegeben- und Besonderheiten, das Vermessen der Schwimmstrecke bzw. das Positionieren der Bojen bei ungünstigen Wetterverhältnissen oder einfach die korrekte Ausführung durch das zuständige verantwortliche Personal machen einen objektiven Vergleich der Zeiten gleicher Bewerbe an verschiedenen Austragungsorten schwierig bzw. ist aus diesen Gründen ein Vergleich praktisch nicht möglich. Das trifft auch auf den jährlichen Vergleich der Zeiten eines Veranstaltungsortes zu, da die Strecken der drei Disziplinen verändert werden. Verschärft wird dies auch durch die jährlich unterschiedlichen lokalen Gegebenheiten wie unter anderem Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind, Strömung und Höhenprofil.

In nachstehender Tabelle 1 sind die normierten, offiziellen Distanzen im Triathlon aufgelistet. Zusätzlich werden die Streckenlängen je Disziplin von den VeranstalterInnen abgeändert. Des Weiteren gibt es noch den Fun-Triathlon, der kürzere Streckenlängen als die Sprintdistanz aufweist, sowie die 2-, 3-, 10-fachen oder mehr Langdistanzbewerbe (Double-, Triple-, Deca Ultratriathlon).

Tabelle 1: Normierte Distanzen (km) im Triathlon (modifiziert nach Korkia et al., 1994, S. 191)

Distanz	Schwimmen	Radfahren	Laufen
Sprint	0,75	20	5
Kurz/Olympische	1,5	40	10
Mittel/Halb*	1,9	90	21
Lang*	3,8	180	42

* genaue Angabe (km) für Langdistanz: 3,86 / 180,25 / 42,20 bzw. Mitteldistanz: 1,9 / 90 / 21,1; Streckenlängen unterscheiden sich bei dem Veranstalter ITU gegenüber WTC und Challenge (Kap. 1.3 - 1.5).

2.2 Die Entwicklung des Triathlons in Österreich

Am 3. Oktober 1987 wurde der Österreichische Triathlonverband (ÖTRV) gegründet und wurde ein Jahr später Mitglied der Europäische Triathlon Union (ETU), die 1984 zur Entwicklung des Triathlon in Europa ins Leben gerufen worden war. Der ÖTRV ist der offizielle Fachverband der österreichischen TriathletInnen. Triathlon, Duathlon, Wintertriathlon, Aquathlon und Crosstriathlon sind die einzelnen Sparten des ÖTRV, dem zurzeit ungefähr 14.000 Mitglieder in 278 Vereinen und neun Landesverbänden angehören (Österreichischer Triathlonverband, o.J.).

Von 1987 bis 2012 wurden im Rahmen vom ÖTRV rund 2000 Veranstaltungen inklusive sechs Welt- und Europameisterschaften mit 370.000 TeilnehmerInnen organisiert. 2014 wurden zum siebten Mal Europameisterschaften vom ÖTRV in Österreich, Kitzbühel ausgetragen (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 2-3). In Tabelle 2 sind die wichtigsten Geschehnisse in der Geschichte des Triathlons in Österreich angeführt.

Tabelle 2: Nennenswerte Ereignisse in der österreichischen Triathlongeschichte (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 2-19; triaguide, 2010)

Jahr	Ereignis
1983	Erster Triathlon in Österreich am Klopeinersee, St. Kanzian
1984	Erster Österreicher nimmt am Ironman Hawaii teil
1985	Erste Vereinsgründungen, erster Triathlon in Wien und TV-Bericht von Hawaii
1986	Österreichischer Rennkalender umfasst 14 Rennen
1987	Österreichischer Triathlonverband (ÖTRV) wird gegründet
1988	ÖTRV wird in die Europäische Triathlon Union (ETU) aufgenommen Erster Langdistanztriathlon Österreichs in Podersdorf Erste ÖM im Kurz-Triathlon in Mariazell
1989	Über 70 Veranstaltungen und mehr als 800 JahreslizenznehmerInnen
1990	Österreich trägt zum ersten Mal eine Triathlon-EM (Linz/Pichlingersee) aus
1991	ÖTRV wird offiziell als „Anwärterverband“ in die Österreichische Bundes-Sportorganisation (BSO) aufgenommen
1992	Erste Österreichische Meisterschaften in Innsbruck
1993	Premiere des „Mountainman“ mit internationalen Triathlon-Stars
1994	Aufnahme des ÖTRV als ordentliches Mitglied in die BSO Erster Duathlon-Weltcup in Graz
1995	Aufnahme der ersten Triathleten in das Heeressportzentrum (HSZ) Inanspruchnahme von Sporthilfeförderungen der ÖTRV AthletInnen
1996	Europacup-Triathlon in Velden
1998	Kurz-Triathlon-EM in Velden (800 TeilnehmerInnen aus 27 Nationen) Erster Langdistanztriathlon „Trimania“ in Klagenfurt (später Ironman)
1999	Aus „Trimania“ wird der Ironman Austria mit über 800 TeilnehmerInnen
2000	Premiere des Triathlons bei den Olympischen Spielen, Sydney Johannes Enzenhofer ist Österreichs erster Triathlet bei den Spielen
2002	Erste Langdistanzduathlon-Weltmeisterschaft, Weyer (OÖ)
2003	Kate Allen ist die erste und bisher einzige österreichische Gewinnerin eines Ironman, des Ironman Austria
2004	Kate Allen, Eva Bramböck und Norbert Domnik nehmen an den Olympischen Spielen in Athen teil. Kate Allen wird Olympiasiegerin.
2005	Kate Allen gewinnt zum 2. Mal den Ironman Austria und wird 2. auf Hawaii
2006	Kate Allen wird 5. auf Hawaii, wechselt danach wieder auf die Kurzdistanz
2007	Premiere des Triathlonweltcups in Kitzbühel und Eva Dollinger holt Platz zwei Kurzdistanz-EM Silber für Team Österreich und für Kate Allen Ironman 70.3 findet in St. Pölten erstmals statt
2008	25 Jahre Triathlon in Österreich Wintertriathlon-EM wird erstmals in Gaishorn/Steiermark ausgetragen Kate Allen, Tania Haiböck, Eva Dollinger und Simon Agoston vertreten Österreich bei den Olympischen Spielen in Peking
2009	Die Wintertriathlon-WM findet erstmals in Gaishorn mit 212 AthletInnen aus 19 Nationen statt Kitzbühel ist erstmals Station der „ITU World Triathlon Series“
2010	Der Ironman Austria ist binnen 19 Minuten ausgebucht. Michael Weiss gewinnt als erster Österreicher einen Ironman (St.George/USA)

2011	Marino Vanhoenacker gewinnt den Ironman Austria mit neuer Weltbestzeit Michael Weiss wird Cross-Triathlon (XTerra)-Weltmeister auf Maui
2012	Olympische Spiele in London mit Lisa Perterer und Andreas Giglmayr 25-Jahre-Jubiläum des ÖTRV
2013	Michael Weiss gewinnt Ironman Mexico
2014	Kurz-Triathlon-EM in Kitzbühel Michael Weiss gewinnt Ironman Mexico

Nicht erwähnt sind MedaillengewinnerInnen von Europa- und Weltmeisterschaften in den Bewerbungen Duathlon, Crossduathlon, Crosstriathlon und Wintertriathlon. Erfolgreiche VertreterInnen sind unter anderem Siegfried Bauer, Carina Wasle, Sylvia Nussbaumer, Monika Feuersinger und in den Nachwuchsklassen Alois Knabl, Lisa Perterer, Felix Waldhuber, Florian Klingler und Romana Slavinec (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 13-19).

In den nachstehenden Abbildungen 1 - 6 werden jeweils die Anzahl an LizenznehmerInnen, an Vereinen, an TriathlonteilnehmerInnen und an Triathlonveranstaltungen bis 2012 sowie der Medaillenspiegel der allgemeinen Klasse und der Nachwuchsklassen von Beginn des ÖTRV bis 2014 dargestellt.

Die in den Abbildungen 1 - 4 jeweils angeführte Anzahl an LizenznehmerInnen, Vereinen, TriathlonteilnehmerInnen und -veranstaltungen pro ausgewiesenem Jahr nimmt über die dargestellte Zeitspanne stetig zu. Aus den Abbildungen 1 - 3 ist zu entnehmen, dass es im Zeitrahmen von 2005 bis 2008 starke Anstiege gab. Dies könnte mit der Premiere des Triathlons bei den Olympischen Spielen in Sydney 2000 und mit dem Gewinn der olympischen Goldmedaille durch Kate Allen in Athen 2004 zusammenhängen. Im Vergleich zu den Abbildungen 1 - 3 nahm die Anzahl an Triathlonveranstaltungen von 2002 bis 2012 ebenfalls stetig zu, jedoch mit einer weitaus geringeren Steigerungsrate als bei der Anzahl an LizenznehmerInnen, Vereinen und TriathlonteilnehmerInnen.

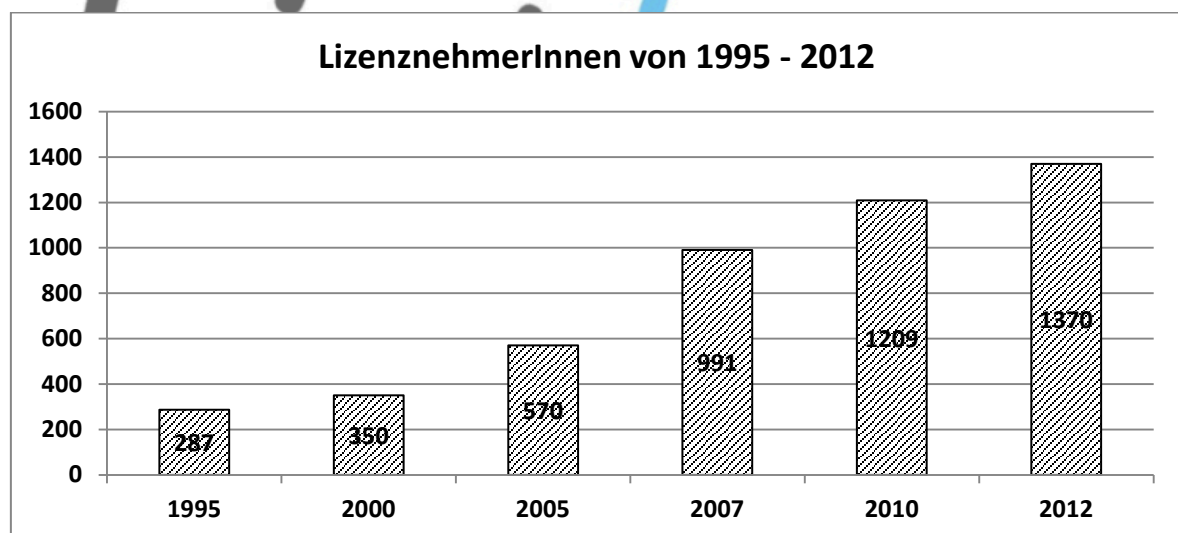


Abbildung 1: Entwicklung der Anzahl an LizenznehmerInnen von 1995 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 4)

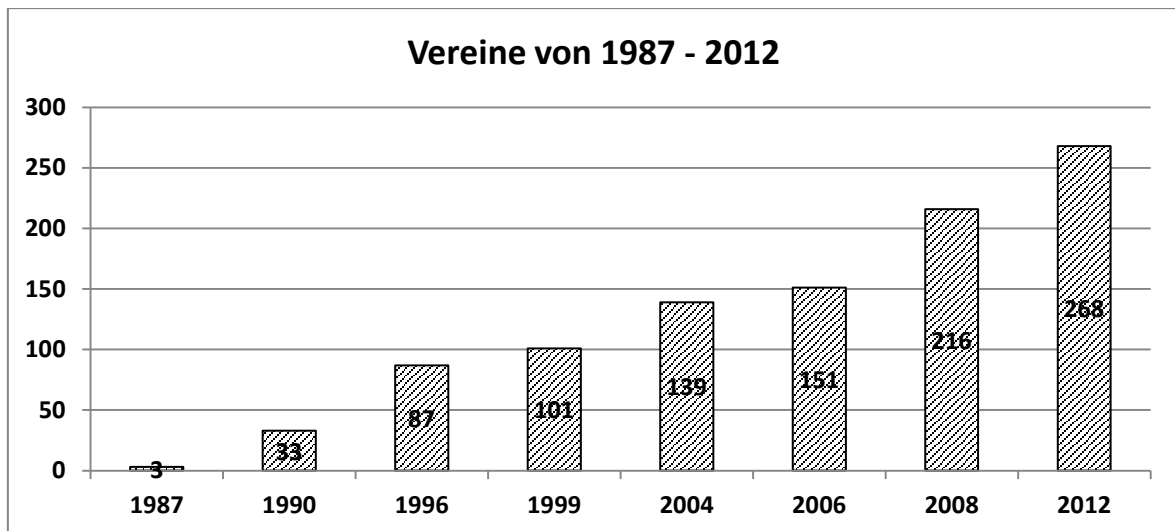


Abbildung 2: Entwicklung der Anzahl an Vereinen von 1987 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 4)

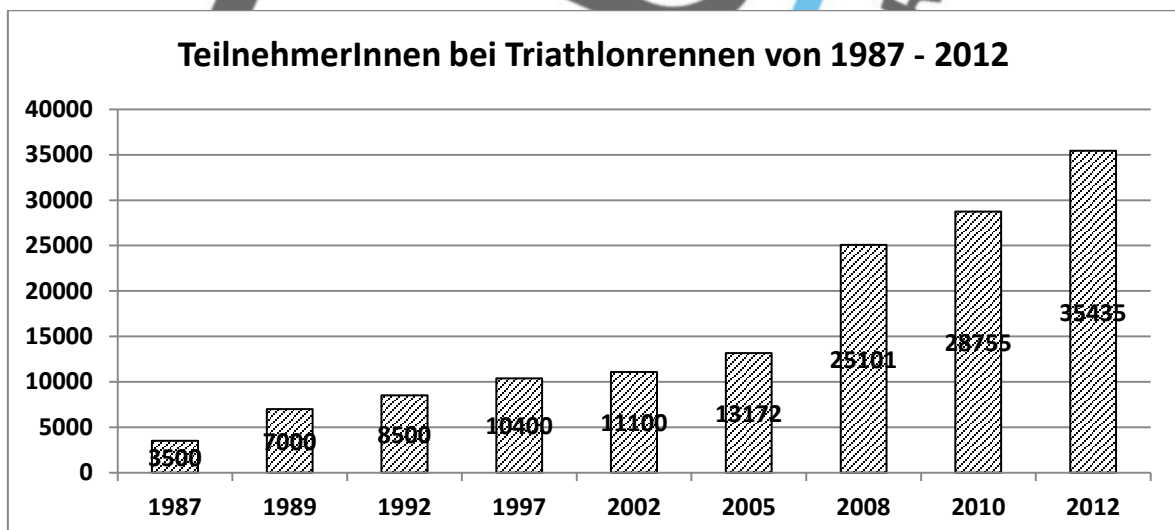


Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl an TeilnehmerInnen von Triathlonrennen von 1987 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 7)

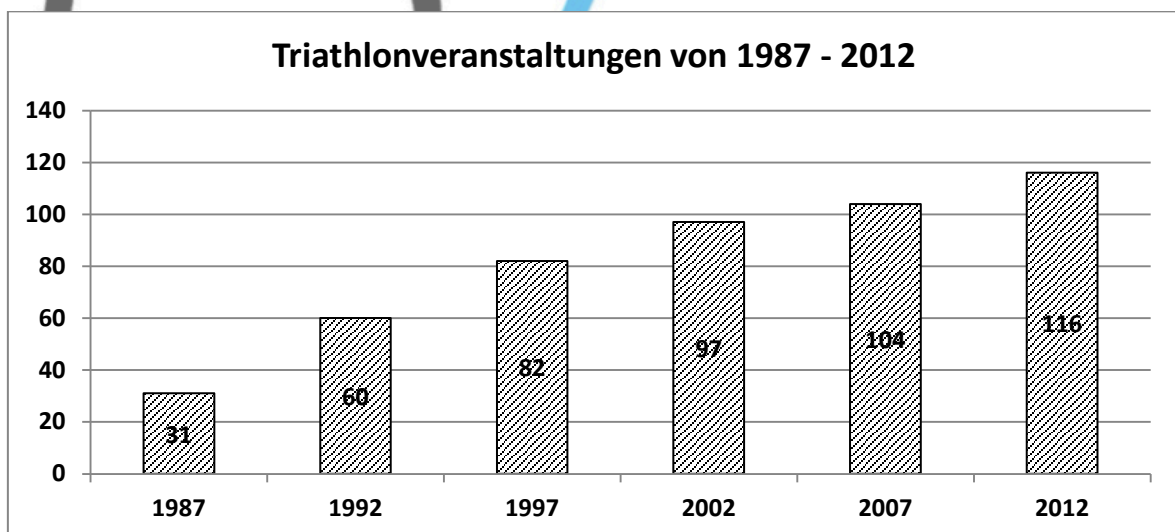


Abbildung 4: Entwicklung der Anzahl an Triathlonveranstaltungen von 1987 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 7)

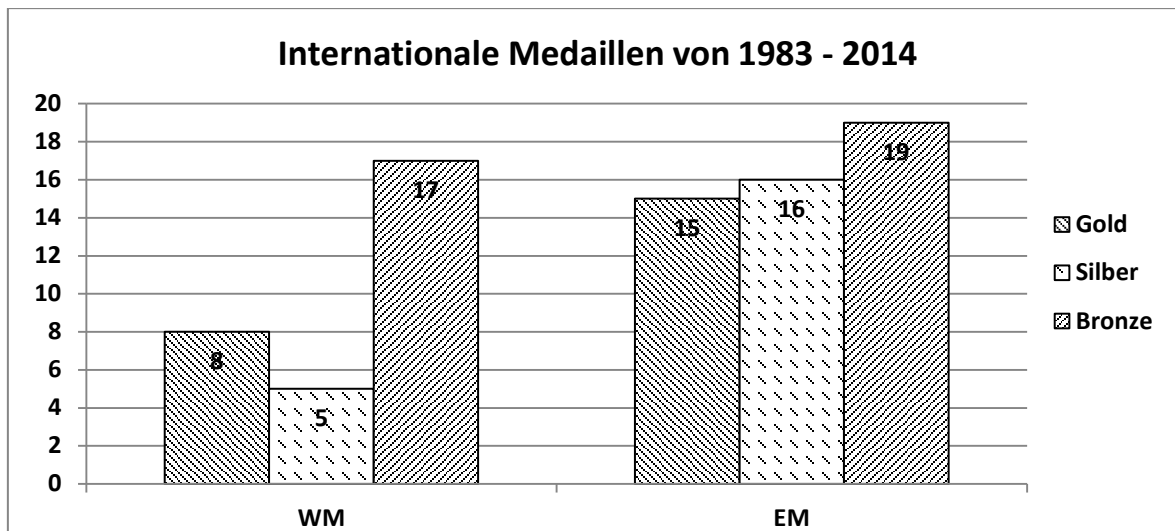


Abbildung 5: Anzahl an internationalen Medaillen im Elite- und Nachwuchsbereich bis 2014 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 14)

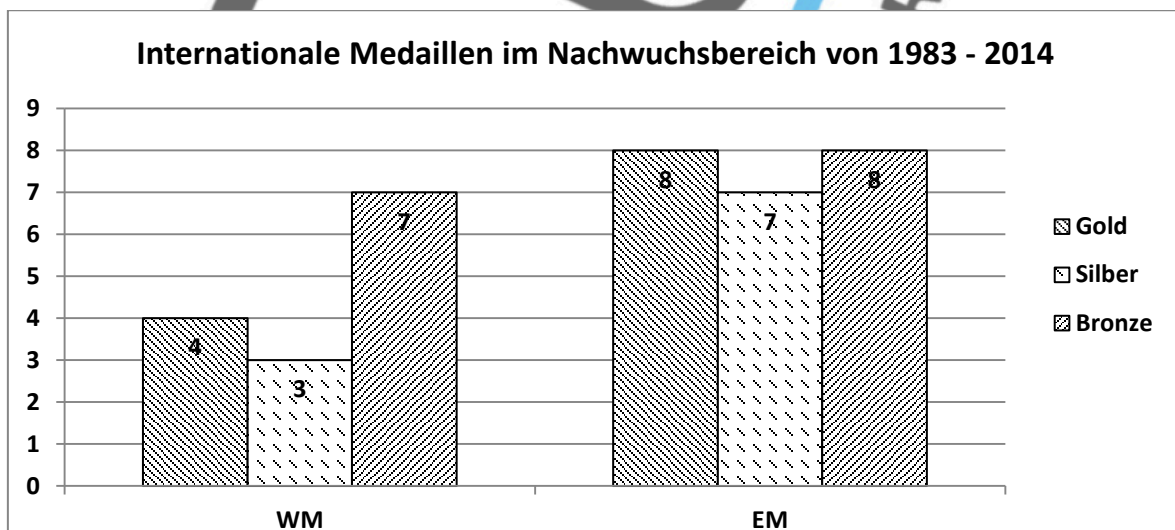


Abbildung 6: Anzahl an internationalen Medaillen im Nachwuchsbereich (Jugend, Junioren, U 23) bis 2014 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 15)

Nachstehend werden die wichtigsten und größten Triathlonveranstaltungen in Österreich genauer beschrieben.

AustriaTriathlon

1988 fand der „Austria Triathlon“ zum ersten Mal statt. Kurt Mitschko und Marcel Skala waren die Männer, die den ersten Triathlon in Podersdorf am 10. Juni veranstalteten. Noch mit einfachen Mitteln und händischer Zeitnehmung fand der Wettkampf über die Langdistanz mit 37 StarterInnen statt, drei Jahre später starteten bereits 300 AthletInnen. Seit 2013 sind alle Bewerbe, nämlich Sprint-, Olympische, Mittel- und Langdistanz an einem Wochenende im Programm. Seit 2014 werden nun die österreichischen Staatsmeisterschaften aller Altersklassen über die Langdistanz in Podersdorf ausgetragen. Aufgrund des flachen Streckenprofils der Rad- und Laufstrecke und des seichten Neusiedlersees ist Podersdorf als schnelle Strecke bekannt (Austrian Triathlon Verein, 2015). Die Anzahl der TeilnehmerInnen ist seit 2015 in Summe sowohl für die Mittel- und

Langdistanz als auch für die Sprint- und Kurzdistanz mit jeweils 1.000 Startplätzen beschränkt (Austrian Triathlon Verein, 2015b).

Ironman Austria in Klagenfurt

Die „Triangle“-Gründer Georg Hochegger, Helge Lorenz und Stefan Peschnig begannen im Jahr 1997 ihren Traum zu leben und veranstalteten im Jahr 1998 ihren ersten Langdistanztriathlon, der unter dem Namen „TRIMANIA“ mit 124 AthletInnen durchgeführt wurde. Ihr Ziel war es, durch ihre Veranstaltung beim Ironman-Weltverband (World Triathlon Corporation) Aufmerksamkeit zu erregen, um die Ironmanlizenz zugesprochen zu bekommen. 1999 fand der erste Ironman in Österreich in Kärnten mit 802 AthletInnen statt (Petschnig, 2007, S. 6, 20, 30). Seit 2005 ist dieses Rennen jedes Jahr ausgebucht, im Jahr 2008 innerhalb von 19 Minuten und 2015 werden knapp 3.000 AthletInnen an den Start gehen. 100.000 ZuseherInnen verfolgen jährlich dieses Event entlang der Strecke (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 10; World Triathlon Corporation, o.J., S. 109).

Ironman 70.3 in St. Pölten und Zell am See-Kaprun

Die Ironman 70.3-Rennen werden in St. Pölten und in Zell am See-Kaprun seit 2007 bzw. 2012 ausgetragen und sind Stationen der Ironman 70.3-Rennserie der World Triathlon Corporation (WTC). Gemeinsam mit dem Ironman Austria stellen sie die größten Veranstaltungen in Österreich dar (World Triathlon Corporation, o.J.(a); World Triathlon Corporation, o.J.(b)). 2015 werden in etwa 2.500 AthletInnen bei den Rennen in St. Pölten und Zell am See-Kaprun teilnehmen (World Triathlon Corporation, o.J.(c), S. 59; World Triathlon Corporation, o.J.(d), S. 72).

WM-Serie der ITU in Kitzbühel

Kitzbühel ist seit 2009 fixe Station der World Championship Series, die von der ITU organisiert wird. Bei dem Bewerb in Kitzbühel, der am Schwarzsee gestartet wird, wird die Olympische Distanz von den AthletInnen in Angriff genommen (Triathlon Kitzbühel, o.J.).

Weitere nennenswerte Veranstaltungen sind unter anderem die Challenge Walchsee-Kaiserwinkl (Mitteldistanz), der Vienna City Triathlon in Wien (verschiedene Distanzen), der Powerman Austria in Weyer (Duathlon Langdistanz), der Trumer Triathlon (verschiedene Distanzen) und die jeweiligen Österreichischen Meisterschaften und Staatsmeisterschaften in den verschiedenen Bewerben. 2015 finden 138 Triathlonveranstaltungen in Österreich statt, wobei 14 Österreichische Staatsmeistertitel (6 x Triathlon, 4 x Duathlon, 2 x Wintertriathlon und 2 x Crossbewerben) vergeben werden (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 13; Österreichischer Triathlonverband, o.J.(a)).

In der nachstehenden Tabelle 3 werden die Altersklassen, die für die Einteilung von Wettbewerben sowie von Kadern und Trainingslehrgängen in Österreich herangezogen werden, aufgelistet. Die Schüler-, Jugend- und Juniorenklassen werden mit zwei Jahrgängen pro Klasse, alle anderen außer U 23 und M/W 24-29 mit fünf Jahrgängen pro Klasse eingeteilt. Des Weiteren werden die SchülerInnen in die Klassen A - E eingeteilt und entsprechen den Jahrgängen 2000 bis 2009. Die Jugend, Junioren und U 23 beinhalten die Jahrgänge 1992 bis 1999, von 1975 und älter beginnen die verschiedenen Mastersklassen.

Tabelle 3: Überblick der Altersklassen des ÖTRV 2015 (Österreichischer Triathlonverband, o.J.(b))

Altersklasse	Jahrgang
Schüler E	2009 und 2008
Schüler D	2007 und 2006
Schüler C	2005 und 2004
Schüler B	2003 und 2002
Schüler A	2001 und 2000
Jugend	1999 und 1998 (2000 bei ÖM Jugend)
Junioren	1997 und 1996
U 23	1995-1994-1993-1992
M/W 24 - 29	1991 - 1986
M/W 30 - 34	1985 - 1981
M/W 35 - 39	1980 - 1976
M/W 40 - 44 (Masters)	1975 - 1971
M/W 45 - 49 (Masters)	1970 - 1966
M/W 50 - 54 (Masters)	1965 - 1961
M/W 55 - 59 (Masters)	1960 - 1956
M/W 60 - 64 (Masters)	1955 - 1951
M/W 65 - 69 (Masters)	1950 - 1946
M/W 70 - 74 (Masters)	1945 - 1941
M/W 75 - 79 (Masters)	1940 - 1936
M/W 80 + (Masters)	1935 und älter

2.3 International Triathlon Union (ITU)

Auf Initiative des damaligen IOC-Präsidenten Juan Antonio Samaranch wurde die ITU 1989 in Avignon gegründet, wo in der Großen Halle des Papstpalastes der Kanadier Les McDonald zum ersten Präsidenten gewählt wurde. Die Zielsetzung war es, der damals immer populärer werdenden Sportart Triathlon einen offiziellen Rahmen zu verschaffen, um auch die Aufnahme in das Olympische Programm erreichen zu können. Bei den Olympischen Spielen in Sydney wurde dies Realität. Les McDonald war bis zum 21. ITU-Kongress in Madrid 2008 im Amt. Danach wurde er von der Spanierin Marisol Casado, zuvor für etwa 20 Jahre Vorstand beim spanischen Verband und von 2002 bis 2009 Präsidentin der ETU, abgelöst (International Triathlon Union, o.J.).

Als internationaler Triathlon-Dachverband organisiert die ITU mit Sitz in Lausanne die Weltmeisterschaften im Triathlon, Duathlon, Wintertriathlon und Aquathlon bzw. für Paratriathlon, Crosstriathlon, Crossduathlon, Mixed Staffeln und Langdistanztriathlon (International Triathlon Union, o.J.(a)). Die Veranstaltung unterschiedlicher Rennen, die Förderung der AthletInnen, die Organisationen von Trainingsprojekten in Entwicklungsländern und der Kampf gegen Doping stellen einige ihrer Aufgaben und Ziele dar (International Triathlon Union, o.J.; International Triathlon Union, o.J.(b)).

Die ITU setzt sich aus folgenden Unionen zusammen (International Triathlon Union, o.J.(c)).

- Afrika: Africa Triathlon Union (ATU) – 11 nationale Organisationen
- USA: Pan American Triathlon Confederation (PATCO) – 36 nationale Organisationen
- Asien: Asian Triathlon Confederation (ASTC) – 22 nationale Organisationen
- Europa: European Triathlon Union (ETU) – 43 nationale Organisationen
- Ozeanien: Oceania Triathlon Union (OTU) – 10 nationale Organisationen

Für die Organisation der Wettkampfsereien sind auf nationaler Ebene 47 europäische und weltweit mehr als 120 Verbände in ihrem jeweiligen Land zuständig (International Triathlon Union, o.J.; International Triathlon Union, o.J.(c)). Wichtige Verbände unserer Nachbarländer sind unter anderem:

- Deutsche Triathlon Union (DTU)
- Schweizerischer Triathlonverband (Swiss Triathlon)
- Fédération Française de Triathlon (F.F.TRI.)
- Federazione Italiana Triathlon (FITRI)
- Federación Española de Triatlón (FETRI)

Nachstehend werden die wichtigsten Triathlonbewerbe der ITU näher beschrieben, bevor im Anschluss daran verschiedene Formen des Mehrkampfes aufgelistet und erklärt werden.

Sprintdistanz

Im Jahr 2010 fand in Lausanne die erste Weltmeisterschaft in der Sprintdistanz mit 750 m Schwimmen, 20 km Radfahren und 5 km Laufen statt. Des Weiteren existiert ein Team-Bewerb für Männer und Frauen, bei dem jede/r der AthletInnen ein Drittel der Sprintdistanz (250 m Schwimmen, 6,6 km Radfahren und 1,6 km Laufen) absolvieren muss. Beim Mixed Team-Bewerb, der aus Mannschaften von je zwei männlichen und weiblichen Teilnehmern aus derselben Nation besteht, werden viermal die Distanzen 250 m Schwimmen, 6,6 km Radfahren und 1,6 km Laufen in Angriff genommen (International Triathlon Union, o.J.(a)).

Kurzdistanz

Seit der Gründung 1989 in Avignon veranstaltet die ITU Weltmeisterschaften auf der sogenannten „Olympischen Triathlon Distanz“, 1,5 km Schwimmen, 40 km Radfahren und 10 km Laufen. Seit 2009 wurde die WM nicht mehr in einem Einzelrennen ausgetragen, sondern durch eine internationale Serie verschiedener Wettkämpfe erweitert, „World Championship Series“, auch „World Triathlon Series“ genannt, erweitert. 2009, 2013 und 2014 umfasste diese Serie acht und von 2010 bis 2012 sieben Stationen, wobei die letzte immer das „Grand Final“ darstellte. 2015 sind zehn Stationen im Programm, ohne Kitzbühel. Internationale Ranking-Punkte entscheiden über eine Teilnahme, wobei

maximal je sechs weibliche und männliche Teilnehmer jeder Nation pro Rennen erlaubt sind. Für die Jahreswertung werden die besten vier Ergebnisse der Weltserie (je 800 Punkte), das letzte Finalrennen (1200 Punkte) sowie maximal substituär zwei Weltcup-Rennen (je 300 Punkte) für die Jahreswertung berücksichtigt (International Triathlon Union, o.J.(a); International Triathlon Union, o.J.(d)).

Von 1991 bis 2008 veranstaltete die ITU eine Weltcup-Wertung, bei der die Ergebnisse der beinhalteten Rennen einer Saison zu einer Gesamtwertung zusammengezählt wurden. Seit 2009 wird aufgrund der Einführung der „World Triathlon Series“ der „ITU World Cup“ in einer abgespeckteren Form veranstaltet (International Triathlon Union, o.J.(a); International Triathlon Union, o.J.(d)).

Langdistanztriathlon

Seit 1994 veranstaltet die ITU offiziell Meisterschaften auf der Langdistanz, die jener der Ironman-Bewerbe ähnlich sind, aber unterschiedliche Streckenlängen aufweisen. Diese betragen die doppelte (3 km Schwimmen, 80 km Radfahren und 20 km Laufen) oder die dreifache (4 km Schwimmen, 120 km Radfahren und 30 km Laufen) Olympische Distanz. Die erste Weltmeisterschaft wurde 1994 im Immenstadt in Allgäu ausgetragen (International Triathlon Union, o.J.(a); International Triathlon Union, o.J.(d)).

Die Entwicklung des Mehrkampfes in den Ausdauersportarten vollzog sich auf nationaler Ebene unterschiedlich, wobei geographische und thermische Gegebenheiten eine große Rolle spielten (Neumann et al., 2010, S. 13). Nachstehend sind weitere wesentliche Multisportbewerbe, welche von der ITU veranstaltet und auch als Weltmeisterschaften ausgetragen werden, angeführt.

Der Crosstriathlon

Der Crosstriathlon ist eine neue Variante des Kurztriathlons. Anstelle des Rennrades wird mit dem Mountainbike im stark profilierten Gelände gefahren. Diese Version ist inzwischen als XTerra-Wettbewerb in den USA im Jahr 1996 patentiert worden und findet eine Woche nach dem Ironman auf der Insel Maui (Hawaii) als Weltmeisterschaft statt. Die ITU trug erstmals ihre eigenen Weltmeisterschaften 2011 in Extremadura, Spanien, mit den Distanzen 1 km Schwimmen, 20 km Mountainbiken und 6 km Geländelauf aus (Neumann et al., 2010, S. 23).

Duathlon

Der Duathlon besteht aus Laufen, Radfahren und wieder Laufen. Er entwickelte sich parallel zum Triathlon. Die erste Weltmeisterschaft mit den Distanzen 10 km Laufen, 60 km Radfahren und 10 km Laufen fanden 1990 in Palm Springs statt. (Neumann et al., 2010, S. 24). Der Zofinger Run & Bike-Wettbewerb in der Schweiz wurde 1989 erstmals ausgetragen und gilt als einer der populärsten und härtesten Langduathlonwettbewerbe. In Deutschland galt der Powerman in Spalt als das Mekka der DuathletInnen. 2001 wurde von der ITU der Powerman Worldcup – später Powerman World Series – gestartet, der Leistungsvergleiche auf allen Kontinenten ermöglichen soll. In Tabelle 4 werden die normierten Distanzen im Duathlon angeführt.

Tabelle 4: Normierte Duathlonlondistanzen (Neumann et al., 2010, S. 20)

Distanz	Laufen (km)	Radfahren (km)	Laufen (km)
Jedermann	2,5	15	2,5
Kurz	5	30	5
Lang	10	60	10
Zofingen	7,5	150	30

Selbst normierte Distanzen variieren trotzdem häufig.

Der Crossduathlon

Diese Variante hat den gleichen Ablauf wie der Duathlon, allerdings werden beides, Mountainbiken und Crosslauf, im Gelände durchgeführt. Die Distanzen spielen sich meist im Bereich 4 - 6 Kilometer Laufen, 15 - 20 Kilometer Radfahren und wieder 4 - 6 Kilometer Laufen ab. Offizielle internationale Meisterschaften werden beim Crossduathlon nicht durchgeführt (Mews, 2011).

Wintertriathlon

Der Wintertriathlon hat sich Mitte der 90er Jahre entwickelt. Der Mehrkampf besteht aus Laufen, Mountainbiken und Skilanglauf. 1997 fand bereits in Mals, Südtirol, die erste Weltmeisterschaft mit den Distanzen 6 km Laufen, 10 km Mountainbike und 8 km Skilanglauf statt. Die ITU reglementierte den Wettkampfablauf und Streckenlängen bei internationalen Wettkämpfen müssen bei den Männern und Frauen im Ausmaß von 7 - 9 km beim Laufen, 12 - 14 km beim Mountainbiking und 10 - 12 km beim Skilanglauf eingehalten werden (Neumann et al., 2010, S. 28-29).

Aquathlon

Der Aquathlon wurde in Australien gegründet und wird vor allem in den südlichen Ländern aufgrund guter Schwimmmöglichkeiten veranstaltet. Im Aquathlon werden 2,5 km gelaufen, 1 km geschwommen und wieder 2,5 km gelaufen. Ursprüngliche Versionen stammen aus den USA und sind unter der Version „Swim and Run“ bekannt. Dabei werden Streckenlängen von 500 - 700 m Schwimmen, 5 km Laufen oder 1 - 1,5 km Schwimmen sowie 10 km Laufen bewältigt. Im Jahr 1998 fanden die ersten Weltmeisterschaften in Noosa, Australien, statt (Neumann et al., 2010, S. 27).

Polyathlon, Gigathlon und Quadrathlon

Diese drei Bewerbe unterliegen nicht der Schirmherrschaft der ITU. Polyathlon-Wettbewerbe werden erst seit 2000 veranstaltet. Beim Polyathlon wird das anfängliche Schwimmen durch Inlineskating ausgetauscht, danach wird Rad gefahren und zum Schluss gelaufen. Durch die Möglichkeit des Windschattenfahrens beim Inlineskating und Radfahren muss bei dieser Sportart Taktikverhalten und Teamgeist entwickelt werden (Mews, 2011a; Neumann et al., 2010, S. 26f.).

Eine besondere Variante ist der Gigathlon, der seit 2002 in der Schweiz durchgeführt wird. Innerhalb einer Woche werden täglich, mit wechselnder Streckenlänge, Schwimmen, Radfahren, Laufen, Mountainbiken und Inlineskating absolviert (Neumann et al., 2010, S. 27).

Der Quadrathlon, eine der jüngsten Mehrkampfvarianten, hat sich international durchgesetzt. Als Basis dient der Triathlon, dem noch eine vierte Disziplin, das Kajakfahren, hinzugefügt wurde. Der Italiener Prinz Sergio Ferrero praktizierte dies als erster auf der Mittelmeerinsel Ibiza im Jahr 1998. Mittlerweile werden regelmäßig Europa- und Weltmeisterschaften sowie Weltcups in der Reihenfolge Schwimmen, Kajakfahren, Radfahren und Laufen ausgetragen (Neumann et al., 2010, S. 26).

2.4 World Triathlon Cooperation (WTC)

Der Name „Ironman“ ist eine geschützte Marke der WTC, eine Kapitalgesellschaft (Inc.) nach amerikanischem Recht. Dieses private Unternehmen organisiert weltweit Triathlonbewerbe unterschiedlicher Distanzen, wovon jene der Halb- und Mitteldistanz die populärsten sind (World Triathlon Corporation, o.J.(e)). Zum heutigen Standpunkt umfasst die Ironman-Rennserie über die Langdistanz 41 und über die Halbdistanz 86 Wettbewerbe auf sechs Kontinenten (World Triathlon Corporation, o.J.(f)).

Die männlichen und weiblichen Sieger als auch die Finisher der verschiedenen Ironman-Veranstaltungen über die Langdistanz dürfen sich „Ironman“ (Eisenmann) nennen. Seit 2006 gilt der Ironman auf Hawaii, wo 1978 der erste Langdistanzwettbewerb stattfand, offiziell als Weltmeisterschaft. Ebenfalls im Jahr 2006 startete die WTC mit einer Mitteldistanz-Serie „Ironman 70.3“, auch Half-Ironman (1,9 km Schwimmen, 90 km Radfahren, 21,1 km Laufen genannt. Der Namen „Ironman 70.3“ leitet sich aus der Gesamtdistanz von 113 km bzw. 70.3 Meilen ab (World Triathlon Corporation, o.J.(e); World Triathlon Corporation, o.J.(f)).

Für die Weltmeisterschaft auf Hawaii werden jedes Jahr in etwa 1.800 Startplätze vergeben. Die Profis müssen bei den einzelnen Stationen der WTC genug Punkte sammeln, um sich unter den besten 50 Männern und 30 Frauen für die WM zu qualifizieren. Die Amateure, die auf Hawaii die meisten Startplätze zugesprochen bekommen, müssen auf einer dieser Stationen der WTC einen sogenannten Slot schaffen. Die AthletInnen müssen bei einem Rennen der WTC eine bestimmte Platzierung in ihrer Altersklasse erreichen, um einen Slot zu bekommen. Im Schnitt werden pro Station (Rennen) gesamt 50 Slots für alle Klassen vergeben (World Triathlon Corporation, o.J.(g)).

Des Weiteren findet neben der WM eine Europa-, Asien-Ozeanien-, Nordamerika- und Afrika-Meisterschaft in Frankfurt am Main, Melbourne, Mont-Tremblant und Port Elizabeth statt. Diese Stationen sind wie die WM auf Hawaii auch Teil der Ironman-Rennserie (World Triathlon Corporation, o.J.(h)).

Um den Markt noch besser zu bedienen, nahm die WTC neben Halb- und Ironman 2011 die Kurzdistanz (5150 Triathlon Serie), 2010 Sprint- und Multisportbewerbe sowie IronGirl- und IronKids-Bewerbe als spezielle Angebote für Frauen und Kinder ins Programm auf. Insgesamt veranstaltet die WTC weltweit 202 lizenzierte Triathlon-wettkämpfe. Aufgrund des eingetragenen Warenzeichens dürfen sich andere Lang- und Mitteldistanzen nicht „Ironman“ nennen, weswegen andere Rennserien bzw. Bewerbe entstanden sind (Hirzel, 2012; World Triathlon Corporation, o.J.(f)).

2.5 Challenge

Die Challenge ist eine Rennserie, in deren Rahmen weltweit Halb- und Langdistanzbewerbe ausgetragen werden. Herbert Walchshöfer gründete die Team Challenge GmbH, die heute von seinen beiden Kindern Felix und Kathrin sowie von seiner Witwe Alice geleitet wird. Im Jahr 2002 wurde in Roth, Deutschland, der erste Wettkampf dieser Serie veranstaltet, als Nachfolge des Ironman Europe. Walchshöfer war mit den vorgegebenen Auflagen der WTC nicht mehr einverstanden und distanzierte sich deshalb von ihr. Seit der Gründung der Challenge trägt die Challenge Roth, außer in den Jahren 2011 und 2012, die Deutschen Triathlon-Meisterschaften auf der Langdistanz aus. 2015 waren innerhalb von 70 Sekunden die 5.500 Startplätze für Einzel- und Staffelstarts in Roth, der größte Langdistanzveranstaltung der Welt, vergeben. Challenge Roth wurde von den LeserInnen Europas größter Triathlon-Zeitschrift „triathlon“ mehrmals in Folge zum „Rennen des Jahres“ gewählt. Der deutsche Triathlet Andreas Raelert stellte in Roth 2011 in 07:41:33 Stunden den noch gültigen Langdistanzweltrekord auf. Seit 2012 werden an abwechselnden Orten der Rennserie die Europameisterschaften der European Triathlon Union (ETU) über die Mittel- und Langdistanz ausgetragen (Challenge Family GmbH, o.J.).

Im Rennkalender 2015 sind 43 Wettbewerbe in 19 Nationen angeführt, von denen acht Langdistanzbewerbe sind. Die Challenge Walchsee-Kaiserwinkl ist der einzige österreichische Austragungsort dieser Weltserie und umfasst ein Startfeld von über 1.800 AthletInnen (Challenge Family GmbH, o.J.). Drei der 43 Stationen, Dubai, Oman und Bahrain, bilden die hochdotierte „Challenge Triple-Crown-Serie“, bei denen jeweils die Halbdistanz absolviert wird. Für die männlichen und weiblichen Erst-, Zweit- und Drittplatzierten warten 60.000, 35.000 und 20.000 USD, und der Sieg bei allen drei Stationen ist mit 1 Million USD dotiert. Des Weiteren werden bis zum zehnten Rang Preisgelder vergeben. Für jede der drei Stationen werden insgesamt 300.000 USD an Preisgeldern ausbezahlt (Leitner & Leitner, o.J.).

3 Forschungsgeschichte des Triathlonsports

In diesem Kapitel wird die triathlonspezifische Literatur analysiert. Zum einen werden im ersten Unterkapitel die Beziehung und der Zusammenhang von Sportwissenschaften und der Sportart Triathlon geschildert. Dabei werden die Änderungen der Forschungsschwerpunkte in Bezug auf die triathlonspezifischen Veränderungen seit dem Bestehen dieser jungen Sportart beschrieben.

Zum anderen wird im zweiten Unterkapitel die Literatur, die für das anschließende Kapitel von Bedeutung ist, analysiert. Dabei wird auch auf die Qualität der veröffentlichten Literatur eingegangen, um für diese Thematik zu sensibilisieren, bevor die Ergebnisse vorgestellt werden.

3.1 Ausgewählte quantitative Aspekte der Triathlonliteratur

Die relative junge Sportart (1974), das schnelle Wachstum und die Internationalisierung sowie die Spezifizierung der Events bieten eine gute Gelegenheit, Zusammenhänge zwischen sportwissenschaftlicher Forschung und der Entwicklung des Triathlons darzustellen. Millet et al. (2007) haben dies in ihrem Artikel „The relationship between science and sport: Application in triathlon“ umgesetzt. In der Studie schildern sie sowohl die Evolution der wissenschaftlichen Forschungen im Triathlon als auch den Einfluss dieser Sportart auf die Themen der wissenschaftlichen Untersuchungen in Bezug auf Triathlon und Ausdauersport generell von 1984 bis 2006.

3.1.1 Verteilung der Publikationen nach Jahren

Im Zeitraum von der ersten Publikation eines Artikels in PubMed 1984 bis einschließlich 2014 wurden 505 Artikel mit dem Wort Triathlon oder Triathlet im Titel veröffentlicht. In Abbildung 7 ist ersichtlich, dass es ab 1998 einen deutlichen Anstieg an Publikationen gab. Grund dafür waren die Aufnahme des Triathlonsports in das Olympische Programm im Jahr 2000, das Ermöglichen von multisportiven Events wie Aquathlon, Duathlon und Wintertriathlon mit den jeweiligen Weltmeisterschaften durch die ITU, International Triathlon Union (Millet et al., 2007). Die erste Weltmeisterschaft im Kurz- und Langdistanzduathlon fand 1990 und 1989 statt sowie jene im Wintertriathlon und im Aquathlon im Jahr 1997 und 1998 (International Triathlon Union, o.J.(e)). Des Weiteren förderte das erstmals erlaubte Windschattenfahren beim Radfahren bei den Kurzdistanz-Weltmeisterschaften 1995 diesen Trend. Vor 1994 betrug die Anzahl der Publikationen weniger als zehn, außer im Jahr 1989, in dem schon alleine elf Artikel sich dem Ironman, erster Ironman in Europa im Jahr 1982, widmeten (Millet et al., 2007).

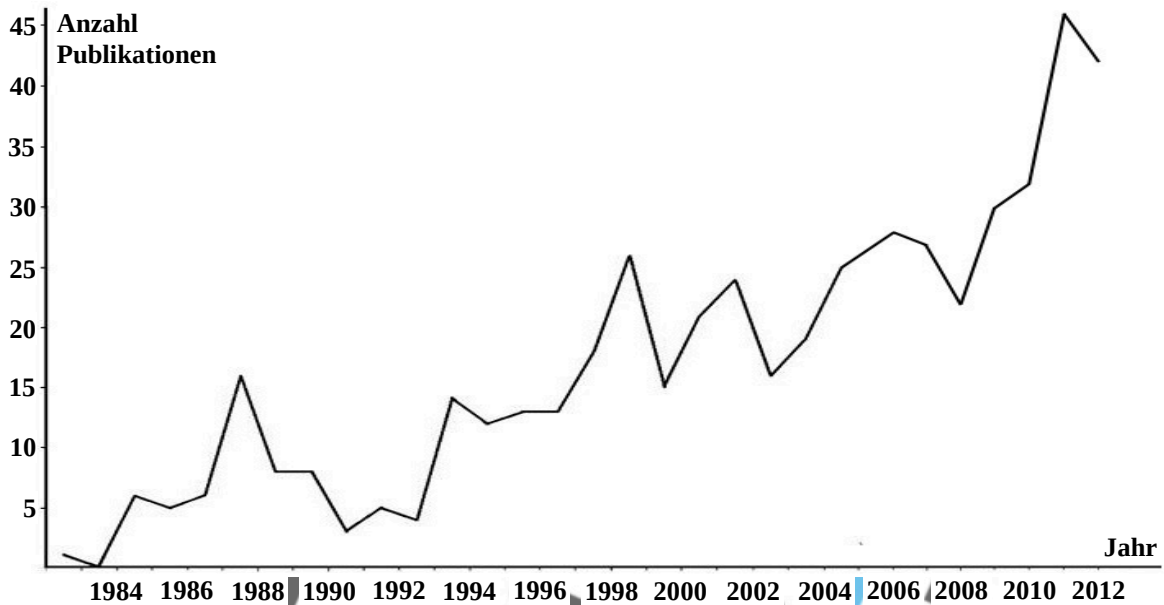


Abbildung 7: Anzahl der jährlichen Publikationen im zeitlichen Verlauf
(modifiziert nach Millet et al., 2007, S. 317)

Die Anzahl der Publikationen in den Jahren 2007 bis 2013 wurden basierend auf der Vorgangsweise von Millet et al. (2007) in der Abbildung 7 ergänzt. Ebenfalls wurden wie bei Millet et al. (2007) nur die Artikel mit dem Schlüsselwort Triathlon oder Triathlet im Titel gezählt. Es muss aber an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Artikel, die zwar einen relevanten triathlonspezifischen Inhalt aufweisen, aber zum Beispiel „nur“ das Schlüsselwort „Ironman“ im Titel hatten, von Millet et al. (2007) und deswegen auch vom Autor dieser Dissertation nicht berücksichtigt wurden. Im Gegenzug wurden von Millet et al. (2007) - zwar nur wenige - Studien doppelt gezählt, wenn sie in einem oder zwei Jahren darauf in einem anderen Journal nochmals mit ähnlichen Inhalten publiziert wurden. Nach der Überprüfung des Autors halten sich die fehlenden Ironman-Artikel und die doppelten Artikel in etwa die Waage.

3.1.2 Verteilung der Publikationen nach Nationen

Seit dem Beginn des Triathlons im Jahr 1974 in Nordamerika war bis zu den frühen 90er Jahren das Ursprungsland des Triathlons auch Dreh- und Angelpunkt, sowohl in wissenschaftlicher als auch in sportlicher Hinsicht. In dieser Zeit waren die beiden Triathlonlegenden Mark Allen und Dave Scott hauptsächlich für die sportlichen Erfolge verantwortlich, und in Abbildung 8 wird die Vormachtstellung Nordamerikas bezüglich der Anzahl an Publikationen mittels der Säule 1984 bis 1990 gezeigt (Millet et al., 2007).

Ab 1990 kam es zu einem Wechsel, und europäische Institutionen sind seitdem führend in puncto Anzahl an Publikationen. Zu dieser Zeit war ebenfalls ein starker, andauernder Aufschwung der australisch-neuseeländischen Forschungsgruppen zu verzeichnen, der die ansteigende Dominanz ihrer AthletInnen vor allem auf der Kurzstrecke widerspiegelte (Millet et al., 2007). Abbildung 8 zeigt die geographische Verteilung der Publikationen unter den führenden Nationen, wobei mit der Säule 2007 bis 2013 die Daten von Millet et al. (2007) ergänzt wurden.

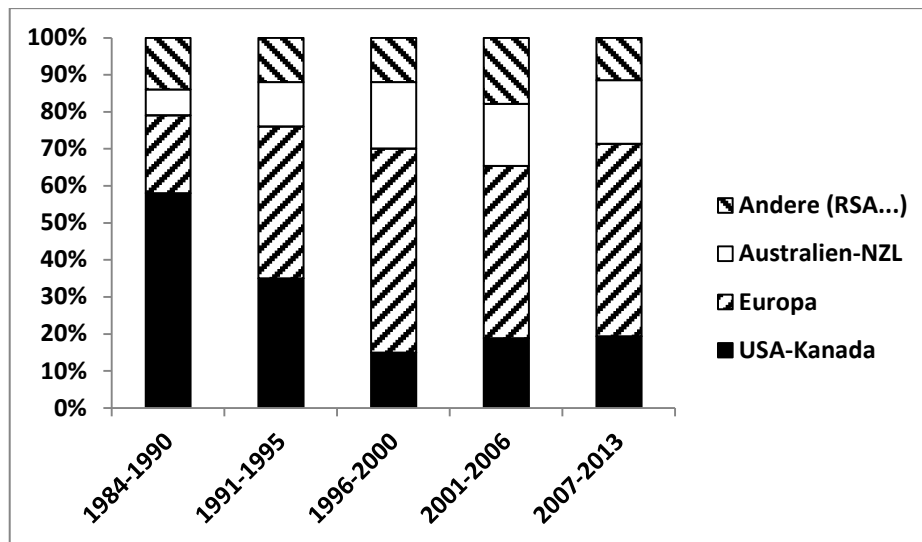


Abbildung 8: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Nationen
(Millet et al., 2007, S. 317)

3.1.3 Verteilung der Publikationen nach Distanzen

In Abbildung 9 wird die Verteilung der Publikationen nach Distanzen gezeigt. Während bis zum Jahr 1990 das wissenschaftliche Interesse hauptsächlich beim Ironman lag, war danach in den frühen 90er Jahren ein Wechsel hin zu den Kurzdistanz-Themen zu verzeichnen (Millet et al., 2007). Es wurde die Vermutung aufgestellt, dass die Gründung der ITU und der nachfolgenden Organisation von Kurzdistanz-Weltcups und -Weltmeisterschaften dafür ausschlaggebend waren. In weiterer Folge wurden diesbezüglich noch die ansteigende Anzahl an TeilnehmerInnen an Kurzdistanz-Bewerben und die Organisation dieser Sparte wie Nationalmannschaften, professionelle VollzeitmitarbeiterInnen etc. erwähnt.

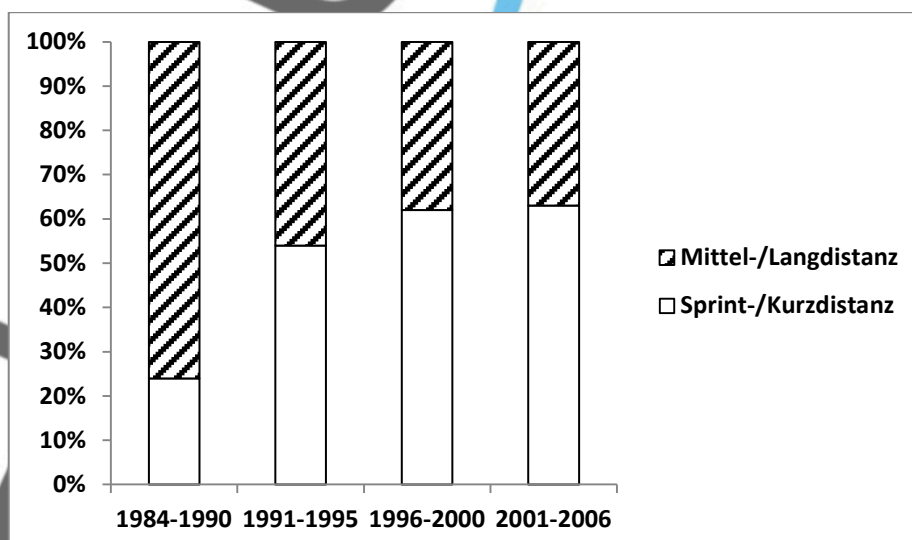


Abbildung 9: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Distanzen
(Millet et al., 2007, S. 318)

3.1.4 Verteilung der Publikationen nach Wettkampf, Training und Tests

Millet et al. (2007) stellten fest, dass der Fokus der Forschung auf Merkmalen von AthletInnen, Tests, Training, Verletzungen und Wettkampfanforderungen liegt und dass die Anzahl an Publikationen bezüglich Anforderungen und Adaptionen eines Wettkampfs fortschreitend sinkt (Abbildung 10). Trotz des ansteigenden Interesses an Testprotokollen (Leistungsdiagnostik), wie vor allem die Analyse der Gültigkeit spezieller Testprotokolle, stellt der Wettkampf mit seinen besonderen Ansprüchen weiterhin ein wichtiges Thema dar.

Vor 1990 wurden die akut physiologischen Adaptionen in aktuellen und simulierten Triathlons primär mittels biochemischer und hämatologischer Parameter gemessen – vor allem bei der Langsdistanz. Seit 1995 wurden neue Themen wie Hyponatriämie oder die Tempostrategie beim Radfahren in der Langsdistanz oder in allen drei Disziplinen der Kurzdistanz in Studien aufgegriffen (Millet et al., 2007).

In den Studien, in denen speziell physiologische Merkmale der TriathletInnen untersucht wurden, standen vor 1995 die physiologischen Faktoren isoliert oder in Korrelation mit der Leistung in den drei Disziplinen im Vordergrund. Dabei wurden speziell Merkmale dieser Sportart wie die Auswirkungen des Verwendens eines Neoprenanzuges, der Wechsel von Radfahren auf Laufen sowie jener vom Schwimmen auf Radfahren untersucht. Des Weiteren waren die Auswirkungen des Wasserschattens beim Schwimmen und des Windschattens beim Radfahren sowie die Auswirkung der Trittfrequenz auf die darauffolgende Laufleistung von Interesse (Millet et al., 2007).

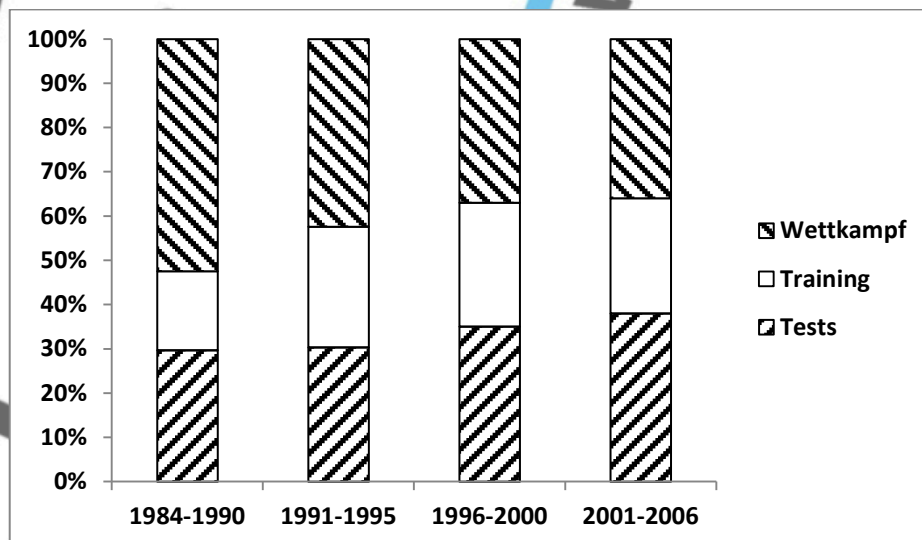


Abbildung 10: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Wettkampf, Training und Tests (Millet et al., 2007, S. 319)

3.1.5 Verteilung der Publikationen nach wissenschaftlichen Bereichen

Gemäß Millet et al. (2007) wurden die Bereiche biomechanische (Ver)Änderungen, veranlasst durch die Ermüdung oder durch den Wechsel/Übergang zwischen den Disziplinen, und Ernährungsstrategien bei Wettkämpfen seltener thematisiert. Bemerkenswert ist, dass beide Themen von hoher Bedeutung für die Leistung im Triathlon sind. Die absoluten Zahlen diesbezüglicher Publikationen wurden von den AutorInnen jedoch nicht genannt (Abbildung 11).

Einige medizinische Themen wie die Auswirkung des Triathlontrainings und -wettkampfs auf die Herzfunktion sowie die Verletzungshäufigkeit und -ursache unter den TriathletInnen bleiben konstant von Interesse (Millet et al., 2007).

Ersichtlich ist auch, dass die Themen wie Thermoregulation und Flüssigkeitshaushalt von 1996 bis 2006 vermehrt in den Studien aufgegriffen wurden. Diesbezüglich ist jedoch anzumerken, dass diese Themen in anderen Ausdauerdisziplinen schon untersucht wurden und die Triathlonliteratur derzeit auf internationale Empfehlungen zur Vorbereitung für den Ausdauersport hinweisen (Millet et al., 2007). Nachstehende Abbildung 11 zeigt die Forschungsbereiche im Überblick.

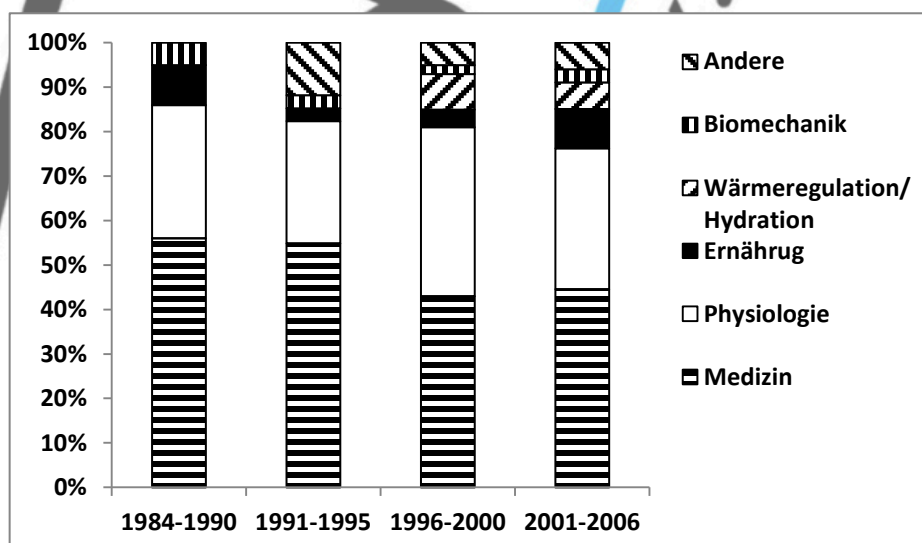


Abbildung 11: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Forschungsbereichen (Millet et al., 2007, S. 319)

3.2 Methodische Überlegungen in Bezug auf die Erfassung von Verletzungen im Triathlonsport

In diesem Kapitel werden Modelle zur Implementierung präventiver Maßnahmen und Forschungsansätze zur Generierung der Daten von Sportverletzungen im Triathlonsport als auch in anderen „fortgeschrittenen“ Sportarten erklärt. Des Weiteren werden die generellen Probleme der Triathlonstudien ab dem Kapitel 3.2.3 kurz beschrieben. Dabei wird nicht auf einzelne Artikel eingegangen, sondern ein Status Quo über die triathlonspezifische Literatur, die für die Themen des folgenden Kapitels ‚Ergebnisse‘ zutreffend ist, diskutiert.

3.2.1 TRIPP-Modell

Finch (2006) schlug ein sechs-stufiges Sportverletzungsforschungsmodell „Translating Research into Injury Prevention Practice framework“ oder abgekürzt TRIPP vor. Dieses Modell, angelehnt an das vierstufige Modell von van Mechelen et al. (1992) baut auf der Tatsache auf, dass die Forschungsergebnisse nur dann Verletzungen verhindern werden können, wenn sie von den TeilnehmerInnen, TrainerInnen und SportskollegInnen auch angenommen werden. Das heißt, Fortschritte in der Prävention von Sportverletzungen können nur erreicht werden, wenn die Bemühungen/Leistungen der Forschung im Zusammenhang mit dem Verständnis des Kontextes der Umsetzung angeordnet und von den involvierten Personen wie SportlerInnen, TrainerInnen etc. akzeptiert werden.

In Zukunft wäre eine einheitlich standardisierte und terminisierte Forschungsarbeit wünschenswert, damit die in den nachstehenden Punkten 3.2.2 bis 3.2.9 angeführten Probleme (Definitionen usw.) verringert und bestenfalls verhindert werden können (Finch, 2006). Mit den in Tabelle 5 gezeigten sechs Stufen dieses Modells soll dieses Vorhaben umgesetzt werden.

Tabelle 5: Die Stufen des TRIPP Modells (modifiziert nach Finch, 2006, S. 4)

Stufe	TRIPP-Modell (Finch, 2006)	4 Stufenmodell (Finch, 2006; van Mechelen et al., 1992)
1	Verletzungsbeobachtung - Häufigkeit triathlonbezogener Verletzungen - Lokalisation der Verletzung - Grad der Verletzung (leicht, schwer) - Verletzungs- und Darstellungsdefinition	Eruieren des Problemausmaßes
2	Ätiologie und Mechanismus der Verletzung - Verletzungsmechanismus (Ablauf) und Aktivität zum Verletzungszeitpunkt - Intrinsische und extrinsische Risikofaktoren	Eruieren von Ätiologie und Mechanismus der Verletzung
3	Entwicklung von präventiven Maßnahmen	Einführen von präventiven Maßnahmen
4	Evaluierung (Wirksamkeitsbewertung) von TRIPP 3 und Schlussfolgerungen aus den wissenschaftlichen Interventionen	Bewerten der Wirksamkeit dieser Maßnahmen durch Wiederholen von Stufe 1
5	Überlegungen, wie die Strategien im Sportalltag umgesetzt werden können	
6	Implementieren der Interventionen in den Sportalltag und Evaluierung ihrer dortigen Wirksamkeit, d.h. gleichzeitiges Anwenden und In-Beziehung-Setzen von Stufe 1 und 5	

In Tabelle 5 wird gezeigt, dass im Modell von Finch (2006) auf die Forschung zur Implementierung (TRIPP 4 und 5), Prüfung/Wirkung der präventiven Maßnahmen, Wert gelegt wird. In dem Modell von van Mechelen et al. (1992) wird nicht berücksichtigt, dass gute Ergebnisse in der Forschung noch keine Aufnahme der Interventionen und folglich eine Prävention von Verletzungen in der Praxis garantieren. Überzeugende wissenschaftliche Ergebnisse in Bezug auf Verletzungsprävention werden erfolglos sein, wenn die involvierten Personen wie SportlerInnen und TrainerInnen diese nicht anwenden. Die präventiven Maßnahmen werden erst dann angewandt, wenn die Zielgruppen überzeugt und sicher sind, dass diese Sicherheitsmaßnahmen wirklich etwas bewirken, akzeptabel für ihre TeilnehmerInnen sind, die wesentliche Natur und den Reiz der jeweiligen Sportart nicht verändern und die Teilnahme oder die Leistung ihrer SportlerInnen nicht nachteilig beeinflussen (Finch, 2006).

Die Stufen 1 und 2 des TRIPP-Modells sind die Basis, auf die sich die Stufen 3 bis 6 stützen. Die Informationen aus den ersten beiden Stufen liefern die Bausteine der weiteren Stufen und sind als deren methodologisches Werkzeug zu berücksichtigen (Finch, 2006).

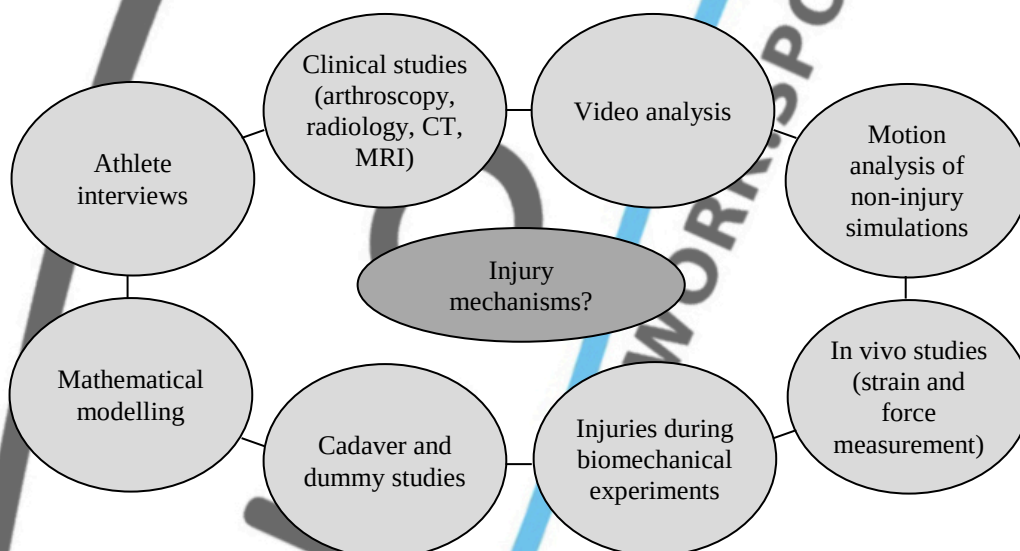


Abbildung 12: Forschungsansätze zur Beschreibung von Mechanismen von Sportverletzungen (Krosshaug et al., 2005, S. 331)

In der Studie von Finch (2006) wird auch auf Krosshaug et al. (2005) Bezug genommen. Finch (2006) bekräftigt deren Haltung, dass ätiologische Forschung multidisziplinäre Forschungsansätze benötigt, um die Verletzungsmechanismen und andere Faktoren für Verletzungsursache und -grad besser zu verstehen.

Krosshaug et al. (2005) untersuchten acht verschiedene Forschungsansätze zur Beschreibung von Verletzungsmechanismen (siehe Abbildung 12) und analysierten deren Stärken und Limitationen. Die AutorInnen kamen zum Schluss, dass für die meisten Verletzungen ein Forschungsansatz allein zur Beschreibung aller Aspekte der Verletzungssituation nicht ausreichend ist. Daher empfehlen sie eine gewisse Anzahl an unterschiedlichen Forschungsansätzen zu kombinieren, um die Mechanismen präziser beschreiben zu können. Sie sind der Meinung, dass mit unterschiedlichen Forschungsansätzen der Fokus auf unterschiedliche Elemente des auslösenden Ereignisses wie Ablauf

oder Hergang gelegt und somit mehr Vorschläge für präventive Maßnahmen erkennbar werden.

Für die Entwicklung spezieller, präventiver Verletzungsmaßnahmen für eine jeweilige Verletzungsart in einer Sportart ist es wichtig, eine vollständige Beschreibung des Verletzungsherganges durchzuführen. Dabei stellt die präzise Beschreibung des auslösenden Ereignisses eine Schlüsselfunktion dar und unterstreicht somit die Erweiterung eines reinen traditionellen, biomechanischen Forschungsansatzes. Hinzu kommen noch die Komponenten Verhalten der Beteiligten sowie Beschreibung des gesamten Körpers und dessen Gelenksbiomechanik. Dabei ist zu berücksichtigen, bzw. zu unterteilen, wie intrinsische und extrinsische Risikofaktoren die Verletzung modifizieren (Krosshaug et al., 2005).

In einem Review analysieren Goldberg et al. (2007) 87 Studien zur Verletzungsüberwachung bei jungen AthletInnen in den USA. Die Zielgruppe stellen vor allem AthletInnen aus Sportsportarten mit einem Altersbereich von Elementary School bis hin zum College dar. Die AutorInnen bekräftigen, dass die Definitionen von Verletzungen nicht nur den Schweregrad und die Zeit, die pausiert wurde, sondern auch den Kontext miteinbeziehen müssen. Der Schweregrad und die Behandlungskriterien wurden zwar in den Studien, in denen eine Sportverletzung als ein Ereignis oder Vorfall definiert wurde, beschrieben, jedoch wurde die Differenzierung einer Sportverletzung von anderen „medical or health related events“ oder einer ähnlichen nicht durch Sport erlittenen Verletzung vernachlässigt. Sogenannte Verletzungs-Überwachungssysteme (injury surveillance systems) wie The National Electronic Injury Surveillance System All Injury Program (NEISS-AIP), The National Collegiate Athletic Association (NCAA) Injury Surveillance System (ISS) und The US National Athletic Trainers' Association definieren Sportverletzungen klar, um detaillierte Informationen über Sportverletzungen und deren Hergang sammeln, statistisch verarbeiten und letztlich präventive Maßnahmen erstellen zu können (Goldberg et al., 2007).

Im folgenden Unterkapitel 3.2.2 wird auf den Forschungsansatz Interview näher eingegangen, wobei kurz dessen Vor- und Nachteile aufgelistet werden. Des Weiteren werden die in den Punkten 3.2.2 bis 3.2.9 beschriebenen Probleme der Triathlon-Literatur in der Tabelle 6 nochmals anhand einiger relevanter Studien aufgelistet und zusammengefasst.

3.2.2 Interview

Ein häufig verwendeter Ansatz für das Untersuchen von Verletzungsmechanismen ist die Darstellung von Verletzungen durch AthletInnen, TrainerInnen, medizinisches Personal oder andere, die Augenzeugen des Unfalls oder relevanten Ereignissen waren. Dies wird hauptsächlich mittels persönlicher Interviews oder Fragebögen durchgeführt (Krosshaug et al., 2005).

Die **Vorteile** dieses Ansatzes sind die relativ leichte Generierung von Daten und das Erlangen eines großen Stichprobenumfangs. Sogenannte Verletzungs-Überwachungs-

systeme (injury surveillance systems) wurden für verschiedenen Sportarten (NCAA, FIFA, UEFA ...) ¹ installiert, um eine große Anzahl an Informationen von Verletzungsmechanismen sammeln und für die Forschung (präventive Maßnahmen) zur Verfügung stellen zu können (Krosshaug et al., 2005).

Zu den **Nachteilen** dieser Erhebungsmethode ist zu zählen, dass die verletzten SportlerInnen, besonders bei Sportarten, nicht mehr genau wissen, wie der Unfallhergang genau verlief. Meist erfolgt ein Unfall sehr rasch und häufig sind mehrere SportlerInnen oder SpielerInnen dabei involviert. Das Vermischen der Aussagen von den betroffenen Personen mit jenen der Augenzeugen wie TrainerInnen, KollegInnen, Eltern, die vergangene Zeit zwischen Unfall und Bericht sowie das oftmalige Reflektieren oder Erzählen des Unfalls „filtern“ die Darstellung und werden als „recall bias“ bezeichnet. Diese Fehlerquellen sind zu bedenken, obwohl gesagt wird, dass eine schwerwiegende Verletzung ein einschneidendes Ereignis im Leben eines Sportlers, einer Sportlerin sei und gut in dessen/deren Gedächtnis verankert bleibt (Krosshaug et al., 2005).

3.2.3 Retrospektiv versus prospektiv

Die Art der Daten, welche in einer Studie zu erreichen versucht wird, reflektiert auch die produzierten Resultate (Greenberg et al., 2001). Die meisten veröffentlichten Studien sind retrospektiver Natur. Darunter wird verstanden, dass ein vergangener Zeitraum analysiert wurde. Meist geschieht dies mittels eines Fragebogens (print oder online). Ein retrospektives Studiendesign ist aus ökonomischer Sicht viel einfacher, schneller und kostengünstiger durchzuführen, als ProbandInnen ab einem Zeitpunkt über eine gewisse Zeitspanne hindurch zu begleiten. Jedoch entsprechen die Qualität und die Kraft der Aussagen nicht der einer prospektiven Studie (Gosling et al., 2008b; McHardy et al., 2006). Diese sind schwieriger durchzuführen, mit mehr Kosten und Zeit verbunden und mit Problemen durch dropout von ProbandInnen muss gerechnet werden (Dawson & Trapp, 2001).

3.2.4 Selbstbericht der Daten

Die in den Fragebogen erhobenen Daten werden von den AthletInnen selbst gegeben. Daher kann nicht vorausgesetzt und garantiert werden, ob die ProbandInnen zum Beispiel über die Lokalisation, die betroffene(n) Struktur(n) oder generell über die Art ihres Beschwerdebildes genau Bescheid wissen. Somit ist die Qualität der gesammelten Informationen zu bedenken (McHardy et al., 2006).

¹ NCAA = National College Athletic Association; FIFA = Federation International of Football Association; UEFA = Union of European Football Associations

3.2.5 Studiendauer

Die Zeitspanne der einzelnen Untersuchungen variiert sehr stark. Angaben zum zeitlichen Untersuchungsrahmen sind nicht vorgegeben, ein Zeitrahmen kann von ein paar Wochen bis hin zur gesamten Triathlonlaufbahn der ProbandInnen variieren. Am häufigsten wurde eine Dauer von einem Jahr gewählt. Dies kann einerseits problematisch sein, wenn Quoten wie Verletzungsrate (Auftreten von Verletzungen pro 1000 Stunden) der jeweiligen Disziplinen im Training oder Wettkampf aufgestellt werden. Andererseits kann nicht vorausgesetzt werden, dass sich die ProbandInnen, ganz besonders bei einer längeren Untersuchungsdauer von drei oder fünf Jahren oder über die gesamte Triathlonkarriere, an alle ihre Beschwerdebilder erinnern. Dies gilt vor allem bei detaillierteren Abfragen: z. B. welche Körperteile waren betroffen, trat die Verletzung im Training oder im Wettkampf auf und in welcher Disziplin, war die Verletzung traumatischer oder atraumatischer Natur (Gabbe et al., 2003; Krosshaug et al., 2005; McHardy et al., 2006).

3.2.6 Definitionen von Verletzungen

Unterschiede in der Methodik, aber auch nicht standardisierte Definitionen von Verletzungen sowie Darstellungen und Schweregrad von Verletzungen erschweren einen Vergleich der Studienergebnisse. Die Verletzungen werden nicht einheitlich definiert, und auf eine Einteilung nach traumatischen (Sturz, Zusammenstoß) oder atraumatischen (Überlastung/ Überbeanspruchung), akuten oder chronischen, zum ersten Mal auftretenden oder wiederkehrenden Verletzungen wird oftmals verzichtet (Egermann et al., 2003; Gregory, 2002; Krosshaug et al., 2005; Vleck et al., 2013).

Eine Verletzung wird in der Triathlon-Literatur unter anderem wie folgt definiert: „An acute event that led the individuals to seek medical care, medications, or to cease training for at least 1 day“ (Villavicencio et al., 2006). „Any musculoskeletal problem causing cessation of training for at least one day, reduction in training mileage, taking of medicine, or seeking of medical aid“ (Collins et al., 1989; Korkia et al., 1994; Vleck & Garbutt, 1998; Vleck et al., 2010). „Any injury or illness presentation by a race competitor that required treatment and/or assessment by the medical staff“ (Gosling et al., 2010). „An event taking place during training or competition since starting triathlon, which forced the athlete to stop the current training session or race. Injuries were classified in into four groups: 1. contusion/skin-abrasion, 2. muscle-/tendon-injury, 3. ligament-/capsule-injury, 4. Fracture, and included both, overuse and traumatic injuries“ (Egermann et al., 2003; Zwingenberger et al., 2014). „Any bone or soft tissue problem causing rest from usual training in any of the 3 disciplines of triathlon for at least 1 day, a decrease in training distance, taking of medicine, or seeking medical aid. An injury was defined as overuse if it did not occur from an acute traumatic event such as a twist or turn, collision or impact, or overstretch“ (Burns et al., 2003). „A triathlon-related injury is considered to be any injury that occurred while training for or racing in a triathlon or while training for or racing in an individual swimming, cycling, or running event [...] a back injury from riding too long on a bike was considered to be an overuse musculoskeletal injury; and a triathlon injury due to a fall or collision during training or racing was considered to be an

example of a traumatic musculoskeletal injury“ (Wilk et al., 1995). „A severe status was defined as a patient that was presently lying down on a stretcher and placed in the Trendelenburg position by medical staff, whereas a nonsevere injury was defined as those that did not require this level of treatment and were presently sitting up“ (Rimmer & Coniglione, 2012). „A reduction in the amount or level of sports activity, a need for medical advice or treatment, adverse social or economic effects, and a need to alter training to accommodate the injury“ (Shaw et al., 2004).

3.2.7 Differenzierungen und Veränderungen

Ein Mangel an Abgrenzungen bzw. Einteilungen (Klassen) von Alter, Geschlecht, Leistungsfähigkeiten der ProbandInnen (performance level, elite vs. age group), Training oder Wettkampf im Sinne der unterschiedlichen Ansprüche/Anforderungen (Distanzen/Bewerbe), Trainingsmittel (Aerobar), Auftreten von Verletzungen, Erlaubten/Nichterlaubten Windschattenfahrens (draft/non draft) beim Radfahren etc. machen einen objektiven Vergleich der Studien schwierig. Dies gilt auch für die Veränderungen im Regelwerk und des Leistungsniveaus (age group) im Triathlon über die letzten Jahrzehnte (Gosling et al., 2008b; Vleck, 2010a; Vleck et al., 2013).

3.2.8 Untersuchungsumfang und Beantwortungsquote

Je größer der Stichprobenumfang (Anzahl der ProbandInnen) und die Rücklaufquote sind, desto repräsentativer sind die Daten der Zielgruppe bezogen auf die ganze Population (Barclay et al., 2002). Viele Studien weisen jedoch eine geringe Anzahl an ProbandInnen oder eine niedrige Rücklaufquote auf (Egermann et al., 2003; Gabbe et al., 2003; McHardy et al., 2006). Zu den Studien mit einer geringen Anzahl an ProbandInnen gehören unter anderem Vleck et al. (2010) mit 12 und 18 männlichen Probanden in der Olympischen Distanz und Langdistanz; Vleck et al. (2003) mit 7 Probanden in der Olympischen Distanz „elite“, 11 in der Olympischen Distanz „subelite“ und 7 Probanden in der Langdistanz „age group“; Migliorini (1991) mit 21 männlichen und 3 weiblichen Probanden. Beispiele für Studien mit einer niedrigen response rate sind Gosling et al. (2010) mit 2,3 %; Villavicencio et al. (2006) mit 2,2 %; Massimino et al. (1988) mit 8 % und O'Toole et al. (1987) mit 4,6 %. Der Großteil der Rücklaufquoten in Bezug auf Triathlonverletzungen beläuft sich zwischen 29 - 72 % (Greenberg et al., 2001).

3.2.9 Risikofaktoren für Verletzungen

Die Quantifizierung von Risikofaktoren ist meist unzureichend, da sie meist auf retrospektiv erhobenen Daten beruhen. Die wenigen prospektiven Studien konnten oft diese signifikanten Zusammenhänge nicht bestätigen. Dies betrifft besonders die extrinsischen und trainingsbezogenen Faktoren für Verletzungen (Vleck, 2010a).

Tabelle 6: Übersicht wichtiger methodischer Aspekte von Triathlonstudien (modifiziert nach Vleck, 2010a, S. 296-299 und McHardy et al., 2006, S. 131)

Study	Study Design	Study Duration	Returns (%)	Event Distance	Ability Level	Subject N		Injury Definition	% Group Affected by Injury*		
						M	W		All	Traumatic/Acute	Overuse
(Levy et al., 1986a; Levy et al., 1986b)	R	1 yr	Unclear	Not clear	Triathlon club members - unclear	31	0	↓Tr,CTr, Dr, Med	90.3	-	-
(Murphy, 1986)	D	Unclear	Unclear	IR (possibly same as Massimino et al. 1998)	Mixed	Unclear		Unclear		21	
(O'Toole et al., 1987a)	R	Race medical report + 1 yr rs	4.6	IR (Hawaii 1984)	Age group-elite	35	11	Unclear	M, 76; W, 73 (1 yr)	M, 22; W, 18 (1 yr)	M, 78 ^C ; W, 82 (1 yr)
(Massimino et al., 1988)	R	Unclear	8	IR (Hawaii 1985)	Intermediate	58	23	Med	-	(22) 15	(M,78; W, 82) 85
(Williams et al., 1988)	R	Unclear	59.3	134 OD, 83 LD, 115 SD	Age group-elite	251	81	CTr; "Felt really uncomfortable in training and racing."	50.6	-	-
(Collins et al., 1989) ^a	R	1 yr and 1 race	45	OD, SD, IR race finishers	38.9% beginners, 49.4% intermediate, 11.7% elite	197	60	↓Tr, CTr, Dr, Med, Non-T	-	Excluded	49 (2.5/1,000 hr ^{PS} , 4.6/1000hr ^C)
(O'Toole et al., 1989)	R	1 yr	20	IR	Age group-elite (15% professional)	75	20	Athlete's judgement, given list of common OU injuries	91	-	91
(Jackson, 1991)	C	8 wk	-	Mixed	Age group	1	0	Clinical case study	-	-	100
(Migliorini, 1991)	R,D	3 yr	NA	OD (2 IR)	Elite-international squad	21	3	OU; clinical diagnosis	Unclear	-	-
(Korkia et al., 1994)	P	8 wk	21	11% M and 3% W long; 81% M and 87 % W short	Age group-elite	124	31	CTr ≥1 day, CR, CDF, T/OU	37	22	41% of cases
(Wilk et al., 1995)	R	1 yr	48	Unclear	Age group	41	31	TR, SB, or Ru specific overuse or traumatic injury	75 ^(75%TR, 27.8%C)	33.3	78.9
(Manninen & Kallinen, 1996)	R	1 yr	55	57% IR/HM; 43% SD + OD	Elite	70	22	Unclear (mainly lower back pain)	72 ^{MS}	Not differentiated between	

Study	Study Design	Study Duration	Returns (%)	Event Distance	Ability Level	Subject N		Injury Definition	% Group Affected by Injury*		
						M	W		All	Traumatic/Acute	Overuse
(Cipriani et al., 1998)	R	Ever?	52	Unclear (probably mixed)	Mainly intermediate	44	8	Unclear (CTr, Med?); worst injuries	64	Unclear, but most injuries were related to overtraining	≥37.5
(Vleck & Garbutt, 1998) ^b	R	5 yr	71 78 66	OD	Elite Subelite Age group	12 17 87	0 0 0	↓TR, CTr, Dr, Med	41.2 37.5 56.3		75.0 75.0 56.3
(Clements et al., 1999)	R	3 yr (in race)	58	Not stated	7 novice, 17 club, 26 age group, 7 elite	46	12	Knee injury; ↓Tr, CTr ≥2 days; clinical diagnosis in 18 subjects	34 (34.5)	-	≥27.8
(Fawkner et al., 1999)	P	18 wk	Unclear	OD-IR	-	27	29	↓Tr, CTr ≥1 day, Dr, Med	39	-	-
(Wilk et al., 2000)	C	Case study	NA	MD	Age group	1	0	Clinical examination	-	-	100
(Burns et al., 2003) ^b	R/P	6 mo PS; 10 wk C	Unclear	Competitors, Australian domestic series	Novice to elite international	91	40	↓Tr, CTr ≥1 day, Dr, Med, OU/T	50.4 ^{PS} , 37.5 ^C	32	78 ^{PS} , 2.5/1,000hr, 78 ^C , 4.6/1,000hr
(Egermann et al., 2003)	R	Since start triathlon	35	IR Europe 2000	<10, 10-12, >12hr	588	68	CTr, CR	74.8, 0.71±1.11/1,000hr		
(Vleck et al., 2003)	R ^e	5 yr	48.1-91.7	OD OD IR OD	Elite Subelite Age group Elite	7 11 7 5		↓Tr, CTr, Dr, Med	29-50 80.4		
(Sharwood et al., 2004)	O	Race	All? 12 clin.diag.	IR (2001) IR (2002)	Mixed	293 579		Clinical examination			
(Shaw et al., 2004)	R	3 seasons and recall for 1 season	55	-	62% competitive, restly mainly lower level	190	68	↓Tr, CTr, Dr, Soc/Ec	62		
(Burns et al., 2005) ^b	R/P	6 mo PS; 10 wk C	Unclear	As in Burns et al. 2003	Novice to elite	44	8	↓Tr, CTr ≥1 day, Dr, Med	50.4 ^{PS}		Unclear
(Villavicencio et al., 2006)	R	Lifetime	~2.2	Mixed	Elite Intermediate Beginners	31	56	Acute event leading to CTr ≥1 day, Dr, Med	67.8 low back pain 48.3 neck pain	62.6 66.7	37.3 33.3

Study	Study Design	Study Duration	Returns (%)	Event Distance	Ability Level	Subject N		Injury Definition	% Group Affected by Injury*		
						M	W		All	Traumatic/Acute	Overuse
(Villavicencio et al., 2007)	R	Lifetime	~4.1	Mixed	Elite Intermediate Beginners	62	102	Acute event leading to CTr ≥1 day, Dr, Med	47.6 neck pain	74.4	25.6
(Richter et al., 2007)	O	Case study	100	IR	Unclear	0	1	Clinical examination	-	-	-
(Tennant, 2007)	R	3 yr	24.2	11 SD, 3 OD, 2 ½IR	Mixed	969		Not clear	90.3		
(Gosling et al., 2010)	O	race series	2.3% of 10197 st.	6 FR, 5 SD, 1 OD	Mixed	146	74	Damage due to physical activity (race data)	2.3% of starters; 20.1/1,000hr race		
(Vleck, 2010b) ^b	R	5 yr	75 95	OD IR	Elite	12 18		↓Tr, CTr, Dr, Med	-	43.1	72.2
(Vleck et al., 2010)	R	5 yr	75 95	OD IR	Elite	12 18		↓TR, CTr, Dr, Med		43.1	72.2
(Galera et al., 2012)	R	1 yr	49.4	LD, SD	Elite Recreational Competitive	254	55	Not clear – types of injuries	52.4?	52.4	61.7-75
(Rimmer & Coniglione, 2012)	O	race	37.7 LD 10.8 MD	L, MD, LD-½ Aquabike	Unclear-Elite Non-elite	104		Not clear – types of injuries	52.5 LD 13.8 MD	-	-
(Andersen et al., 2013)	P	26 wk	63.5	LD (Norseman)	Elite Non-elite	143	31	like studies in soccer	-	7.7	92.3
(Gosling et al., 2013)	I	Group study of experts	100	-	-	12	6	-	-	-	-
(Zwillingenberger et al., 2014)	R P	1yr R 1 yr P	20.2 4.3	SD, OD, MD, LD	Non-professionals	169 40	43 9	as in Eggermann et al., (2003)	47.6 110.2	71 30	29 70

* percentage of injured subjects; C = competition related; CDF = cessation of daily function; clin.diag. = clinical diagnosis; CR = cessation of racing; CTr = cessation of training; D = descriptive; Dr = seeking medical aid; FR = fun race; HM = half-marathon; hr = hours; I = interview; IR = Ironman; ½IR = ½ Ironman; LD = long distance; M = men; MD = middle distance; Med = taking medication; mo = month; MS = musculoskeletal; NA = not applicable; Non-T = nontraumatic; O = observational; OD = Olympic distance; OU = overuse; P = prospective; PS = preseason; R = retrospective; rs = retrospectively; Ru = running; SB = swimming and cycling; SD = sprint distance; Soc/Ec = social or economic cost; st. = starters; T = traumatic; TR = training-related; ↓Tr = decreased training; W = women; wk = week; yr = year.

a = rates estimated retrospectively and unlikely to be strictly comparable because of differing recall periods.

b = same methods of retrospective data collection & analysis used in both papers from this group.

4 Literaturüberblick

In diesem Kapitel wird die Literatur zu Verletzungen und Schmerzen im Triathlon analysiert. Die Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen werden aus Sicht des gesamten Triathlons und der jeweiligen Einzelsportart beschrieben. Zunächst wird jedoch im nachstehenden Unterkapitel 4.1 auf die Anforderungen an die TriathletInnen und deren Besonderheiten sowie generell auf den Triathlon in Bezug auf Verletzungen eingegangen. Nachstehende Abbildung 13 verschafft einen Überblick über das Kapitel 4.

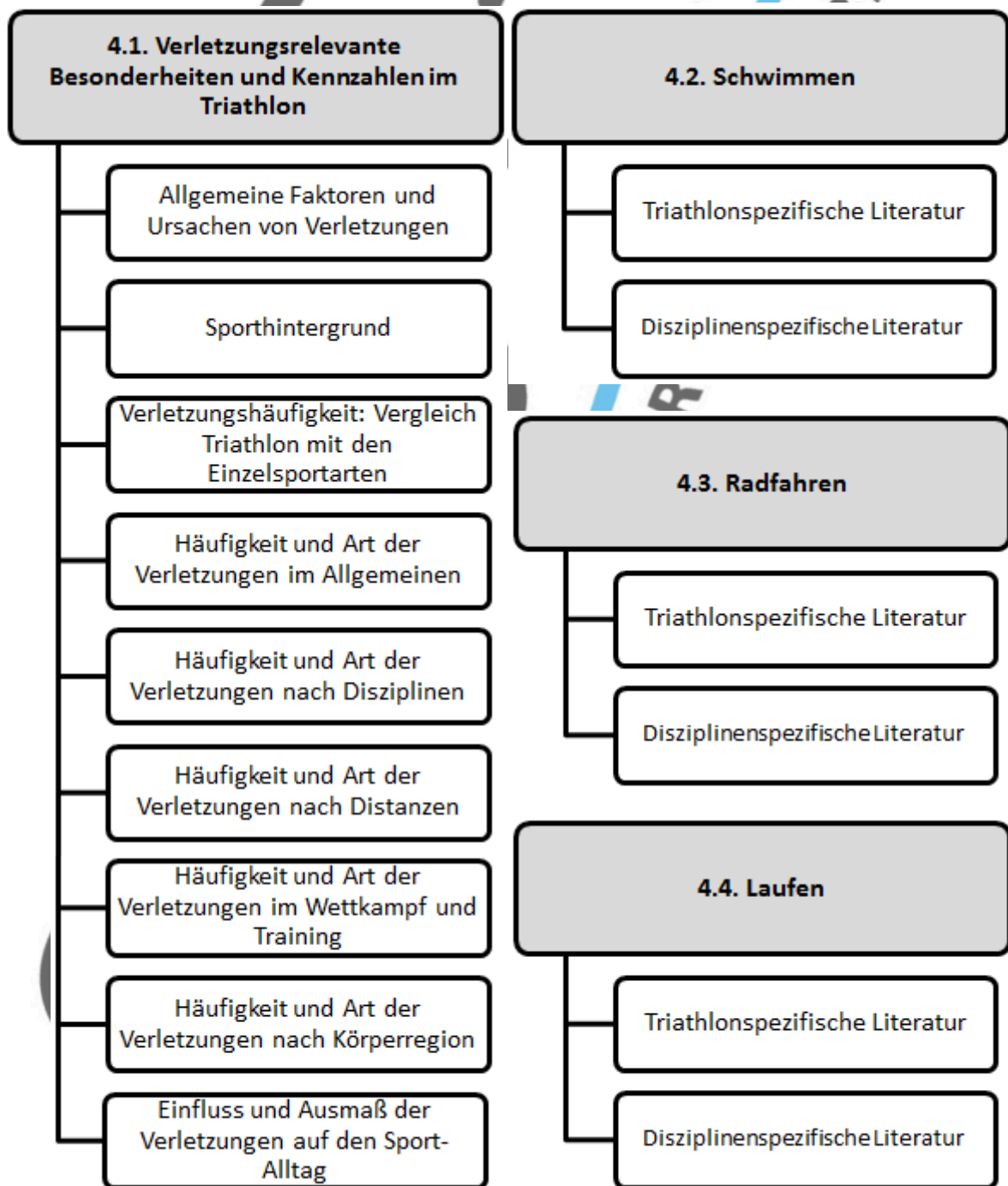


Abbildung 13: Übersicht der Gliederung des Kapitels 4

4.1 Verletzungsrelevante Besonderheiten und Kennzahlen im Triathlon

In den nachstehenden Unterkapiteln 4.1.1 bis 4.1.9 wird ein Überblick über verletzungsrelevante Merkmale und Kennzahlen im Triathlon gegeben. Die gesammelten Informationen der Triathlonliteratur helfen, die Leistungsanforderungen an den Triathleten/die Triathletin besser zu verstehen sowie sich ein ausreichendes Fachwissen über die Zusammenhänge wichtiger leistungsbestimmender und verletzungsfördernder Faktoren anzueignen.

4.1.1 Allgemeine Faktoren und Ursachen von Verletzungen

Ertrinken oder belastungsinduziertes Asthma (Knöpfli et al., 2007), Bienenstich- oder Quallenallergie (Gosling et al., 2008b), Herzbeschwerden (Haykowsky et al., 2001), Radfahrunfälle, belastungsbezogene Hitze- und Hydrationsbeschwerden (O'Toole et al., 1987a) sowie respiratorisches und hämodynamisches Versagen (Richter et al., 2007) geschehen während des Trainings und des Wettkampfs. Dies ist gewöhnlich als Folge von Fehlern in der Geschwindigkeitsanpassung ohne Geschwindigkeitslimits bei speziellen Umweltbedingungen (Massimino et al., 1988; O'Toole et al., 1987a) und von einer unangemessenen Einführung technischer Richtlinien (Mitchell M, 2002) oder Sicherheitsvorsichtsmaßnahmen zu werten (Vleck, 2010a).

Wasser- und Lufttemperatur sind die verleitenden Faktoren für Wärme- und Kälteverletzungen (Dallam et al., 2005) sowie Radstürze (Migliorini, 2000) und -kollisionen (Gosling et al., 2010) für riskant und waghalsig herbeigeführte Verletzungen. Die ansteigende Müdigkeit, besonders während eines Wettkampfs (Dallam et al., 2005; Gosling et al., 2010), sowie eine unangemessene Steigerung der Trainingsbelastung und des Verhältnisses von Stress und Erholung tragen zur Entstehung von Verletzungen bei (Vleck, 2010b, S. 55f.).

Beim Auftreten von Verletzungen wird zwischen intrinsischen und extrinsischen Faktoren unterschieden. Diese können Ursachen wie eine Entzündung der Supraspinatussehne oder des Bursa subacromialis hervorrufen und folglich Schmerzen und ein Beschwerdebild eines Impingements in der Schulter hervorrufen.

Intrinsische Faktoren

Unter den sogenannten intrinsischen Faktoren sind alle inhärenten Eigenschaften eines Athleten/einer Athletin zu verstehen. Damit sind die internen, personenabhängigen Faktoren gemeint. Diese spiegeln die individuellen, biologischen und psychosozialen Eigenheiten einer Person wider. Darunter sind unter anderem Muskeldysbalancen, Ernährung, vorhergehende Verletzungen und Fußdeformitäten wie Platt- und Hohlfuß zu zählen (Camathias & Valderabbano, 2009, S. 256-257; van Mechelen et al., 1992).

Unter der Prämisse, dass verletzte TriathletInnen eher dazu neigen, ihr Training zu modifizieren als zu stoppen und medizinische Aufmerksamkeit oder Hilfeleistungen zu

meiden, korrelieren vorige Verletzungen mit dem Aufkommen von neuen Verletzungen signifikant (Burns et al., 2003; Migliorini, 1991; O'Toole et al., 1989). Die vorherigen Verletzungen stellen laut den angeführten AutorInnen den häufigsten intrinsischen Faktor für Überlastungsverletzungen dar.

In Zusammenhang mit der kumulierenden Stress-Hypothese (Cipriani et al., 1998; Massimino et al., 1988; O'Toole et al., 2001) verbinden einige AutorInnen das Auftreten von Verletzungen in einer Körperregion mit jenen einer anderen Region einerseits (O'Toole et al., 1989; Vleck & Garbutt, 1998) und andererseits mit dem Training in mehr als nur in einer Disziplin (Vleck et al., 2003).

Extrinsische Faktoren

Die extrinsischen Faktoren sind alle Eigenschaften, die von dem Athlet, der Athletin unabhängig sind. Diese externen Faktoren betreffen alle Formen der Trainingssteuerung oder sind von der Umwelt abhängig. Die Faktoren Trainingseinheiten, Klima, Aufwärmen, Schuhwerk ... sind unter anderem zu dieser Gruppe zu zählen (Camathias & Valderabbano, 2009, S. 256-257; van Mechelen et al., 1992).

Obwohl der unangemessene Anstieg der Trainingsintensität und des -volumens Verletzungen beeinflussen, ist die Forschung zum Verletzungsauftreten in Verbindung mit Trainingstress fragwürdig (Vleck, 2010a). Dies ist auf den Mangel an Qualität der Studien zurückzuführen (siehe Kapitel 3.2). Hügelwiederholungstraining und hohe Intensitäten beim Radfahren und Laufen fördern das Auftreten von Überbelastungsbeschwerden mehr als alle andere Trainingsmethoden. Dabei sind sowohl der Anteil an der gesamten Trainingszeit als auch die Anzahl der Einheiten dieses Trainings in Betracht zu ziehen (Vleck et al., 2013).

Zusammenfassung der Faktoren

Nachstehend werden zuerst einige in der Triathlonliteratur häufig erwähnte Faktoren und deren Einfluss auf Verletzungen im Triathlon angeführt. In Tabelle 7 wird ein Überblick über diese verschafft, wobei nur diejenigen Studien bei den jeweiligen Faktoren vermerkt werden, bei denen auch der jeweilige Faktor auf seinen Einfluss auf Verletzungen überprüft wurde. Die Studien, die rein Häufigkeitsanalysen bestimmter Faktoren durchführten, wurden in der Tabelle nicht vermerkt. Die themenrelevanten Faktoren, besonders diejenigen, die Überbelastungsverletzungen beeinflussen, werden gesondert nach den jeweiligen Disziplinen in den Kapiteln 4.2 bis 4.4 und 7 erläutert. Des Weiteren werden kurz die thermalen Verletzungen beschrieben, da aufgrund der Themenstellung auf diese nicht weiter in den Kapiteln 4.2 bis 4.4 und 7 eingegangen wird.

Tabelle 7: Überblick häufig untersuchter Risikofaktoren und deren Einfluss auf Triathlonverletzungen (modifiziert nach Gosling et al., 2008a, S. 403 und Vleck, 2010a, S. 312-316)

Risikofaktoren	AutorInnen	Nachweis
Intrinsisch		
Alter	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 19, 23, 24	±
Geschlecht	1, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 19, 23	±
Anthropometrische Merkmale	1, 2, 6, 7, 8, 9, 22, 23	±
Triathlon(wettkampf)erfahrung	1, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 14, 16, 19, 22, 23	±
Vorangegangene Verletzung	1, 4, 7, 8, 10, 15, 22, 23	+
Sporthintergrund	6, 8, 11	±
Rad- und Aeroposition	6, 7	-
Athletenstatus/Leistungsniveau	1, 3, 5, 6, 8, 9, 19, 23	±
Bestzeit	1, 5, 6, 9, 23	-
Berufsaktivität	7	-
Extrinsisch		
Trainingsstunden pro Woche	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 16, 17, 19, 22, 23, 24	±
Schwimmstunden	6, 8	
Radstunden	6, 7, 8	
Laufstunden	4, 6, 8	
Schwimmzeit	13, 8	-
Radzeit	7, 8, 13, 18	±
Laufzeit	8, 13	-
Trainingsdistanz pro Woche	5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 24	±
Schwimmkilometer	6, 8, 9, 24	±
Radkilometer	6, 8, 9, 11, 24	±
Laufkilometer	4, 8, 9, 18, 24	±
Trainingseinheiten pro Woche	6, 8, 22	
Schwimmeinheiten	6, 8	-
Radeinheiten	6, 8, 22	-
Lafeinheiten	6, 8, 22	±
Trainingsintensität	6, 7, 8, 10, 12, 22	±
Steigerung des Trainingsvolumens	6, 8	±
Präsenz eines Trainers	5, 9, 16, 19	-
Medizinische Betreuung	5, 9, 19	-
Ausmaß und Spezifität von Coaching	5, 6, 9, 19	-
Auf- und Abwärmen	4, 8, 13, 22, 24	-
Dehnen	7, 8, 13, 10, 12, 22, 24	-
Krafttraining	7, 8, 9	-
Laufuntergrund	7, 8	-
Distanz bei Triathlonbewerben	8, 11, 16	±

Anzahl an Rennen pro Jahr		1, 23, 24		-	
Andere Sportarten		7, 9		±	
+ = steigend		± = möglich/zwiespältig		- = nicht steigend	
1: Villavicencio et al. (2006)	R	2: Burns et al. (2005)	R,P	3: Shaw et al. (2004)	R
4: Burns et al. (2003)	R,P	5: Egermann et al. (2003)	R	6: Vleck & Garbutt (1998)	R
7: Manninen & Kallinen (1996)	R	8: Korkia et al. (1994)	P	9: Collins et al. (1989)	R
10: O'Toole et al. (1989)	R	11: Williams et al. (1988)	R	12: Massimino et al. (1988)	R
13: Ireland & Michelli (1987)	R	14: Vleck (2010b)	R,P	15: Migliorini (1991)	R,D
16: Gosling et al. (2010)	C	17: Murphy (1986)	D	18: Tennant (2007)	R
19: Zwingenberger et al. (2014)	R,P	20: Rimmer & Coniglione (2012)	C	21: Andersen et al. (2013)	P
22: Vleck et al. (2010)		23: Villavicencio et al. (2006)	R	24: Galera et al. (2012)	R
C = wettkampfbezogen		D = deskriptiv		P = prospektiv	
				R = retrospektiv	

Obwohl der Fokus auf Training und Wettkampf, besonders die Auswahl der Distanzen, mit dem Alter und den Jahren an Wettkampferfahrung wechselt, ist der Triathlet, die Triathletin, egal in welchem Lebensabschnitt, auf die Leistung im jeweiligen Bewerb fokussiert. Diesbezüglich müssen einige in- und extrinsische Unterschiede zwischen Kurz- und LangdistanztriathletInnen in Betracht gezogen werden. Jedoch herrscht Unklarheit, in welchem Ausmaß diese Unterschiede die Höhe, die Verteilung und den Schweregrad trainingsbezogener Verletzungen letztlich beeinflussen (Vleck et al., 2013). Die unterschiedlichen Belastungszeiten und -intensitäten der AthletInnen wirken sich jedoch unterschiedlich auf deren Verletzungsprofil aus (Laursen et al., 2006; Taylor et al., 2012).

Die hohe Anzahl an Trainingsstunden und die Anzahl der Jahre an Trainingserfahrung fördern Überlastungsverletzungen (Burns et al., 2003; Gosling et al., 2008a; Vleck & Garbutt, 1998). Galera et al. (2012) bestätigte, dass hohes Trainingsvolumen gesamt und in den jeweiligen drei Disziplinen vor allem muskuläre Verletzungen verursacht.

Unerfahrene (Williams et al., 1988), Elite- (Shaw et al., 2004) und AthletInnen mit längeren Trainingsprofilen und/oder höherem Trainingsvolumen (Korkia et al., 1994; Shaw et al., 2004; Vleck & Garbutt, 1998) wurden mit gesteigerten Verletzungsraten in Verbindung gebracht.

Zwingenberger et al. (2014) konnten in ihrer Studie nur Trends und keine signifikante Steigerung von Verletzungen durch die jeweiligen Faktoren erkennen. Männer sowie AthletInnen mit höherem Leistungslevel und mehr als zehn Trainingsstunden pro Woche wurden angeführt. Alter sowie Anwesenheit von TrainerInnen, SportmedizinerInnen und PhysiotherapeutInnen hatten keinen Einfluss. Collins et al. (1989) fanden ebenfalls keinen Einfluss von Alter, Geschlecht und zurückgelegter Distanz beim Training. Rimmer und Coniglione (2012) vermerkten, dass „non-elite“-LangdistanzathletInnen erhöhte Verletzungsraten aufweisen als „elite“-LangdistanzathletInnen.

Über die Faktoren Auf- und Abwärmen und Dehnen wurden unterschiedliche Ergebnisse angeführt. Galera et al. (2012) vermerkten, dass verletzte AthletInnen weniger Zeit dafür aufbringen als ihre gesunden KollegInnen. Dies traf besonders auf Sehnenüberlastungen aber nicht auf muskuläre Verletzungen zu. Ein Trend war bei Burns et al. (2003) in der Vorsaison, jedoch nicht in der Wettkampfsaison zu erkennen. AthletInnen, die sich nie auf-

und abwärmten, waren häufiger verletzt als jene, die ständig Auf- und Abwärmübungen durchführten. Vleck et al. (2010) fanden keinen Zusammenhang, aber die AthletInnen der Olympischen Distanz dehnten sich weniger als ihre KollegInnen der Langdistanz und hatten auch mehr Achillessehnenbeschwerden.

Des Weiteren stellt die Teilnahme an Wettkämpfen den Hauptrisikofaktor für Verletzungen dar. Eine Erklärung dafür finden Zwingenberger et al. (2014) in einem hoch aktivierten sympathischen Nervensystem, welches die AthletInnen während des Bewerbes ihr Körperempfinden und den Schmerz mehr als im Training ignorieren lässt.

Die drei prospektiven Studien Burns et al. (2003), Burns et al. (2005) und Korkia et al. (1994) fanden signifikante Zusammenhänge zwischen potentiellen Risikofaktoren und den Verletzungen im Triathlon. Diese waren jedoch limitiert auf vorangegangene Verletzungen, Jahre der Triathlon(wettkampf)erfahrung, erhöhte Laufstunden in der Vorsaison und supinierte Fußstellung. Keine prospektive Studie konnte jedoch einen signifikanten Einfluss von Alter, Geschlecht, anthropometrischen Merkmalen, Trainingsvolumen (Trainingsstunden- und einheiten), Auf- und Abwärmen, Dehnen, Laufuntergrund und Distanz bei Triathlonbewerben auf das Verletzungsrisiko aufzeigen.

Widersprüchliche Ergebnisse zu möglichen Risikofaktoren für das Erleiden von trainingsbezogenen Triathlonverletzungen erzielten Studien, die die Faktoren Alter, Geschlecht, anthropometrische Merkmale, Biomechanik, Trainingsvolumen, Athletenstatus, Distanz bei Triathlonbewerben und Ausüben anderer Sportarten und Triathlon(wettkampf)erfahrung untersuchten. (Gosling et al., 2008a).

Eine andere Vorgangsweise zu den Studien über Verletzungen im Triathlon stellt eine in Australien durchgeführte Stakeholderanalyse über das Wahrnehmen von Risiko und Sicherheit im Triathlonwettkampf dar. 18 TeilnehmerInnen, bestehend aus WettkampforganisatorInnen, TrainerInnen und WettkampfteilnehmerInnen unterschiedlichen Alters, Geschlechts sowie Leistungs- und Erfahrungsniveaus, untersuchten die Faktoren, die am meisten zu Verletzungen im Triathlon führen. Dabei wurden die Themengebiete „injury events“, „environmental factors“, „competitorrelated factors“, „race sections“ und „race management“ analysiert. Als Hauptfaktoren kristallisierten sich der Radabschnitt sowie die Verengung der Strecke bzw. Verdichtung der TeilnehmerInnen („competitor funneling“) und Kurvensituationen (Eckstrukturen) besonders beim Radfahren heraus. Des Weiteren wurde die Erfahrung der AthletInnen während des ganzen Wettkampfs mit all seinen speziellen Anforderungen genannt. In dem Zusammenhang stand auch die Tatsache, dass erfahrene und unerfahrene TriathletInnen zugleich in einem Rennen starten. Dabei führt das Überholen beim Radfahren und das „Überschwimmen“ auf der Schwimmstrecke sowie das Auf- und Absteigen unerfahrener StarterInnen beim Radfahren zu Problemen (Gosling et al., 2013).

Vergleich der Leistungslevel bei Kurzstanz- und LangstanzathletInnen

Egermann et al. (2003) vermerkten in ihrer retrospektiven Studie von Langstanz-triathletInnen, in welcher die gesamte Triathlonlaufbahn der AthletInnen einbezogen wurde, dass die Faktoren Alter, Leistungslevel und wöchentliche Anzahl an Trainingsstunden das Auftreten von Verletzungen im Triathlon beeinflussen. Dies trifft jedoch nicht auf das Geschlecht sowie auf die Anwesenheit eines Trainers/Coach und einer medizinischen Betreuung zu. Die AthletInnen wurden in die Klassen „high“- „middle“- und „low“-performance mit unter 10 h, 10 - 12 h und über 12 h eingeteilt. Je besser die Endzeit bzw. je höher das Leistungslevel war, desto höher war das Verletzungsrisiko. „Highperformance“-TriathletInnen mit einer Endzeit unter zehn Stunden hatten außerdem mehr Rad- und Laufstürze als ihre KollegInnen schwächerer Leistungsklassen zu verzeichnen. Eine höhere Anzahl an Trainingsstunden der „highperformance“-TriathletInnen war nicht dafür ausschlaggebend, da die drei Gruppen sich diesbezüglich nicht unterschieden. Höheres Risiko und höhere Geschwindigkeit dürfte ausschlaggebend für die höhere Verletzungsprävalenz der „highperformance“-Klasse sein. Eine höhere Anzahl an wöchentlichen Trainingsstunden begünstigte allgemein aber das Auftreten von Stürzen. Des Weiteren litten „highperformance“-AthletInnen häufiger unter Verletzungen im Allgemeinen sowie im Speziellen unter Prellungen/Abschürfungen, Muskel-/Sehnenverletzungen und chronischen Achillessehnschmerzen. Chronische Schulterbeschwerden waren bei den AthletInnen unter 30 Jahren höher als bei den älteren Gruppen, chronische Rückenbeschwerden hingegen bei jenen mit mehr als 20 Trainingsstunden. Unterschiede im Verletzungsmuster, dass ältere TriathletInnen mehr Frakturen und jüngere mehr Prellungen/Abschürfungen aufweisen, könnte auf die verminderte Flexibilität, Koordination und Motorik der älteren Semester zurückzuführen sein. Das Alter hingegen wirkte sich nicht auf die Anzahl der Rad- und Laufstürze aus.

Vleck und Garbutt (1998) analysierten in ihrer fünf Jahre retrospektiven Studie die Charakteristiken von drei verschiedenen Leistungsklassen, Elite-, Developmental- und Club-level, von männlichen Triathleten der Olympischen Distanz. Die Gruppen unterschieden sich hinsichtlich der Trainingsdistanz und -dauer sowie der Anzahl der Einheiten. Dies galt nicht für die Jahre als aktiver Triathlet, die Lauferfahrung sowie für das Auftreten, Verteilung und Schweregrad der Verletzungen, siehe Tabelle 17. Das Lauftraining war für die meisten Verletzungen der Athleten und für die höchste Anzahl an Verletzungen je Gruppe ausschlaggebend. Je mehr Elite-Level die Athleten aufwiesen, desto wahrscheinlicher waren atraumatische und traumatische Verletzungen. Elite-Athleten wiesen Werte von 75,0 % und 41,2 %, Developmental-Athleten ein Ausmaß von 75 % und 37,5 % und Club-Level-Athleten von 56,3 % und 56,3 % auf. Dafür nahm die Anzahl an betroffenen Körperregionen nach Disziplinen und der pausierten Tage in den Disziplinen mit dem Leistungsniveau ab.

Temperaturbedingte Verletzungen

Training und Wettkampf unter extrem warmen Bedingungen können große Probleme für die AthleInnen verursachen. Weniger als 25 % der aufgewendeten Energie während des Trainings oder Wettkampfs wird letztlich in die Bewegung transformiert, der Rest

resultiert in Wärme. Zum Beispiel steigert ein Triathlet, eine Triathletin seine/ihre Wärmeproduktion um das 3- bis 4-fache bei einer Leistung von 80 % der VO_2max (Nielsen, 1996). Dehydrationserscheinungen kommen in allen Triathlonbewerben vor, jedoch treten diese und die Hyponatriämie bei Langdistanzbewerben am häufigsten auf (Kerr et al., 1998). Bei Mittel- und Langdistanzwettbewerben stellen in der Studie von Rimmer und Coniglione (2012) Dehydration (50,8 % und 37,7 %) und Muskelkrämpfe (36,1 % und 38,9 %) sowie bei Landistanzrennen in der Studie von Hiller et al. (1987) Dehydrations- und Erschöpfungszustände mit 58 - 72 % die häufigsten primären medizinischen Diagnosen dar. Ebenfalls bestätigten Holtzhausen und Noakes (1997), dass Dehydration mit 52 % die häufigste primäre Diagnose bei Ultraausdauer-AthletInnen ist.

Lediglich Rimmer und Coniglione (2012) und Gosling et al. (2010) berücksichtigten Wetterverhältnisse wie unter anderem Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind. Diese essentiellen Informationen für das Auftreten von Verletzungen wurden in ihren Wettkampfstudien miteinbezogen.

Ideale Bedingungen für einen Triathlon sind Temperaturen um die 10° Celsius, moderate Luftfeuchtigkeit, bedeckter Himmel und eine sanfte Brise. Solche Verhältnisse bei einem Triathlonbewerb vorzufinden, ist jedoch sehr selten der Fall (Coyle, 2000).

Sogenannte Hitzeverletzungen kommen besonders unter extremer Hitze und Luftfeuchtigkeit meist in den drei Formen Hitzekrampf, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag zum Ausdruck (Gosling et al., 2010; Migliorini, 2011).

Bewegungsbedingter Kollaps ist die häufigste Ursache für Behandlungen von AthletInnen im Sanitätsbereich nach einem Triathlonbewerb. Generell kann ein Kollaps in einem Ausdauerwettbewerb einer Unzahl an Faktoren wie Hyperthermie, Hypothermie, posturale Hypotonie und Dehydration zugeschrieben werden (Gosling et al., 2010). 71 % aller medizinischen Hilfeleistungen bei Ultraausdauer-Triathlons fanden an der Ziellinie statt und waren auf Dehydration und erschöpfungsbedingte Faktoren zurückzuführen (Laird, 1989).

Dehydration ist das Verlieren von Wasser aufgrund exzessiven Schwitzens während einer Betätigung (Kerr et al., 1998). Sie führt zu einem Absinken der maximalen aeroben Leistung sowie der physischen Leistungskapazität und verursacht Krämpfe, Erschöpfung und in schwerwiegenden Fällen Hyperthermie (Sawka, 1992).

Hyperthermie ist die unphysiologische Überwärmung des Körpers gegen die Tendenz des Wärmeregulationszentrums (Laird, 1989).

Hypothermie beeinflusst kardiovaskuläre, respiratorische und neuromuskuläre Systeme und entsteht, wenn die Körpertemperatur soweit sinkt, dass die Körperfunktion dadurch beeinträchtigt wird. Kaltes Wasser und langes Ausharren bei Wind sind die meist vorangehenden Faktoren dafür (Migliorini, 2011).

Hyponatriämie ist ein ernstzunehmender Zustand, bei dem die Konzentration von Natrium im Blut unter 135 mmol/L sinkt (Hiller, 1989; Montain et al., 2001; Speedy et al., 1997). Exzessive Zunahme von Wasser führt zu einer Wasservergiftung, belastet die Nieren und verursacht einen Verlust an Mineralsalzen. Symptome von milder Hyponatriämie sind nicht spezifisch und beinhalten Unwohlsein, Verwirrtheit, Übelkeit und Müdigkeit. Spezifischere Symptome bei schwerwiegender, unbehandelter Hyponatriämie sind Krämpfe/Anfälle, Koma, Lungenödem und letztendlich der Tod (Montain et al., 2001).

Rhabdomyolyse, die Auflösung quergestreifter Muskelfasern, kommt häufig nach einem Triathlonbewerb vor. Die Veränderungen der Creatinphosphokinase (CPK) sind geringer nach einem Olympischen Distanz-Bewerb als im Vergleich zu einem Marathon (Migliorini, 1991). Iwane (1984) stellte die Veränderung der CK-Werte nach einem Langdistanzbewerb mit denen nach einem Marathon gegenüber, mit dem Ergebnis, dass die Werte jeweils um das 11,9- und 2-fache anstiegen. Die Verbindung von belastungsbedingter Rhabdomyolyse mit Dehydration und Hyperthermie basierend auf Erschöpfung oder Hitzeschlag kann in einigen Fällen akutes Nierenversagen verursachen. Glücklicherweise führen nur 5 - 7 % aller Rhabdomyolyse-Fälle zu einem Nierenversagen, welches öfters den Anspruch einer Dialyse verlangt und in wenigen Fällen zum Tod führt. In Italien ist bis dato nur ein Fall eines akuten Nierenversagens nach einem Duathlonrennen bekannt (Migliorini, 2011).

Kona Ironman Hawaii

Die Ironman-Weltmeisterschaft auf Hawaii stellt aufgrund der dort vorherrschenden Klimabedingungen mit extremer Hitze und Wind einen der härtesten Triathlon-Langdistanz- und Ausdauerwettkämpfen überhaupt dar. Im Vergleich zu den zuvor erwähnten Faktoren kam es in der Geschichte der Weltmeisterschaft auf der Schwimmstrecke nie zu einem Todesfall, obwohl dieser generell als der tödlichste Abschnitt eines Bewerbes (Ertrinken) gilt. Hornhautablösungen, Erschöpfungszustände, Quallenstiche mit seltener Anaphylaxie, geringe Fälle der Hypothermie und drei Ereignisse mit Lungenödem waren bis dato beim Schwimmen auf Hawaii zu verzeichnen. Die Radstrecke beinhaltet aufgrund der Natur dieser Disziplin und der starken Winde im Bereich der Vulkane Mauna Loa und Mauna Kea großes Risiko. Radzusammenstöße kommen aufgrund des Windschattenverbotes und des hohen radfahrtechnischen Niveaus der TriathletInnen – Vorselektion für die Weltmeisterschaft – sehr selten vor. Jedoch ist meist auf der Radstrecke der Beginn des Dehydrationsprozesses, der beim Laufen zum Vorschein kommt, zu verzeichnen. Grund dafür sind die Bedingungen mit starken Winden und hoher Hitze, welche die AthletInnen dazu veranlassen, zu wenig zu trinken und den Wasserverlust im Körper zu unterschätzen. Das Laufen stellt den schwierigsten Teil des Wettkampfes dar und hat die meisten Ausfälle zu verzeichnen. Dehydration und Erschöpfung sind die Hauptursachen, wobei auch ernste Fälle wie Nierensteine, Ischämie des Darms und Infarkte vorkommen. AthletInnen, die auf der Strecke kollabieren, haben ein deutlich höheres Risiko krank zu sein als jene, die nach der Ziellinie kollabieren. 85 % der TriathletInnen, die den Sanitätsbereich im Ziel aufsuchen, weisen erhebliche Beschwerden wie unter anderem Hyponatremie auf. Hyponatremie ist sowohl auf Unter-

und Überhydration zurückzuführen. Die meisten Diagnosen, die einen Transport in die örtliche Notaufnahme veranlassen, sind Herzbeschwerden, Traumata mit benötigten Röntgenuntersuchungen, Nähen von Wunden und anhaltende Veränderung des mentalen Zustandes mit oder ohne Elektrolytabnormalitäten. Ein Krankenhausaufenthalt von mehr als 24 Stunden kommt kaum vor (Laird & Johnson, 2012).

4.1.2 Sporthintergrund

Einer der Gründe, warum SportlerInnen Triathlon ausüben, ist die geringere Verletzungsgefahr als beim Langstreckenlauf. Des Weiteren half dieser Sport aufgrund der Abwechslung und Kombination mehrerer Sportarten ehemaligen LäuferInnen, zu ihrem Sport zurückzukehren und bot eine angemessene Alternative zum Laufen (Migliorini, 1991; Migliorini, 2000).

20 % der TriathletInnen kommen vom Schwimmen, 10 % vom Radfahren und die Hälfte vom Laufen (Laurenson et al., 1993; O'Toole et al., 1989; Townsend, 1995). Korkia et al. (1994) kommen in ihrer prospektiven Studie auf Werte von 19 %, 10 % und 47 %, Manninen und Kallinen (1996) auf 12 %, 4 % und 27 %. In der Langdistanzstudie von Egermann et al. (2003) hatten 12,4 % der AthletInnen ihre Wurzeln beim Schwimmen, 37,3 % beim Radfahren und mehr als die Hälfte beim Laufen. In der nachstehenden Tabelle 8 werden diese Werte nochmals zusammengefasst.

Tabelle 8: Anteil (%) der TriathletInnen nach der vor ihrer Triathlonkarriere ausgeübten Sportart

AutorInnen	Schwimmen	Radfahren	Laufen
O'Toole et al. (1989)*			
Townsend (1995)*	20	10	50
Laurenson et al. (1993)*			
Collins et al. (1989)	32,6	6,2	53,3
Korkia et al. (1994)	19	10	47
Manninen & Kallinen (1996)	12	4	27
Egermann et al. (2003)**	10,5	12,4	37,3

* restlicher Teil von anderen Sportarten

** 50% der TriathletInnen, restlicher Teil von der Leichtathletik und von Mannschaftssportarten

4.1.3 Verletzungshäufigkeit: Vergleich Triathlon mit den Einzelsportarten

Levy et al. (1986a) und Levy et al. (1986b) behaupten, dass das Auftreten von Verletzungen bei TriathletInnen geringer ist als bei den reinen LaufspezialistInnen und höher als bei den reinen Schwimm- und RadfahrerspezialistInnen. O'Toole et al. (1987) hingegen ist der Meinung, dass die Kombination der drei Disziplinen im Triathlon das Auftreten von Überlastungsverletzungen im Vergleich zu den reinen LäuferInnen reduziert. Als Grund dafür nannte man die Aufteilung des Stresses auf mehrere Bereiche des Körpers und die einhergehende Korrektur der Muskelimbalance. Gosling et al. (2008a), Burns et al. (2003), Cipriani et al. (1998) und Korkia et al. (1994) wiederum

gehen von einer Verletzungshäufigkeit ähnlich jener der reinen LäuferInnen aus und vermerken, dass Überbelastungsverletzungen bei TriathletInnen häufiger auftreten als bei den reinen RadfahrerInnen und SchwimmerInnen. Als Gründe werden von Tuite (2010) das höhere Trainingsvolumen sowie mangelnde Technik und schlechteres Equipment angeführt. Gosling et al. (2008a) erwähnten, dass die Variabilität hinsichtlich der Werte des Auftretens von Verletzungen bei TriathletInnen unklar ist.

In einer aktuellen 12-monatigen retrospektiven Studie von Zwingenberger et al. (2014) weisen TriathletInnen generell eine hohe Anzahl an Trainingsstunden pro Jahr auf und haben eine relativ geringe Verletzungsrate von 0,92 Verletzungen pro 1000 Stunden. Sie stellten ähnliche Fragen bezüglich traumatischer und atraumatischer Verletzungen wie Ristolainen et al. (2010), die verschiedene Sportarten untersuchten. Daher lassen sich die Ergebnisse von Zwingenberger et al. (2014) und Ristolainen et al. (2010) vergleichen. Auf Basis vergleichbarer Trainings- und Wettkampfstunden und bezogen auf 1000 Stunden hatten Ski-LangläuferInnen eine 2,2-fach (weiblich: 2,3; männlich: 1,8), SchwimmerInnen eine 2,8-fach (weiblich: 1,9; männlich: 3,3), Langdistanz-LäuferInnen eine 3-fach (weiblich: 2,5; männlich: 3,2) und FußballspielerInnen eine 3,3-fach (weiblich: 3,3; männlich: 2,9) höhere Verletzungsrate als die TriathletInnen bei Zwingenberger et al. (2014). Als Gründe für die geringe Verletzungsrate der TriathletInnen werden – wie bei O'Toole et al. (1987) – die Aufteilung des Stresses auf mehrere Bereiche des Körpers und die einhergehende Korrektur der Muskelimbalance genannt.

Triathlon nimmt aufgrund der drei Disziplinen und deren Kombination eine einzigartige Stellung im Bezug auf Verletzungen ein. Die TriathletInnen haben im Vergleich zu den SpezialistInnen aufgrund des multidisziplinären Charakters ihrer Sportart die Möglichkeit, im verletzten Zustand Pausen ausweichen zu können und ein sportspezifisches Training aufrechtzuerhalten. Dadurch sind sie, nicht so schnell einer völligen Trainingspause ausgeliefert, oder sie werden eher dazu verleitet, Pausen zu vermeiden. Damit ist gemeint, dass zum Beispiel Verletzungen, die ein Lauftraining unmöglich machen, ein Rad- und Schwimmtraining jedoch zulassen. Letztendlich, wenn das Radfahren auch Probleme bereitet, bleibt noch immer das Schwimmen übrig (Strock et al., 2006).

Wie mittels Erhebung durch Fragebogen und mündlichen Befragungen festgestellt, setzen TriathletInnen ihr Training trotz Verletzungen fort. Sie reagieren auf eine Verletzung in einer Disziplin, indem sie mehr als üblich in den beiden verbleibenden Disziplinen trainieren (Cipriani et al., 1998; Korkia et al., 1994; O'Toole et al., 1987b; Villavicencio et al., 2006; Vleck et al., 2010; Vleck, 2010b, S. 89ff.; Wilk et al., 1995; Wilk et al., 2000). Nur eine Studie von Vleck et al. (2010) führte diesbezüglich Werte, die 16 % der Athleten der Kurz- und 16,7 % der Langdistanz betreffen, an. Besonders diejenigen TriathletInnen, die ein geringeres Schmerzempfinden als SchwimmerInnen und LäuferInnen haben, neigen zu diesem Verhalten (Clingman & Hilliard, 1987).

Die Behauptung, dass TriathletInnen bei einer Verletzung in einer Disziplin derart reagieren, dass sie mehr als üblich in den beiden verbleibenden Disziplinen trainieren, wurde in einigen Studien (Cipriani et al., 1998; O'Toole et al., 1987b; Villavicencio et al.,

2006; Vleck, 2010b, S. 89ff.) aufgegriffen. Das Ausmaß, in dem dieses Phänomen tatsächlich stattfindet, wird nicht diskutiert (Vleck et al., 2013).

Die Neigung, durch Verletzungen erzwungene Trainingspausen zu umgehen und ein nicht mögliches Training einer Disziplin in den anderen Disziplinen zu kompensieren, könnte sich auf die vollständige Rehabilitation negativ auswirken und die Wiederkehr derselben Verletzung provozieren (Noack, 2008 zit. n. Vleck, 2010a, S. 305; Vleck et al., 2010).

Laut Vleck et al. (2003) sind beim Auftreten von Verletzungen der Sachverhalt zur Modifizierung des Trainings der AthletInnen sowie die Frage, in welcher Disziplin die Verletzung zuerst bemerkt wurde, unzureichend in der Literatur dokumentiert. Damit ist gemeint, in welchem Ausmaß Trainingsinhalte und deren Verschiebungen zugunsten anderer Disziplinen von AthletInnen selbst abgeändert werden.

Laut Vleck (2010b, S. 29ff.) ist die Wiederkehr von Verletzungen bei TriathletInnen ein Problem, das Caine und Nassar (2005) auf frühzeitiges Zurückkehren in das Trainings- und Wettkampfgesehen, Unterschätzung des Schweregrads der zuerst aufgetretenen Verletzung und auf unzureichende Rehabilitation zurückführen. O'Toole et al. (2001 zit. n. Vleck, 2010a, S. 305) beschreiben die betreffende Zielgruppe mit dieser Aussage sehr treffend: „It would appear that getting triathletes to allow injuries to heal properly before returning to full training is the largest challenge facing the physician.“

Laut Massimino et al. (1988) verursachen vor allem das Rad- und Lauftraining kumulativen Stress, besonders im Lendenwirbelsäulenbereich. Des Weiteren stellt der Wechsel vom Rad zum Laufen einen Zeitraum mit erhöhtem Risiko für den Lendenwirbelsäulenbereich und für das Knie dar (Migliorini, 1991; Migliorini, 2000; O'Toole et al., 2001; Vleck et al., 2003). Gosling et al. (2010) stellten jedoch klar, dass eine zu geringe Anzahl an Daten zur Verfügung stehen, um die Annahme, der Wechsel vom Radfahren zum Laufen berge ein besonders erhöhtes Risiko für Verletzungen, zu unterstützen. Diese Thematik wird in den Kapiteln 4.3 und 4.4 genauer beschrieben.

4.1.4 Häufigkeit und Art der Verletzungen im Allgemeinen

Verletzungen, die einen Trainingsstopp zumindest für einen Tag, eine Reduktion des Trainings oder eine Beanspruchung von medizinischer Hilfe verursachen, treten im Triathlon mit einer Häufigkeitsquote von 29 - 91 % auf (Vleck et al., 2010). Eine Übersicht diesbezüglicher Studien und deren Werte wird in Tabelle 6 gezeigt.

Die Quantifizierung der Verletzungshäufigkeit hat sich als problematisch herausgestellt, da einerseits Schwierigkeiten im Zuge der Sammlung von prospektiven Daten existieren. Andererseits stellen Schwierigkeiten der Quantifizierung des gesamten Trainingsstresses mit den verschiedenen Disziplinen und Intensitätsstufen, die im Triathlontraining involviert sind, Probleme dar. (Vleck et al., 2013).

Der Großteil der Literatur bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Klassifizierung der Beschwerden, die nach ihrem Auftreten/Verlauf trainingsbezogen oder überbelastungsbedingt eingeteilt werden (Gregory, 2002; Vleck, 2010a).

Laut Vleck et al. (2013) existieren zwischen und innerhalb der Gruppen (Alter, Geschlecht, Leistungslevel und Distanz) keine prospektiven Vergleiche von Verletzungshäufigkeiten, bei denen dieselben Definitionen von Verletzungen und Methoden der Datensammlung verwendet werden. Dies gilt vor allem hinsichtlich der Perioden, der allgemeinen und speziellen Vorbereitung sowie für die Vorwettkampf- und Wettkampfphase eines Trainingsjahres. In diesem Zusammenhang ist unklar, ob das Auftreten von Überbelastungsverletzungen sich in Abhängigkeit von Geschlecht, Leistungslevel (Vleck & Garbutt, 1998) und Distanz (Vleck et al., 2010) unterscheidet.

Die anatomische Verteilung der traumatischen Verletzungen ist laut Vleck et al. (2013) wahrscheinlich unterschiedlich zu den atraumatischen und wurde bis dato in keiner Studie direkt verglichen. Nur in einer Studie von Vleck et al. (2010) wurde die Verbreitung von atraumatisch und traumatisch trainingsbezogenen Verletzungen, mit der gleichen Basis der Verletzungsdefinitionen, direkt miteinander verglichen. Jedoch wurde in dieser Studie nicht zwischen den unterschiedlichen Leistungsklassen und Bewerben unterschieden.

Die Problematik, ob die in den Studien angeführten akuten Verletzungen das erste Mal auftreten oder wiederkehrend waren, wurde in der Triathlonliteratur kaum berücksichtigt. Für die AutorInnen der wenigen Studien, die diesbezüglich unterschieden, war das Verschaffen eines Überblicks über das akute Auftreten und der Chronologie der trainingsbezogenen Verletzungen schwierig. Ein Beispiel hierfür ist das Ausmaß an wettkampfbezogenen Verletzungen, die ursprünglich trainingsbezogener Natur waren und erst durch die Anforderungen im Wettkampf zum Vorschein kamen (Vleck et al., 2013).

Zwingenberger et al. (2014) zeigten in ihrer umfassenden Studie die Diskrepanz zwischen retro- und prospektiven Untersuchungen erneut auf. Die Rate der Überbelastungsverletzungen war bei prospektiver Vorgehensweise 2,4-mal höher und jene der traumabezogenen um das 2,4-fache geringer als bei retrospektiver Vorgehensweise.

Atraumatisch

Aus den auf Fragebogen basierenden retrospektiven Studien geht hervor, dass die meisten Verletzungen im Triathlon nicht-traumatischer Natur sind und mit einer Überbelastung einhergehen (Ireland & Micheli, 1987). Massimino et al. (1988), O'Toole et al. (1987a) und Wilk et al. (1995) konkretisieren diese Aussage mit der Angabe, dass Überbelastungs- und Überbeanspruchungsverletzungen die häufigsten Verletzungen im Training sind und drei Mal so oft wie akute Verletzungen auftreten. Die vorzufindenden Werte für überbelastungsbedingte Verletzungen belaufen sich auf ca. 50 % und höher. Collins et al. (1989) vermerkten 49 %, Vleck und Garbutt (1998) 56,3 - 75 %, Manninen und Kallinen (1996) 60 %, Vleck et al. (2010) 72,2 % und Migliorini (2011) 80 - 85 %. Gemäß O'Toole et al. (1998) verspürten 91 % der TeilnehmerInnen des Hawaii Ironman Triathlon zumindest eine Überlastungsverletzung der Weichgewebe im Jahr davor. In der

retrospektiven Studie von Wilk et al. (1995) waren 78,9 % der Verletzungen atraumatischer Natur, wovon 33,3 % sekundär auf ein Trauma zurückzuführen waren.

Im Vergleich zu den Ergebnissen der retrospektiven Studien werden nachstehend jene der prospektiven Studien angeführt. Korkia et al. (1994) vermerkten, dass im Beobachtungszeitraum von acht Wochen 41 % der Verletzungen auf Überbelastung zurückzuführen waren. In der Studie von Burns et al. (2003) hatten 37,5 % der TriathletInnen jegliche Verletzungen in der zehn-wöchigen Wettkampfphase, wovon 78 % der Verletzungen auf Überbelastung zurückzuführen waren. In der sechs-monatigen Trainingsperiode (retrospektiv) davor, litten im Vergleich 50,4 % der AthletInnen unter Verletzungen. 68 % der Verletzungen waren überbelastungsbedingt. Zwingenberger et al. (2014) erhielten in ihrer retro- und prospektiven Untersuchungen für atraumatische und traumatische Verletzungen jeweils die Werte 29 % und 71 % sowie 70 % und 30 %. Andersen et al. (2013) vermerkten in ihrer prospektiven Studie, dass 87 % der TeilnehmerInnen während der 26-wöchigen Untersuchungsdauer von Überlastungsverletzungen betroffen waren. Die Hälfte davon klagte über mittelmäßige bis schwerwiegende Verletzungen, die eine Reduktion der Trainingsanwesenheit, der Sportleistung oder eine Trainingsunterbrechung zur Folge hatten. Im Durchschnitt litten gut 40 % der AthletInnen mit überlastungsbedingten Beschwerden an Schmerzen während der gesamten Studiendauer. 42 % der AthletInnen waren es bei Schulter-, 44 % bei Knie-, 46 % bei Lendenwirbelsäulen- und 47 % bei Unterschenkelbeschwerden.

Traumatisch

Traumatische Verletzungen wie Sturz und Zusammenstoß werden meist in mechanische Aktionsarten wie „turn & twist“-Ereignisse, Kontakt oder Kollision und Überdehnung eingeteilt.

Korkia et al. (1994) kamen in ihrer prospektiven Studie auf Werte von 12 % für „turn & twist“ Ereignisse, 10 % für Kontakte oder Kollisionen und 9 % für Überdehnungen (Gosling et al., 2008a).

Die schwerwiegendsten Verletzungen dieser Art sind meist auf Stürzen beim Radfahren im Wettkampf und im Training zurückzuführen (Andersen et al., 2013; Migliorini, 2011). Werte für traumatische Verletzungen belaufen sich von 15 % (Massimino et al., 1988) bis 56 % (Gosling et al., 2008a; Vleck & Garbutt, 1998; Vleck et al., 2010). Andersen et al. (2013) vermerkten in ihrer Studie, dass 78 % der trainingsbedingten akuten/traumatischen Verletzungen während des Schwimmens, Radfahrens und Laufens geschehen, die verbleibenden passieren während des Alternativtrainings.

4.1.5 Häufigkeit und Art der Verletzungen nach Disziplinen

Laufen, gefolgt von Radfahren und Schwimmen ist die Reihenfolge der Verletzungshäufigkeit nach Disziplinen (Vleck et al., 2013), wobei laut Collins et al. (1989) Knie, Lendenwirbelsäulenbereich und Schulter die Hauptbeschwerdebereiche je Disziplin sind. Das heißt, der Großteil der Verletzungen im Triathlon mit 58 - 73 % sind

dem Laufen und 5 - 50 % dem Radfahren zuzuschreiben (Burns et al., 2003; Clements et al., 1999; Collins et al., 1989; Galera et al., 2012; Korkia et al., 1994; Massimino et al., 1988; Vleck & Garbutt, 1998; Williams et al., 1988). Für die Disziplin Schwimmen sind in der Literatur Werte zwischen 1 - 12 % angeführt.

In Tabelle 9 wird ein Überblick über die Verletzungen nach Disziplinen gegeben. Die unterschiedlichen Studiendesigns sind mit hochgestellten Buchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 9: Anteil (%) der Verletzungen nach Disziplinen*

AutorInnen	Schwimmen	Radfahren	Laufen
Massimino et al. (1988) ^R	5	20	58
Collins et al. (1989) ^R	11	12,5	62,9
Korkia et al. (1994) ^{P,CS}	11	16	65
Manninen & Kallinen (1996) ^{R,a}		74	43
Vleck & Garbutt (1998) ^{R,D}		34,5	62,1
Vleck & Garbutt (1998) ^{R,C}		25	64,3
Vleck & Garbutt (1998) ^{R,E}		15,9	58,7
Clements et al. (1999) ^R		22	72
Egermann et al. (2003) ^R	5,8	54,8	33,7
Burns et al. (2003) ^{R,PS}	2,1	5,3	70,5
Burns et al. (2003) ^{P,CS}	1,7	8,3	73,3
Villavicencio et al. (2006) ^{LB}		35,4	22,9
Villavicencio et al. (2007) ^N		65,4	
Vleck et al. (2010) ^{R,OD,M,OU}	15,2	26	65,2
Vleck et al. (2010) ^{R,LD,M,OU}	16	32	60
Gosling et al. (2010) ^{CA}	11,9	18,4	54,1
Galera et al. (2012)	7	22,5	72,5
Zwingenberger et al. (2014) ^R	7	43	50

* restlicher Teil anderen Aktivitäten zuzuordnen; a = relativer Anteil an ProbandInnen; C = club athletes (age-group men Olympic distance); CA = competition analyse; CS = competitive season; D = development athletes (sub-elite men Olympic distance); E = elite athletes (elite men Olympic distance); LB = lower back; LD = Long distance; M = men; N = neck; OD = Olympic distance; OU = overuse; P = prospective; PS = preseason; R = retrospective

Prospektive Studien von Korkia et al. (1994) und Burns et al. (2003) erzielten Werte für das Auftreten von Verletzungen von 11 % und 2 % beim Schwimmen, 16 % und 8 % beim Radfahren und 65 % und 73 % beim Laufen.

Analysen von Wettkämpfen durch medizinisches Personal ergaben, dass 54,1 % der Verletzungen beim Laufen, 18,4 % beim Radfahren und 11,9 % beim Schwimmen (Gosling et al., 2010) entstehen.

Im Gegensatz zu den Studien, in denen das Laufen als Hauptursache für Verletzungen im Triathlon angegeben werden, beschreiben Egermann et al. (2003), dass bei Ironman-AthletInnen 54,8 % der Verletzungen dem Radfahren zuzuschreiben sind. Gemäß Egermann et al. (2003) beruht dies auf der hohen wöchentlichen Stundenanzahl an

Radtraining. In der Studie von Manninen und Kallinen (1996) überwiegen ebenfalls die Verletzungen beim Radfahren mit 74 %, wobei die Beschwerden im Lendenwirbelsäulenbereich der Hauptfokus dieser Studie waren.

Der große Anteil des Radfahrens und Laufens, besonders im Training, und der kumulative Effekt der beiden Disziplinen tragen zum hohen Auftreten von Verletzungen bei, wobei das Laufen haupttragend für die Verletzung ist (Korkia et al., 1994; Massimino et al., 1988; O'Toole et al., 1989). Das sogenannte Koppeltraining, das im Training gerne praktiziert wird und sich beim Wettkampf automatisch ergibt, steuert mit 5 % (Ireland & Micheli, 1987) bis 10 % (Migliorini, 1991) zum Auftreten von Verletzungen bei.

Die meisten Verletzungen bei TriathletInnen treten beim Laufen auf. Ehemalige SchwimmerInnen und RadfahrerInnen sind am ehesten dafür anfällig, da ihnen die Lauferfahrung und die nötige Muskelelastizität fehlt (Migliorini, 2011). Diese Periode der Adaption wird einerseits durch die Anzahl der Verletzungen mit 51 %, die im ersten Jahr geschehen, erklärt (Ireland & Micheli, 1987). Andererseits trägt das Fehlen der nötigen Laufkilometer dazu bei.

Im Gegensatz dazu zeigten epidemiologische Untersuchungen, dass das Auftreten der Laufverletzungen bei TriathletInnen gleich dem der Nicht-TriathlonläuferInnen ist. Das Koppeltraining wäre im Triathlon demnach kein Faktor für Verletzungen (Cipriani et al., 1998). Im Vergleich dazu wäre die Erhebungsweise der konträren Werte von 5 % und 10 % für das Ausmaß des Koppeltrainings an Verletzungen im Triathlon von Ireland und Micheli (1987) und Migliorini (1991) interessant zu kennen bzw. zu hinterfragen.

Generell muss jedoch festgehalten werden, dass der multidisziplinäre Charakter des Triathlons (Millet et al., 2009) und der Mangel an Häufigkeitsraten eine Reihung der Verletzungen nach Disziplinen schwierig gestalten lassen (Vleck, 2010a).

4.1.6 Häufigkeit und Art der Verletzungen nach Distanzen

In Tabelle 10 wird ein Überblick über Originalstudien gegeben, in denen die Verletzungshäufigkeit nach Distanzen analysiert wurde. Dabei sind nur die Triathlonstudien, in denen Untersuchungen von Verletzungen im Triathlon durchgeführt wurden, einbezogen. In der Rubrik Design wird das Untersuchungsdesign der Studien angeführt. Zusätzlich relevante Informationen werden mit den hochgestellten Buchstaben vermerkt. Auffallend ist, dass nur eine Studie ausschließlich über Verletzungen von TriathletInnen der Olympischen Distanz gefunden wurde, nämlich die Studie von Vleck und Garbutt (1998).

Tabelle 10: Studienüberblick über Verletzungen nach Distanzen/Bewerben

AutorInnen	Fun	Sprint	Kurz	Mittel	Lang	Design
Zwingenberger et al. (2014)		x	x	x	x	R,P
Andersen et al. (2013) ^a					x	P
Rimmer & Coniglione (2012) ^b				x	x	C
Galera et al. (2012)		x			x	R
Vleck (2010b)			x		x	R,P
Vleck et al. (2010)			x		x	R
Gosling et al. (2010)	x	x	x			C
Tennant (2007)		x	x		x	R
Richter et al. (2007)					x	C ⁱ
Villavicencio et al. (2006) ^d						R
Burns et al. (2005) ^c						R,P
Shaw et al. (2004) ^d						R
Sharwood et al. (2004)					x	C
Egermann et al. (2003)					x	R
Burns et al. (2003) ^c						R,P
Wilk et. al (2000)				x		C ⁱ
Fawkner et al. (1999) ^d						P
Clements et al. (1999) ^d						R
Vleck & Garbutt (1998)			x			R
Cipriani et al. (1998) ^d						R
O'Toole et al. (1989)					x	R
Massimino et al. (1988)					x	R
Manninen & Kallinen (1996)		x	x	x	x	R
Wilk et al. (1995) ^d						R
Korkia et al. (1994)		x	x	x	x	P
Migliorini (1991)			x		x	R,D
Jackson (1991) ^e						C ⁱ
O'Toole et al. (1989)					x	R
Collins et al. (1989)		x	x		x	R
Williams et al. (1988)		x	x		x	R
Massimo et al. (1988)					x	R
Ireland & Michelli (1987)		x	x			R
Hiller et al. (1987)			x	x	x	C
O'Toole et al. (1987a)					x	R
Murphy (1986)					x	D
Levy et al. (1986a,b) ^d						R
O'Toole et al. (1985)					x	C

a = Norseman Xtreme Triathlon; b = zusätzlich MD-/ LD Aquabike; C = wettkampfbezogen, Daten von professionellen Durchführenden gesammelt; c = Competitors of Australian domestic series; D = deskriptiv; d = unklar; e = gemischt, Distanzen nicht angeführt; i = individual; P = prospektiv; R = retrospektiv

Studien, bei denen Wettkämpfe analysiert und Verletzungen vor Ort durch medizinisches Personal diagnostiziert werden, haben den Vorteil, dass über die Ursache und die Verletzung selbst detaillierte Informationen gesammelt werden können. Die meisten Studien über Verletzungen im Triathlon sind „self-reported“, d.h. die TriathletInnen geben selbst ihre erlittenen Verletzungen an. In diesen Studien werden hauptsächlich das

Trainingsgeschehen und das Auftreten von Verletzungen in unterschiedlichen Zeitspannen (Wochen, Monaten und Jahren) untersucht.

Analysen von Wettkämpfen

Bei Distanzen bis zur Olympischen Distanz (Fun-, Sprint- und Olympische Distanz) sind Abschürfungen/Schürfwunden mit 28,6 %, Blasen mit 15,1 %, Zerrungen mit 10,2 % und Schnitt- und Platzwunden mit 9,2 % die häufigsten Wettkampfverletzungen (Gosling et al., 2010). In der Mitteldistanz stellen Muskelkrämpfe und Dehydration mit 38,9 % und 37,7 % die häufigsten primären medizinischen Diagnosen dar (Rimmer & Coniglione, 2012). Dasselbe gilt für die Langdistanz, bei der Muskelkrämpfe und Dehydration ebenfalls die Hauptbeschwerden sind. Muskelkrämpfe kommen zu 36,1% (Rimmer & Coniglione, 2012) vor und Dehydrations- und Erschöpfungszustände werden bei Hiller et al. (1987), Laird (1989) und Rimmer und Coniglione (2012) mit jeweils hohen Werten von 58 %, 72 % und 50,8 % angegeben. Mehr Informationen diesbezüglich sind in Kapitel 4.1.8 und in den Tabellen 18 und 19 angeführt.

Nur eine Studie von Rimmer und Coniglione (2012) beobachtet das zeitliche Auftreten von Verletzungen während eines Wettkampftages, bei dem zugleich „non-elite“-TeilnehmerInnen eine Halb- und Langdistanz absolvierten. 72,2 % der Verletzungen beim Halbdistanzbewerb traten zwischen Stunde sechs und sieben mit einer Prävalenz in diesem Zeitintervall von 78 pro 1000 StarterInnen auf. In der Langdistanz lagen eine größere Prävalenz der schwerwiegenden Verletzungen von 38,2 % und eine längere Durchschnittsbehandlungsdauer vor. Die Durchschnittsbehandlungsdauer von Verletzungen stieg bei beiden Distanzen mit der Endzeit an. Die meisten schwerwiegenden Verletzungen wurden bei den Halbdistanz-AthletInnen, die länger für die Bewältigung der Strecke als der Großteil ihrer KollegInnen benötigten, vermerkt. Bei den Langdistanz-TeilnehmerInnen war dies genau gegensätzlich. Die schnelleren TeilnehmerInnen waren mehr von schwerwiegenden Verletzungen geplagt als der Rest ihrer KollegInnen.

2,3 % der TeilnehmerInnen bei Fun-, Sprint- und Kurzdistanzbewerben benötigten in der Untersuchung von Gosling et al. (2010) medizinische Beetreuung. Das ergab für alle Bewerbe in Summe eine Verletzungsrate von 20,1 Verletzungen pro 1000 Stunden Wettkampf. Für die Fundistanz betrug diese 24,3, für die Sprindistanz 20,4 und für die Olympische Distanz 15,7. In der gut zwanzig Jahre älteren Studie von Hiller et al. (1987) benötigten in etwa gleich viele StarterInnen (2 %) medizinische Hilfeleistungen über die Kurzdistanz.

Bei der Mittel- und Langdistanz fiel die Verletzungshäufigkeit deutlich höher aus als bei den Bewerbslängen bis hin zur Kurzdistanz. Die Werte für die Mitteldistanz von Rimmer und Coniglione (2012) und Hiller et al. (1987) liegen trotz eines jährlichen Unterschieds von 25 Jahren nicht weit auseinander: 10,8 % vs. 10 %. Bei LangdistanzathletInnen der age-group-Klassen waren es 37,7 % (Rimmer & Coniglione, 2012) im Gegensatz zu den 15 - 25 % bei „elite“-LangdistanzathletInnen in den Studien von Laird (1989) und Holtzhausen und Noakes (1997). 17 % der TeilnehmerInnen waren es auf der Langdistanz in der Studie von Hiller et al. (1987). Andersen et al. (2013) vermerkte in seiner

prospektiven Studie des härtesten Langdistanzrennens „Norseman Xtreme Triathlon“ eine Verletzungsrate von 1,02 traumatische Verletzungen pro 1000 Stunden Wettkampf.

Das größte Verletzungsrisiko ist bei langen Bewerben, besonders während des Laufens, anzutreffen. Bei den kurzen Bewerben bis zur Olympischen Distanz beträgt die Verletzungshäufigkeit 2,3 % und ist wesentlich geringer als bei längeren Bewerben (Migliorini, 1991; Migliorini, 2000)

In der Studie von Gosling et al. (2010) waren das Verletzungsrisiko bei den Elite/Juniorelite-AthletInnen gut zweimal höher sowie bei den NachwuchsathletInnen mit 12 bis 19 Jahren fast zweimal signifikant höher als bei den 30- bis 39-Jährigen. Das Verletzungsrisiko auf der Olympischen Distanz war um das 1,65-fache größer als bei der Sprintdistanz. Das geringste Risiko hatten die TeilnehmerInnen am Fünfbewerb (Tabelle 11). Das Laufen und das Radfahren zeigten die größten Verletzungsraten sowohl bei den Rennabschnitten als auch bei den Aktivitäten zum Zeitpunkt der Verletzung (Tabelle 12). Beim Laufen betraf dies besonders Elite-/Juniorelite-AthletInnen und die TeilnehmerInnen der Olympischen Distanz. Diese beiden Zielgruppen wiesen auch gemeinsam mit den 12- bis 19- und 20- bis 29-Jährigen das höchste Verletzungsrisiko beim Radfahren auf. Die Männer waren vom Verletzungsrisiko auf allen Teilstrecken weniger betroffen als die Frauen, jedoch nicht signifikant. Die Renndistanz war kein signifikantes Risiko für das Schwimmen, beim Radfahren und Laufen auf der Olympischen Distanz hingegen schon (Tabelle 13).

Gosling et al. (2010) machten für die erhöhte Verletzungsrate beim Laufen neben den laufspezifischen Belastungen die Unterschenkelmuskulaturzerrungen und die Schnittwunden an den Füßen, die während des Wasserausstiegs beim Schwimmen oder beim Laufen in der Wechselzone geschehen, verantwortlich.

Die hohe Verletzungsrate beim Radfahren könnte mit dem Auf- und Absteigen vom Fahrrad bei Beginn und Ende des Radsplits zusammenhängen, besonders bei unerfahrenen und jungen AthletInnen. Des Weiteren sind alle anderen Fähigkeiten wie Fahrverhalten in der Gruppe oder richtiges Kurvenfahren miteinzubeziehen (Gosling et al., 2010).

Ein Grund für das geringere Risiko unter den männlichen Teilnehmern könnte laut Gosling et al. (2010) – wie in Sport (Taunton et al., 2002) und Alltag (Corney, 1990) bereits beschrieben wurde – die geringere Inanspruchnahme von medizinischen Hilfeleistungen im Gegensatz zu ihren weiblichen Kollegen.

Tabelle 11: Analyse von TriathletInnen, die medizinische Hilfeleistungen in Anspruch nahmen, nach Alter, Geschlecht und Distanz (Gosling, 2010, S. 1010)

Faktor	Anzahl an Starts	Anzahl an Verletzungen	Verletzungen/ 1000 Starts*	OR (95% CI)
Altersgruppe^a				
30-39	3822	98	25,6 (21,0-31,3)	1,00
12-19	1236	53	42,9 (32,8-56,1)	1,89 (21,0-31,3) ^c
20-29	2847	76	26,7 (21,3-33,4)	1,04 (0,76-1,44)
40-49	1560	38	24,4 (17,7-33,5)	0,94 (0,63-1,40)
50+	479	19	39,7 (25,3-62,2)	1,50 (0,89-2,54)
Elite/Juniorelite	207	16	77,3 (47,4-126,2)	2,24 (1,26-3,99) ^b
Geschlecht^e				
weiblich	2892	96	32,4 (26,5-39,5)	1,00
männlich	7189	211	29,4 (25,7-33,6)	0,81(0,62-1,06)
Renndistanz^f				
Sprint	5264	173	33,0 (28,5-38,4)	1,00
Fun	3852	87	22,6 (18,3-27,9)	0,70 (0,52-0,93) ^c
Kurz	1075	56	52,1 (40,1-38,3)	1,65 (1,19-2,30) ^b

* (95 % CI); a = fehlende Daten bei Altersgruppe in 19 Fällen; b = p <0,01; c = p <0,05; CI = Konfidenzintervall; e = fehlende Daten bei Geschlecht in 15 Fällen; f = fehlende Daten bei Renndistanz in 6 Fällen; OR = odds ratio

Tabelle 12: Verletzungen der jeweiligen Rennabschnitte und der Aktivitäten zum Zeitpunkt des Auftretens der Verletzungen bei einer Triathlon Rennserie, 10197 Starts (Gosling, 2010, S. 1011)

Rennabschnitt	Anzahl an Verletzungen ^a	Verletzungen/ 1000 Starts*	OR (95% CI)
Schwimmen	33	3,24 (2,25-4,67)	1,00 ^b
Wechsel 1	5	0,49 (1,19-1,25)	0,15 (0,06-0,38) ^b
Radfahren	92	9,04 (7,26-11,24)	2,79 (1,72-4,52) ^b
Wechsel 2	4	0,39 (0,14-1,12)	0,12 (0,04-0,33) ^b
Laufen	108	10,61 (8,67-12,98)	3,27 (2,09-5,12) ^b
Andere ^c	64	6,29 (4,48-8,17)	1,94 (1,17-3,22) ^d
Aktivität			
Schwimmen	27	2,65 (1,77-3,97)	1,00
Radfahren	93	9,13 (7,35-11,35)	3,44 (1,95-6,08) ^b
Laufen	146	14,34 (12,06-17,06)	5,41 (3,30-8,86) ^b
Auf-Absteigen (Rad)	16	1,57 (0,93-2,65)	0,59 (0,28-1,26)
Gehen	9	0,88 (0,44-1,78)	0,33 (0,14-0,81) ^d
Andere ^e	15	1,14 (0,86-2,53)	0,56 (0,28-1,11)

* (95 % CI); a = 16 fehlende Daten bei Rennabschnitt und Aktivität zum Zeitpunkt der Verletzung in 16 Fällen; b = P <0,01; c = Andere beinhaltet Auf- und Abwärmen und Zeit vor dem Wettkampf; CI = Konfidenzintervall; d = P <0,05; e = Andere beinhaltet hüpfen, klettern und versteckte Aktivitäten; OR = odds ratio

Laut Gosling et al. (2010) stellt das Auf- und Absteigen vom Rad, besonders bei unerfahrenen und jungen AthletInnen ein Problem dar. Jedoch ist der diesbezügliche Wert, der in der Tabelle 12 angeführt wird, nicht hauptausschlagend für Verletzungen bei Wettkämpfen.

Tabelle 13: Potentielle Einflussfaktoren auf das Verletzungsrisiko nach Rennabschnitten (Gosling, 2010, S. 1011)

Faktor	Schwimmen OR (95% CI)	Rad OR (95% CI)	Lauf OR (95% CI)	Andere^a OR (95% CI)
Altersgruppen				
30-39	1,00	1,00	1,00	1,00
12-19	2,06 (0,69-6,17)	5,16 (2,58-10,35) ^b	1,35 (0,66-2,74)	0,93 (0,44-1,97)
20-29	1,34 (0,52-3,42)	2,12 (1,06-4,24) ^c	1,11 (0,65-1,90)	0,49 (0,26-0,94) ^c
40-49	1,24 (0,39-3,91)	2,11 (0,95-4,67)	1,20 (0,64-2,23)	0,19 (0,05-0,66) ^d
50+	0,77 (0,09-6,95)	2,47 (0,84-7,30)	1,88 (0,86-4,14)	0,95 (0,35-2,59)
Elite/Juniorel.	1,86 (0,20-17,21)	4,75 (1,55-14,50) ^d	2,61 (1,12-6,07) ^c	0,86 (0,18-3,98)
Geschlecht				
weiblich	1,00	1,00	1,00	1,00
männlich	0,78 (0,35-1,71)	0,91 (0,55-1,50)	0,72 (0,47-1,12)	0,86 (0,50-1,47)
Renndistanz				
Sprint	1,00	1,00	1,00	1,00
Kurz	0,46 (0,10-2,19)	2,59 (1,38-4,87) ^d	2,47 (1,52-4,01) ^b	0,59 (0,24-1,46)
Fun	0,59 (0,26-1,34)	1,36 (0,81-2,30)	0,56 (0,33-0,95) ^c	0,44 (0,24-0,81) ^d

a = Andere Abschnitte inkludieren beide Wechselzonen, Auf- und Abwärmen und Zeit vor dem Wettkampf; b = P < 0,01; c = P < 0,05; CI = Konfidenzintervall; d = P < 0,01; OR = odds ratio

Gosling et al. (2010) erwähnten, dass trotz medizinischen Personals ihre wettkampfbezogene Studie limitiert ist. Jene TriathletInnen, die vor, während und nach den Wettkämpfen Beschwerden hatten, aber das medizinische Zelt nicht aufsuchten, konnten dementsprechend nicht erfasst werden.

Analysen von Trainingszeiträumen

Bei Studien, bei denen kein medizinischen Personal die Verletzungen diagnostizierten, sondern von den AthletInnen selbst darüber berichtet wurde, gab es 51 % Prellungen/Abschürfungen auf der Langdistanz (Egermann et al., 2003), 30 % (Ireland & Micheli, 1987) bis 55 % (Korkia et al., 1994) Muskel-/Sehnenverletzungen und 23 % (Ireland & Micheli, 1987) bis 27 % (Korkia et al., 1994) gemischte Diagnosen wie Blasen bei Studien über gemischte Bewerbe.

Die Verletzungsrate von selbst beurteilten traumatischen und atraumatischen Verletzungen bei 100 AthletInnen liegt bei 0,74 bis 76,7 und 10 bis 23,8 pro 1000 Trainingsstunden bei AthletInnen der Olympischen Distanz in einer prospektiven Studie in Abhängigkeit von der Trainingsperiode im Jahr (Vleck, 2010b, S. 70). 4,6 und 2,5 Verletzungen pro 1000 Trainingsstunden sind dies bei Sprint- und Kurzdistanz-AthletInnen der „Australian domestic series“ in ihrer 10-wöchigen Wettkampfphase (prospektiv) und sechs-monatigen Vorbereitungsphase (retrospektiv) in der Studie von Burns et al. (2003). Jeweils 0,76 und 1,96 pro Kurzdistanz- und Langdistanzathlet war die Verletzungsrate bei traumatischen und atraumatischen Verletzungen in der fünf Jahre retrospektiven Studie von Vleck et al. (2010). 0,71 Verletzungen pro 1000 Stunden sind es bei LangdistanztriathletInnen in der retrospektiven Studie von Egermann et al. (2003). Andersen et al. (2013) führte in seiner prospektiven Langdistanzstudie (Norseman Xtreme Triathlon) einen Wert von 0,97 akute Verletzungen pro 1000 Stunden Training an.

In Tabelle 14 werden die Verletzungsraten pro 1000 Stunden Training und zum Vergleich die pro 1000 Stunden Wettkampf nach den verschiedenen Distanzen angeführt. Die Werte in der retrospektiven Untersuchung sind für den Wettkampf höher als für das Training. Des Weiteren sind die Gesamtdurchschnittswerte für Wettkampf und Training in der prospektiven Untersuchung doppelt so hoch als jene in der retrospektiven.

Tabelle 14: Verletzungsrate pro 1000 h Training sowie pro Wettkampf nach Distanzen (Zwingerberger et al., 2014, S. 587)

	Retrospektiv					Prospektiv
	Sprint	Kurz	Mittel	Lang	Durchschnitt	Durchschnitt
Wettkampf	4,1	6,5	10	20,6	9,2	18,5
Training	1,2	0,5	0,5	0,3	0,7	1,4
Durchschnitt	1,3	0,7	0,8	0,9	0,9	1,9

Sowohl bei den Rad- und Laufstürzen ist in Tabelle 15 ersichtlich, dass die Häufigkeit mit Zunahme der Streckelänge abnimmt. Insgesamt gibt es mehr Radstürze als Laufstürze.

Tabelle 15: Rad- und Laufstürze pro 1000 Stunden nach Disziplinen (Zwingerberger et al., 2014, S. 586)

Disziplin	Sprint	Kurz	Mittel	Lang	Durchschnitt
Radfahren	3,6	1,4	1,8	0,6	2
Laufen	1,1	1,1	0,8	0,4	0,9

Dass TriathletInnen häufiger Rad- als Laufstürze haben, zeigten auch Egermann et al. (2003). Gemäß ihrer Studie hatten 59,1% der ProbandInnen zumindest einen Rad- und 21,7 % einen Laufsturz in ihrer Triathlonkarriere. Jeder Triathlet, jede Triathletin dieser Studie erlitt $1,3 \pm 1,7$ Rad- und $0,4 \pm 1,5$ Laufstürze. Tuite (2010) vermerkte, dass ein Drittel der TriathletInnen einen Radsturz jedes Jahr zu verzeichnen haben. Am häufigsten geschehen Radstürze bei Wettkämpfen, bei einem/einer von 250 TriathletInnen. Galera et al. (2012) führten den höchsten Wert für Radstürze an. 72,3 % der Radverletzungen sind sturzbedingt.

Tabelle 16: Verteilung atraumatischer Verletzungen nach betroffenen Körperregionen hinsichtlich Geschlecht, Distanz und Leistungslevel (modifiziert nach Vleck, 2010b, S.74)

Klasse	Werte (%) pro Körperbereich	
	Männer	Frauen
Olympische Distanz Elite	Achillessehne (50,0%) Knie, LWS (41,7%) Wade, HS (25,0%)	Wade (42,9%) Knie, Andere (28,6%)* K, HS, BWS, S (25,0%)
Olympische Distanz Sub-Elite	Knie (47,1%) LWS (29,4%) Schulter (23,5%)	Wade, AS (30,0%) Knie, Andere (20,0%) K, HS, S, BWS (10,0%)
Langdistanz	Knie (44,0%) LWS, Wade, HS (20,0%) Achillessehne (12,0%)	Knie (50,0%) AS, vOS, Wade, BWS, HS, Andere (16,7%)

* nicht Achillessehne (AS), Knöchel (K), vorderer Oberschenkel (vOS), Wade, Hamstrings (HS), Knie, LWS-Bereich, BWS-Bereich, Schulter (S) und Nacken; Wert in Klammer pro Körperbereich

Die Studie von Gosling et al. (2010) und vor allem die Studie von Vleck (2010b) sind die einzigen, in denen die anatomische Verteilung der Verletzungen zwischen Gruppen von TriathletInnen nach Geschlecht, Distanz und Leistungsvermögen verglichen wird. Gosling et al. (2010) führten dies im Zuge einer Rennserie in Australien durch, Vleck (2010b) hingegen in einem Untersuchungszeitraum von fünf Jahren bei „British national squad triathletes“. In Tabelle 16 werden die am häufigsten betroffenen Körperregionen der britischen TriathletInnen aufgelistet. Die relativen Werte beziehen sich dabei auf die männlichen und weiblichen Triathleten pro Klasse.

In der Studie von Vleck et al. (2010) wurden in einer fünf Jahre retrospektiven Analyse Training und Verletzungen in „British national squad olympic distance- and longdistance“-Athleten mit Verwendung gleicher Methoden der Datendefinition und -sammlung untersucht. Die Anzahl der jeweils rein männlichen Probanden pro Gruppe war mit 12 und 18 jedoch sehr gering. Weder die Anzahl der traumatischen und atraumatischen Verletzungen mit 43,1 % und 72,2 %, noch diese pro Disziplin unterschieden sich zwischen den Gruppen. Collins et al. (1989) gab im Vergleich für Sprint- und Kurzdistanz-AthletInnen 60 % und Egermann et al. (2003) für LangdistanzathletInnen 74,8 % an.

Weniger Kurzdistanz-Athleten gaben eine Wiederkehr einer Verletzung innerhalb eines Jahres als ihre Langdistanzkollegen mit 16,7 vs. 36,8 % an. Die Gruppen unterschieden sich jedoch bei den von Überlastung betroffenen Körperregionen. Knieverletzungen waren bei den Kurzdistanz-Athleten auf das Laufen, Radfahren und beide Disziplinen kombiniert mit 44 %, 33,3 % und 22,2 % zurückzuführen. Die gleichen Werte galten ebenfalls für das Laufen und Radfahren für die Langdistanzathleten (Vleck et al., 2010). Migliorini (1991,200) führte eine ähnliche Studie mit „Italian squad triathletes“ durch und erzielte ebenfalls für Knieverletzungen die höchsten Werte bei den Kurzdistanz-Athleten. Egermann et al (2003) gab ebenfalls Knieverletzungen bei LangdistanzathletInnen als Hauptbeschwerderegeion bei Überlastungsverletzungen an. Probleme mit der Achillessehne traten bei den Kurzdistanz-Athleten bezogen auf die Disziplinen Laufen, Radfahren und beide Disziplinen kombiniert mit 12,5 %, 62,5 % und 12,5 % auf, wogegen die Langdistanzathleten keine spezifische Herkunft erkannten. 71 % und 33,3 % der Lendenwirbelsäulenverletzungen waren bei den Kurz- und Langdistanztriathleten auf das Radfahren zurückzuführen (Vleck et al., 2010).

Triathleten der Olympischen Distanz erlitten weniger Laufverletzungen (1,6 % vs. 1,9 %), stoppten öfter (41,7 % vs. 15,8 %) und länger (33,5 % vs. 16,7 %) pro Tag das Lauftraining als ihre Kollegen der Langdistanz. Des Weiteren bestand eine inverse Korrelation der Anzahl an Überlastungsverletzungen mit der Anzahl an Trainingsstunden und -einheiten sowie Hügelwiederholungen am Rad (Vleck et al., 2010).

Die Anzahl an Überlastungsverletzungen der Langdistanzathleten korrelierte mit der Anzahl an intensiven Lauf- und Radeinheiten. Die Lauferfahrung beeinflusste die Anzahl der Überlastungsverletzungen beim Laufen (Vleck et al., 2010).

Bei beiden Gruppen wirkten sich die Anzahl der Lauftrainingsstunden auf die Laufverletzungen aus, insbesondere die Kilometer an Hügelläufen förderten Achillessehnenbeschwerden. Die Kurzstrecke-Athleten waren davon vermehrt und schwerwiegender betroffen als die Langstreckeathleten. Grund dafür könnten die vermehrten Hügel- und Geschwindigkeitswiederholungsläufe sein (Vleck et al., 2010).

Laut Vleck (2010a) sind Unterschiede in der Prävalenz von Verletzungen zwischen Langstrecken- und Kurzstrecken-TriathletInnen (Vleck et al., 2010; Williams et al., 1988) als auch zwischen den Geschlechtern innerhalb der unterschiedlichen Distanzen/Bewerbe (Vleck, 2010b, S. 86f.) erkennbar, jedoch noch nicht wissenschaftlich bestätigt worden. Weder diese Unterschiede noch ihre Verletzungshäufigkeiten unterscheiden sich mit dem Leistungslevel der AthletInnen (Vleck & Garbutt, 1998). Des Weiteren sind kaum Daten über die Verletzungsprävalenz bei TriathletInnen der Nachwuchsklassen, denen mit Beeinträchtigung und den verschiedenen Seniorenklassen, „age groups“, vorhanden.

4.1.7 Häufigkeit und Art der Verletzungen im Wettkampf und Training

75 - 83 % der gesamten Verletzungen geschehen im Training (Cipriani et al., 1998; Ireland & Micheli, 1987; Wilk et al., 1995), wobei Collins et al. (1989) hingegen einen Wert 49 % anführen. Im Wettkampf werden Werte zwischen 8 - 28 % angegeben (Ireland & Micheli, 1987; Wilk et al., 1995) und rein für überlastungsbedingte Verletzungen 15 - 25 % (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Strock et al., 2006). Burns et al. (2003) vermerkte, dass 75 % der Verletzungen im Training und 72 % der im Wettkampf den unteren Extremitäten widerfahren.

Laut Galera et al. (2012), Burns et al. (2003) und Egermann et al. (2003) sind Verletzungsraten im Wettkampf höher als im Training. In den Studien von Egermann et al. (2003) und Galera et al. (2012) geschehen 81,3 % und 83,5 % der Verletzungen im Training, die restlichen 18,7 % und 16,5 % fallen auf jene, die sich im Wettkampf ereigneten. Wenn jedoch die Stunden des Trainings und des Wettkampfs in Relation gesetzt werden, ergibt sich ein sechs Mal höheres Auftreten von Verletzungen während des Wettkampfs als im Training.

Egermann et al. (2003) erklären die höhere Verletzungsrate im Wettkampf dadurch, dass die AthletInnen während des Wettkampfs bereit sind, mehr Risiko, wie höhere Geschwindigkeiten und Erschöpfung während des Rennens, einzugehen. Die höheren Verletzungsraten im Wettkampf sind höchstwahrscheinlich auch auf das Auftreten von Verletzungen durch Gedränge (traumatisch) sowie hydrations- und/oder wärmeabhängigen Verletzungen zurückzuführen.

Korkia et al. (1994) wiesen in ihrer prospektiven Studie Verletzungsraten von 17,4 Verletzungen pro 1000 Stunden Wettkampf und 5,4 Verletzungen pro 1000 Stunden Training aus. 2,5 Verletzungen pro 1000 Stunden Training in der Vorsaison (retrospektiv) und 4,6 Verletzungen pro 1000 Stunden Training in der Wettkampfsaison (prospektiv)

waren es bei Burns et al. (2003). Zwingenberger et al. (2014) - siehe Tabelle 14 - kam auf ein 13,4- (retrospektiv) und 13,3-faches (prospektiv) höheres Auftreten von Verletzungen bei Wettkämpfen als bei Trainings. Im Durchschnitt waren bei der prospektiven Analyse um das 2,1-fache mehr Verletzungen pro 1000 Stunden Training pro Bewerb zu verzeichnen als bei einer retrospektiv durchgeführten Untersuchung.

In dem Kontext, ob Verletzungsraten im Wettkampf höher als im Training sind, bekräftigten Vleck et al. (2013), dass Studien, die auf das Training Bezug nahmen, keine hydrations- und hitzestressbezogene Daten beinhalten. Dies wurde nur bei Studien, die eine klinische Bewertung der Beschwerden durch medizinisches Personal veranlassten, durchgeführt. Die Studien mit medizinischem Fachpersonal beziehen sich auf Untersuchungen während eines oder mehrerer Wettkämpfe. Des Weiteren fügen Vleck et al. (2013) hinzu, dass die Diskrepanz zwischen Studien, die entweder auf Trainings- oder Wettkampfdaten beruhen, einen Vergleich der relativen Anteile der vermerkten Verletzungen sowohl innerhalb der trainings- und wettkampfbezogenen Studien als auch im Vergleich von trainings- mit wettkampfbezogenen Studien verkompliziert. Dies beruht in der Frage, ob die Angabe von Verletzungen von NichtspezialistInnen wie AthletInnen oder durch klinisches Personal durchgeführt wurde.

Daher ist laut Vleck (2010a) eine eindeutige Feststellung schwierig, ob Verletzungen häufiger ein Problem im Training oder im Wettkampf darstellen, wie die retrospektiven Studien implizieren. Vleck (2010a) verweist dabei auf die Studien von Burns et al. (2003) und O'Toole et al. (2001). Des Weiteren vermerkt die Autorin, dass die prospektiven Daten von Korkia et al. (1994), Vleck et al. (2002), Vleck et al. (2003) und Vleck und Bentley (2007) zu dieser Thematik noch vorläufig bzw. vorbereitend sind.

4.1.8 Häufigkeit und Art der Verletzungen nach Körperregion

Wie im Unterkapitel 4.1.5 Häufigkeit und Art der Verletzungen nach Disziplinen bereits erwähnt, stellen das Knie, der Lendenwirbelsäulenbereich und die Schulter die Hauptbeschwerdebereiche der Disziplinen Laufen, Radfahren und Schwimmen dar (Collins et al., 1989). Die häufigsten Verletzungen im Triathlon betreffen generell die unteren Extremitäten (Cipriani et al., 1998; Clements et al., 1999; Collins et al., 1989; Eggermann et al., 2003; Gosling et al., 2010; Korkia et al., 1994; Manninen & Kallinen, 1996; Massimino et al., 1988; Shaw et al., 2004; Vleck & Garbutt, 1998; Zwingenberger et al., 2014).

Die Werte in der Literatur für Verletzungen der unteren Extremitäten belaufen sich auf 36 % (Williams et al., 1988) bis 90 % (Migliorini, 1991) der gesamten Verletzungen. Zwingenberger et al. (2014) verschaffen mit 65 % retrospektiv und 84 % prospektiv, Burns et al. (2003) mit 75 % in der Vorsaison (retrospektiv) und 72 % in der Wettkampfsaison (prospektiv) und Gosling et al. (2010) mit 60 % einen guten Anhaltspunkt für Verletzungen der unteren Extremitäten. Dabei stellen in den meisten Studien die Bereiche Knöchel/Fuß, Knie und Unterschenkel (Achillessehne) die am häufigsten betroffenen Regionen der unteren Extremitäten dar (Gosling et al., 2008a; McHardy et al., 2006).

Bezogen auf alle Verletzungen sind in der Literatur Werte für das Knie von 14 % (Vleck & Garbutt, 1998) bis 63 % (O'Toole et al., 1989) und für den Knöchel/Fuß von 9 % (Manninen & Kallinen, 1996) bis 35 % (Egermann et al., 2003) zu finden (Gosling et al., 2008a). In der Studie von Cipriani et al., (1998) und Manninen und Kallinen (1996) betreffen jeweils 61 % der Verletzungen Knie, Fuß/Knöchel und Unterschenkel, wobei davon das Knie als am meisten betroffene Zone alleine 25 % und 54 % ausmacht.

Knie, Knöchel/Fuß und der Lendenwirbelsäulenbereich sind laut der Literatur die drei Hauptbeschwerdebereiche eines Triathleten, einer Triathletin (Vleck & Garbutt, 1998; Vleck et al., 2013). Chronische Beschwerden im Knie hatten 42,7 % der AthletInnen und 31,2 % im LWS-Bereich (Egermann et al., 2003). Verletzungen am Fuß/Knöchel betrafen 23 % der TriathletInnen in der Studie von Korkia et al. (1994), in welcher dieser Bereich gemeinsam mit Knie und Unterschenkel die am häufigsten betroffenen Körperebenen darstellen. Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule oder aufgrund eines Ischias-syndroms waren die höchsten angegebenen Werte mit 72 % der TriathletInnen in der Studie von O'Toole et al. (1989) und 67,8 % in der Studie von Villavicencio et al. (2006). 32 % waren es in der Studie von Manninen und Kallinen (1996).

Rücken- und Schulterprobleme bei Langdistanzbewerben werden in der Literatur kumuliert mit 19 % (Egermann et al., 2003) bis 72 % (O'Toole et al., 1989) aller Verletzungen angegeben (Gosling et al., 2008a). Verletzungen der oberen Extremitäten treten mit 6,5 - 24,4 % auf (Migliorini, 1991; Williams et al., 1988).

Der Großteil der Verletzungen der oberen Extremitäten im Triathlon resultiert vom Schwimmen, wobei die Schulter die Hauptlokalisation darstellt (Burns et al., 2003; Egermann et al., 2003; Galera et al., 2012; Korkia et al., 1994; Manninen & Kallinen, 1996). Werte zwischen 1 - 12 % sind in der Literatur vorzufinden (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Egermann et al., 2003; Galera et al., 2012; Gosling et al., 2008b; Gosling et al., 2010; Korkia et al., 1994; Massimino et al., 1988; Migliorini, 1991; Vleck et al., 2010; Zwingenberger et al., 2014).

In den Tabellen 17 und 18 werden die von Verletzungen am häufigsten betroffenen Körperregionen und -strukturen und in Tabelle 19 die stoffwechselbedingten Überlastungsbeschwerden im Triathlon nach Studien zusammengefasst. Dabei sind die Studien unterschiedlicher Untersuchungsdesigns gekennzeichnet.

Tabelle 17: Anteil (%) von Verletzungen nach Körperregionen im Triathlon (modifiziert nach McHardy et al., 2006, S. 133)

AutorInnen	Schulter	Rücken	Knie	Unter- schenkel	Fuß/ Knöchel	Nacken
Massimino et al. (1988)		10	22	4 ^{AT}	21	
Collins et al. (1989)	13,8	4,2	25,1	17,4	12,6	4
Korkia et al. (1994) ^{P, CS}	1,3	15,7	18,6	17,1	30	1,3
Korkia et al. (1994) ^R	4,9	7,8	32	22	38	
Manninen & Kallinen (1996)	8,6	27,6	33,3	12	11,4	3,8
Vleck & Garbutt (1998) ^{E,M,OD}	8,3	17,9	14,2	14,3 ^{AT}	3,6	16,7
Vleck & Garbutt (1998) ^{D,M,OD}	14,2	29,4	17,9	17,6 ^{AT}	-	-
Vleck & Garbutt (1998) ^{C,M,OD}	-	15,8	21,9	10,3 ^{AT}	4,1	-
O'Toole et al. (1989)*		72	63		61	
Cipriani et al. (1998)	7	8	25	12	24	
Egermann et al. (2003) ^{OU*}	19,1	31,2	42,7	27,4 ^{AT}	22,4	
Egermann et al. (2003) ^{OA*}	57,6	26,8	66,6	77,7 ^{AT}	59,2	
Burns et al. (2003) ^{PS}		13	15	19	30	
Burns et al. (2003) ^{CS}		15	17	17	35	
Villavicencio et al. (2006)*		67,8	32			48,3
Tennant (2007)*	17	11,4	22	8 ^{AT}	15	5,4
Gosling et al. (2010) ^{FR}			24,1	9,2	16	
Gosling et al. (2010) ^{SP/OD}			9,6	12,2	34	
Vleck (2010b, S. 74) ^{S*}	14,1	23,9	39,4	22 ^{AT}	8,5	4,2
Vleck (2010b, S. 74) ^{OD*}	17,4	28,3	37	26,9 ^{AT}	13	4,3
Vleck (2010b, S. 74) ^{LD*}	8	24	44	12 ^{AT}	0	4
Vleck (2010b, S. 74) ^{E,F,OD*}	14,3	14,3	28,6	0	14,3	0
Vleck (2010b, S. 74) ^{D,F,OD*}	10	10	20	30 ^{AT}	10	0
Vleck (2010b, S. 74) ^{E,F,LD*}	0	16,7	50	16,7 ^{AT}	0	0
Vleck (2010b, S. 74) ^{E,M,OD*}	8,3	41,7	41,7	50 ^{AT}	16,7	16,7
Vleck (2010b, S. 74) ^{D,M,OD*}	23,5	29,4	47,1	17,6 ^{AT}	11,8	0
Vleck (2010b, S. 74) ^{E,M,LD*}	8	24	44	12 ^{AT}	0	4
Vleck et al. (2010) ^{R,OD,M,OU*}	8,5	41,5	41	50	6,5	16
Vleck et al. (2010) ^{R,LD,M,OU*}	8	24	42,5	12	-	4
Galera et al. (2012)	8,3	13,3	18,3	11,6	23,9	
Andersen et al. (2013) ^{OU}	18	17,1	21,6	21,6	18,4	0,2
Zwingenberger et al. (2014) ^R	6	1	20	21	13,3	
Zwingenberger et al. (2014) ^P	1,9	5,6	33,3	24,7	20,1	

* relativer Anteil an ProbandInnen, sonst an Verletzungen; AT = Achilles tendon; C = club athletes (age-group men Olympic distance); CS = competitive season; D = development athletes (sub-elite men Olympic distance); E = elite athletes (elite men Olympic distance); F = female; FR = Fun race; LD = long distance; M = men; OA = overused associated; OD = Olympic distance; OU = overuse; P = prospective; PS = preseason; R = retrospective; S = Squad athletes; SP = Sprint distance

Tabelle 18: Anteil (%) von Verletzungen nach betroffenen Körperstrukturen im Triathlon

Beschwerdebild	%	AutorInnen
Muskel-/Sehnenverletzungen	30	Ireland & Michelli (1987)
	33,1*	Egermann et al. (2003)
	38	Zwingenberger et al. (2014) ^R
	46	Zwingenberger et al. (2014) ^P
	47	Migliorini (1991)
	55*	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
	54,3	Galera et al. (2012)
	57	Migliorini (1991)
Muskelzerrungen	0	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	1,4	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
	4,5	Gosling et al. (2010) ^F
	12	Gosling et al. (2010) ^{SP/OD}
	25,3	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
	35	Migliorini (1991)
	35	Korkia et al. (1994) ^R
Muskelrisse	5	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
	22	Korkia et al. (1994) ^R
Sehnenentzündungen	1,6	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	5,6	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
	6,4	Galera et al. (2012)
	8	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
	13	Migliorini (1991)
	25	Korkia et al. (1994) ^R
Band-/Gelenkverletzungen	0	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	1,4	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
	6	Massimino et al. (1988)
	7	Zwingenberger et al. (2014) ^R
	10	Andersen et al. (2013)
	28*	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
	29*	Egermann et al. (2003)
	32	Zwingenberger et al. (2014) ^P
Prellungen und Abschürfungen	3,3	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	8,3	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
	9,2	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
	15,4	Galera et al. (2012)
	17	Andersen et al. (2013)
	22	Zwingenberger et al. (2014) ^P
	24,9	Gosling et al. (2010) ^{SP/OD}
	51,1*	Egermann et al. (2003)
	51,7	Gosling et al. (2010) ^F
Blasen	54	Zwingenberger et al. (2014) ^R
	2,8	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
	4,5	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
	4,5	Gosling et al. (2010) ^F
	6,6	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	18,7	Gosling et al. (2010) ^{SP/OD}
	23	Ireland & Michelli (1987)
	27	Korkia et al. (1994)

	0	Zwingenberger et al. (2014) ^P
	0	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	1	Zwingenberger et al. (2014) ^R
	2	Korkia et al. (1994) ^{P, CS}
Fraktur	2	Gosling et al. (2010)
	2,8	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
	4,8	Galera et al. (2012)
	10	Andersen et al. (2013)
	11,9*	Egermann et al. (2003)

* relativer Anteil an ProbandInnen, sonst an Verletzungen; CS = competitive season; F = female; LD = long distance; MD = middle distance; OD = Olympic distance; P = prospective; R = retrospective; SP = Sprint distance

Tabelle 19: Stoffwechselbedingte Überlastungsbeschwerden im Triathlon

Beschwerdebild	%	AutorInnen
	50,8*	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	37,7*	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
Dehydration	58*	Hiller et al. (1987) ^{DE}
	72*	Laird (1989) ^{DE}
	38,9*	Rimmer & Coniglione (2012) ^{MD}
Muskelkrampf	36,1*	Rimmer & Coniglione (2012) ^{LD}
	2,2	Gosling et al. (2010) ^{FR}
Kollaps	5,8	Gosling et al. (2010) ^{SP/OD}

* relativer Anteil an ProbandInnen, sonst an Verletzungen; DE = Dehydration & Erschöpfungszustände; FR = Fun race; LD = long distance; MD = middle distance; OD = Olympic distance; SP = Sprint distance

Wenn die Daten von Studien, die nur bestimmte Körperbereiche wie zum Beispiel Nacken- und Lendenwirbelsäulenbereich (Villavicencio et al., 2006; Villavicencio et al., 2007) untersuchten, nicht zu ungunsten der nicht untersuchten Körperbereiche ausgelegt werden, dann sind laut Literatur generell die unteren Extremitäten am häufigsten von Verletzungen betroffen (Vleck, 2010a).

Gosling et al. (2008a) sprechen daher in diesem Zusammenhang von einem „over-reporting“ und „under-reporting“ bestimmter Körperregionen. Zurückzuführen ist dies auf die Kategorisierung der Verletzungen, welcher Bereich von welcher Verletzungsart betroffen ist und ob die verletzten Körperbereiche gesondert oder in Gruppen vermerkt wurden. Ein Beispiel dafür wäre die Studie von Burns et al. (2003). Der Fragebogen verlangt von den ProbandInnen Informationen über die verletzten Körperbereiche, die exklusiv nur die unteren Extremitäten, Hüfte und Rücken betrafen. Die angegebene Definition der Verletzungen lautete jedoch: „... any bone or soft tissue problem...“.

In den meisten Studien wurde jedoch der Fokus nur auf Verletzungen ein oder mehrerer spezieller Körperregionen gelegt, anstatt den Schweregrad für all die vermerkten betroffenen Regionen anzugeben. Daher fällt die Bewertung der Körperregionen, welche allgemein am schwerwiegendsten betroffen sind oder welche Arten von Verletzungen die größten Konsequenzen mit sich bringen, schwierig (Vleck et al., 2013).

Es existieren Unterschiede zwischen Männern und Frauen (Collins et al., 1989; Vleck, 2010b, S. 69ff.), Kurzdistanz- und LangdistanzathletInnen (Vleck et al., 2010) und „elite“- und „non-elite“-TriathletInnen (Shaw et al., 2004; Vleck & Garbutt, 1998) hinsichtlich der Verletzungsverbreitung der betroffenen Körperregionen. Dies wurde jedoch noch nicht eindeutig belegt, resultiert wahrscheinlich aus den Unterschieden der Trainings-schwerpunkte oder der technischen Fähigkeiten, oder beides. Als Beispiel werden das Iliotibiale Band-Syndrom (ITBS) und die Beschwerden der Achillessehne, die jeweils häufiger bei „age group“- und „elite“- TriathletInnen vorkommen, angeführt (Vleck et al., 2010).

4.1.9 Einfluss und Ausmaß der Verletzungen auf den Sport-Alltag

Williams et al. (1988 zit. n. Gosling et al., 2008a) fassten in ihrer Studie zusammen, dass bei retrospektiven Untersuchungen 20 % aller verletzten TriathletInnen ihre Verletzungen als schwerwiegend genug erachteten, die Ausübung eines Trainings oder Wettkampfs zu stoppen (Williams et al., 1988). Bei den unterschiedlichen Leistungsklassen mussten aufgrund von Verletzungen 17 % das Schwimmtraining einstellen, 26 - 75 % das Rad- und 42 - 67 % das Lauftraining (Vleck & Garbutt, 1998). In der prospektiven Untersuchung von Korkia et al. (1994) wurden ähnliche Ergebnisse angeführt: 21 % der verletzten AthletInnen wurden am Schwimmen, 37 % am Radfahren und 78 % am Laufen gehindert. 33 % der TeilnehmerInnen mussten auf ein Rad- und Lauftraining, 18 % auf ein Schwimm- und Lauftraining und 16 % auf ein Schwimm- und Radtraining verzichten.

In 16 % der Fälle sind die Verletzungen so schwerwiegend, dass eine Trainingspause in allen drei Disziplinen vollzogen wurde. 17 % der verletzten StudienteilnehmerInnen konnten aufgrund der Beschwerden an einem geplanten Wettkampf nicht teilnehmen und fünf Verletzungen führten zu einem Fernbleiben vom Arbeitsplatz (Korkia et al., 1994).

Wilk et al. (1995) vermerkten, dass aufgrund einer Verletzung eine Unterbrechung des Trainings in 78 % der Fälle und ein Absagen eines geplanten Wettkampfs in 33 % der Fälle stattfand. Eine Hinderung der täglichen Aktivitäten im Alltag kam in 64 % und ein Fernbleiben vom Arbeitsplatz in 15,3 % der Fälle zum tragen. Nur 4,2 % der Verletzungen führten zu einem permanenten Verlust einer Funktion oder einer Beeinträchtigung.

Die verlorene Trainingszeit durch eine Verletzung beträgt bei Langdistanzathleten und -athletinnen im Durchschnitt 2 bzw. 1 bis 2,5 Monate (O'Toole et al., 1987a). Ireland und Michelli (1987) kamen auf einen Durchschnittswert von drei Wochen mit einem Bereich von 0 bis 9 Monaten. Die auferlegte Trainingspause durch Überlastungsverletzungen bei unterschiedlichen Leistungsklassen der Olympischen Distanz unterschied sich nicht signifikant. „Elite“-Athleten pausierten im Durchschnitt $33,4 \pm 43,0$ Tage, „development“-Athleten $43, \pm 41,0$ und „club“-Athleten $74,2 \pm 167,2$ Tage. Die angeführten Tage der Trainingsunterbrechung waren bei allen drei Disziplinen geringer unter den „elite“- und „development“-Gruppen. Bei „Elite“-, „development“- und „club“-Athleten war die Unterbrechung des Trainings auf Lauf- und Radverletzungen mit 87,2 % und 79,7 %, 100 % und 42,7 % und 90,4 % und 27,8 % zurückzuführen (Vleck & Garbutt, 1998). In der

prospektiven Studie von Korkia et al. (1994) wurden 84 % der AthletInnen mit Überbelastungsverletzungen zu einer Trainingspause von 7 Tagen, 13 % von 7 bis 21 Tagen und 3 % von über 3 Wochen gezwungen.

Tabelle 20: Einschränkungen im Training und Alltag durch triathlonbedingte Verletzungen in (%)

AutorInnen	S	R	L	GT	WK
Zwingenberger et al. (2014)	-	-	-	-	-
Galera et al. (2012)*	29	38,5	85,5	23	-
Vleck et al. (2010) ^{OD,M,*}	16,7	50	41,7	-	-
Vleck et al. (2010) ^{LD}	-	-	-	-	-
Villavicencio et al. (2006) ^A	-	-	-	24,3 ^{LB} ; 21,4 ^N	-
Villavicencio et al. (2006) ^{SA}	-	-	-	50 ^{LB} ; 80 ^N	-
Villavicencio et al. (2006) ^{CH}	-	-	-	71,4 ^{LB} ; 11,1 ^N	-
Vleck & Garbutt (1998) ^{E,M,*}	16,7	50	41,7	-	-
Vleck & Garbutt (1998) ^{D,M,*}	16,7	75	66,7	-	-
Vleck & Garbutt (1998) ^{C,M,*}	16,7	26,2	53,6	-	-
Manninen & Kallinen (1996)*	-	-	-	56 ^{LB}	-
Wilk et al. (1995)	-	-	-	78	33
Korkia et al. (1994)*	21	37	78	16	17
Collins et al. (1989)	-	-	-	-	-
Ireland & Michelli (1987)	-	-	-	-	-
O'Toole et al. (1987a)	-	-	-	-	-

* relativer Anteil an ProbandInnen; A = acute; C = club athletes (age-group men Olympic distance); CH = chronic; D = development athletes (sub-elite men Olympic distance); E = elite athletes (elite men Olympic distance); GT = Gesamttraining; L = Laufen; LB = LWS; LD = long distance; M = Männer; N = Nacken; OD = Olympic distance; R = Radfahren; S = Schwimmen; SA = subacute; WK = Wettkampf

Tabelle 21: Einschränkungen im Training und Alltag durch triathlonbedingte Verletzungen

AutorInnen	TA	BA	PS	Dauer			
				S	R	L	G
Zwingenberger et al. (2014)	-	-	-	0T	7 T	10 T	-
Galera et al. (2012)*	-	-	-	-	-	-	-
Vleck et al. (2010) ^{OD,M,*}	-	-	-	0T	13T	29T	34T
Vleck et al. (2010) ^{LD,M}	-	-	-	4T	18T	12T	17T
Villavicencio et al. (2006) ^A	-	-	-	-	-	-	<7T
Villavicencio et al. (2006) ^{SA}	-	-	-	-	-	-	7T-3M
Villavicencio et al. (2006) ^{CH}	-	-	-	-	-	-	>3M
Vleck & Garbutt (1998) ^{E,M,*}	-	-	-	0T	13T	29T	33T ^{OU}
Vleck & Garbutt (1998) ^{D,M,*}	-	-	-	0T	20T	54T	44T ^{OU}
Vleck & Garbutt (1998) ^{C,M,*}	-	-	-	13T	21T	71T	74T ^{OU}
Manninen & Kallinen (1996)*	-	-	4	-	-	-	-
Wilk et al. (1995)	64	15,3	4,2	-	-	-	-
Korkia et al. (1994)	-	-	-	-	-	-	-
Collins et al. (1989)	-	-	-	5T	5T	17T	-
Ireland & Michelli (1987)	-	-	-	-	-	-	3W
O'Toole et al. (1987a)	-	-	-	-	-	-	2M ^M ; 1-2,5M ^F

* relativer Anteil an ProbandInnen; A = acute; BA = Berufsausfall; C = club athletes (age-group men Olympic distance); CH = chronic; D = development athletes (sub-elite men Olympic distance); E = elite athletes (elite men Olympic distance); F = Frauen; G = gesamt; L = Laufen; LD = long distance; M = Männer; M = Monate; OD = Olympic distance; OU = overuse; PS = permanenter Schaden; R = Radfahren; S = Schwimmen; SA = subacute; T = Tage; TA = tägliche Aktivität; W = Wochen

In den Tabellen 20 und 21 sind die Einschränkungen in Training und Alltag, Aktivitäten und Beruf durch triathlonbedingte Verletzungen veranschaulicht. Des Weiteren sind die zeitlichen Unterbrechungen der einzelnen Disziplinen im Training und einer völligen Trainingspause angeführt.

Gosling et al. (2008a) bekräftigte, dass ein Vergleich von Studien, welche die Auswirkungen von Verletzungen auf Training und Wettkampf beschreiben, aufgrund der Verwendung von retrospektiven Methoden der Datengenerierung, der Unterschiede der Messungsmethoden des wichtigen Aspektes des Schweregrads und der Gültigkeit in den Definitionen einer berichtspflichtigen Verletzung schwierig ist. In den Studien, welche die Zeit von Trainingsunterbrechungen beschreiben, ist es nicht ersichtlich, ob dies die Folge von kumulativen Ereignissen oder von einem diskreten Verletzungsereignis ist.

Der Bezug auf die tatsächlich verlorene Zeit im gesamten Training verbirgt das Potential der Irreführung für die Angaben von Verletzungshäufigkeiten. Viele verletzte TriathletInnen stoppen nicht, sondern modifizieren ihr Training und stellen meist nur in einer der drei Disziplinen ihre Aktivität ein. Zusätzlich beeinflusst dies der auf dem interdisziplinären Training beruhende „carry-over“-Effekt (Vleck & Garbutt, 1998). Dieser Effekt charakterisiert den Einfluss einer oder mehrerer Sportarten auf eine andere. Beim Triathlon ist dies unter anderem die Auswirkung der Vorbelastung durch Schwimmen und Radfahren auf das Auftreten von Verletzungen beim Laufen.

Die Auswirkung eines trotz Verletzung fortgeführten Trainings ist ungewiss, jedoch könnte dies den Schweregrad einer und das Wiederauftreten einer früheren Verletzung fördern (Burns et al., 2003; Burns et al., 2005; Korkia et al., 1994).

4.2 Schwimmen

In den folgenden Unterkapiteln werden nur diejenigen schwimmspezifischen Inhalte angeführt, die rein auf triathlonspezifische Studien beruhen. Die verbleibenden Inhalte, die in den triathlonspezifischen Studien angeführt sind, aber ursprünglich von AutorInnen reiner Schwimmstudien stammen, werden mit den Inhalten der „SpezialistInnen“ behandelt. Dieses Kapitel befasst sich ausschließlich mit Darstellungen von Verletzungen und deren Faktoren und nicht mit Verbesserungsvorschlägen sowie Möglichkeiten der Abhilfe und der Linderung von Verletzungen.

An dieser Stelle wird erwähnt, dass die Inhalte des disziplinspezifischen Teils des Kapitels 4.2.1 vorwiegend aus der Diplomarbeit „Schulterschmerzen im Schwimmsport – Faktoren-Ursachen-Folgen“ des Autors (Höden, 2009) stammen. Infolgedessen wird auf die Sekundärzitate verzichtet und nur die Primärquellen der betroffenen Inhalte angeführt.

Eingangs wird generell auf die Verletzungproblematik im Schwimmen bei reinen SchwimmerInnen und TriathletInnen eingegangen. Daran anschließend werden die Schulterschmerzen, als häufiger Beschwerdebereich im Schwimmen, und deren Ursachen basierend auf der disziplinspezifischen und der triathlonspezifischen Literatur beschrieben.

Vorweg ist **im Allgemeinen** anzumerken, dass die erlaubte Verwendung eines Neoprenanzugs und das Schwimmen im offenen Gewässer Unterschiede zum Schwimmen im Becken mit sich bringen. Dennoch ist das Schwimmen im Triathlon stark von den SpezialistInnen geprägt. Dies zeigt sich einerseits bei den TriathletInnen selbst, weil in dieser Disziplin die SpezialistInnen als Vorbild gelten und als solche zeitliche sowie technische Orientierungspunkte vermitteln. Andererseits wird in der triathlonspezifischen Literatur in Relation zu den anderen beiden Disziplinen wenig auf das Thema Schwimmen eingegangen. Dies gilt besonders in Bezug auf Beschwerden und Verletzungen. Nur eine Studie, die rein dieses Thema behandelt, und nur eine Handvoll Reviews, die auf dieses Thema eher kurz eingehen, sind im Netz, im Speziellen in der englischsprachigen textbasierten Meta-Datenbank ‚PubMed‘ mit medizinischen Artikeln, zu finden. Dabei ist anzumerken, dass in diesen Artikel die Studien der „SpezialistInnen“ zitiert werden. Dies gilt auch für die beiden ausführlichsten triathlonspezifischen Artikeln von Bales und Bales (2012) und McHardy et al. (2006) zu dem Thema Beschwerden und Verletzungen im Schwimmen.

In der **disziplinspezifischen** Literatur werden akut-traumatische Verletzungen im Schwimmsport beim reinen Ausführen der Schwimmbewegung kaum erwähnt. Sie treten eher außerhalb des Beckens oder durch Unachtsamkeiten auf. Kopf-, Wirbelsäulen-, Finger-, Hand-, Arm- und Fußverletzungen können folgende Ursachen haben: Ausrutschen auf glatten Fliesen in Schwimmbädern, Startsprungübungen im seichten Wasser, ungeschicktes Anschlagen oder Wenden, Versäumen der Rückenwende, falsche Rollwende, Kollisionen mit den Wave-Killer-Leinen, mit den Paddles vorbeischwimmender KollegInnen oder mit den KollegInnen selbst. Zusätzlich können Schläge und Tritte auf die Schwimmbrille zu Verletzungen des Lides und der Augenhöhle führen (Gellrich, 1996, S. 196f.; Marka, 2005, S. 120).

Beim Schwimmsport wird das Verletzungsrisiko vor allem durch das Training außerhalb des Beckens wie beim Land- und Krafttraining erhöht. Außerdem treten bei SchwimmerInnen im Vergleich zum „Landsport“ vermehrt Affektionen im Hals-Nasen-Ohrenbereich sowie grippale Infekte auf (Gellrich, 1996, S. 196f.; Marka, 2005, S. 120).

Wie bei der Ausübung vieler Leistungssportarten treten auch beim Leistungsschwimmen vorwiegend chronische Schäden auf, die durch Überbeanspruchung und Überlastung am Haltungs- und Bewegungsapparat im Sinne von Summationseffekten von zyklischen Bewegungsabläufen ausgelöst werden (Höltke et al., 1996).

Das Schwimmen macht beim **Triathlon** ein Drittel der Disziplinen aus, jedoch spiegelt sich dies nicht im zeitlichen Anteil an der Endzeit eines Triathlons wider. Die Schwimm-, Rad- und Laufabschnitte machen auf der Lang- und Kurzdistanz in etwa 10 %, 50 % und 40 % (Egermann et al., 2003) sowie 20 %, 50 % und 30 % (Vleck & Garbutt, 1998; Vleck et al., 2010) der Gesamtzeit aus.

Schwimmen stellt im Triathlon die Disziplin dar, welche die geringste Verletzungsrate und Anzahl von Ruhetagen nach Verletzungen aufweist. Jedoch ist es diese Disziplin, welche

die höchste Sterberate verzeichnet (Zwungenberger et al., 2014). Von 2006 bis 2008 wurden die Triathlonbewerbe in den USA analysiert. In diesem Zeitraum geschahen bei einer Gesamtanzahl von 959.214 TeilnehmerInnen 13 von 14 Todesfällen (1,5 Todesfälle pro 100.000 TeilnehmerInnen) während des Schwimmens und einer während des Radfahrens. Die Todesfälle beim Schwimmen sind auf Herzabnormalitäten wie bösartige Herzrhythmusstörungen des Typ 1 des Long-QT-Syndroms (Choi et al., 2004) und katecholaminerge polymorphe ventrikuläre Tachykardie (CPVT) (Constantini et al., 2010) sowie auf ein zu großes Starterfeld beim Massenstart zurückzuführen. Dabei waren die Bewerbe mit einer Schwimmstrecke <750 m und >1500 m mit einer höheren Sterberate versehen als Strecken zwischen 750–1500 m (Harris et al., 2010). Beim Hawaii Ironman betreffen nur 1 - 3 % der medizinischen Hilfeleistungen den Schwimmabschnitt, wobei jedoch das Schwimmen das größte Risikopotential für Notsituationen wie Ertrinken und Hypothermie verbirgt (Holtzhausen & Noakes, 1997). Die Schwimmstrecke wird meist im Freiwasser wie in Flüssen, Seen und dem Meer durchgeführt, wo häufig eine schlechte Unterwassersicht vorzufinden ist und somit das Risiko des Ertrinkens eines Teilnehmers/einer Teilnehmerin erhöht wird (Dallam et al., 2005).

4.2.1 Verletzungen der Schulter

Die Sportverletzungen im Bereich des Schultergürtels können entweder durch akut-traumatische Verletzungen oder durch chronische Belastungen hervorgerufen werden. Auf die akut-traumatischen Verletzungen wird in diesem Kapitel nicht näher eingegangen, weil sie nicht auf das Schwimmtraining zurückzuführen und daher für die Themenstellung nicht relevant sind.

Generell betreffen etwa 5 - 8 % aller Verletzungen des menschlichen Körpers das Schultergelenk, davon 3 % durch Überbeanspruchung und Überlastung (Dann & Wahler, 2005).

In der **disziplinspezifischen** Literatur bzw. aus Sicht des Schwimmsports stellt die Schulter einen prekären Bereich dar. Bei Überkopfbewegungen und -belastungen geht die Schulter ständig einen Kompromiss zwischen Mobilität und Stabilität ein. Das Schultergelenk ist unter Einbezug der Schultergürtelgelenke das beweglichste Gelenk des Menschen und das am meisten beanspruchte Gelenk im Schwimmsport, da der Großteil der Fortbewegung durch die obere Extremität erfolgt. Einerseits soll die Schulter stabil und stark genug sein, um den Belastungen standhalten zu können, andererseits soll sie beweglich genug sein, um die technischen Anforderungen erfüllen zu können. In den endgradigen Bewegungswinkeln werden ständig kraftvolle Armzüge durchgeführt und es ist daher nicht verwunderlich, dass das Schultergelenk hauptsächlich für Beschwerden bei den SchwimmerInnen sorgt (Gellrich, 1996, S. 197; Seil et al., 2005; Stocker et al., 1995). Hall (1980) untersuchte 80 SpitzenschwimmerInnen der USA mit dem Ergebnis, dass bei 67% Schulter-, 30% Knie- und 20% Rückenbeschwerden vorlagen. Die Harmonie zwischen optimaler Mobilität und Stabilität kann aufgrund der hohen sportartspezifischen Anforderungen im Leistungsschwimmsport leicht aus dem Gleichgewicht geraten.

Charakteristiken von Schulterschmerzen

In diesem Kapitel werden die Häufigkeit, Lokalisation und das zeitliche Auftreten von Schulterschmerzen sowie deren Abhängigkeit vom Schwimmstil und -distanz beschrieben.

Häufigkeit von Schulterschmerzen

Bezüglich der Häufigkeit der Schulterschmerzen weisen die vorliegenden Studien eine große Streuung auf.

Kennedy und Hawkins (1974) führten die erste in der Literatur auffindbare Studie zu diesem Thema durch. Sie untersuchten 2.496 kanadische SchwimmerInnen mit dem Ergebnis, dass 81 (~3 %) von ihnen Schulterbeschwerden angaben. Nachfolgende Studien ergaben immer höhere Werte, wobei sie bei denjenigen, die zumindest einmal von Schulterschmerzen betroffen waren, zwischen 31 % und 80 % schwankten (Dominguez, 1978, S. 105; Höltnke et al., 1996; McMaster & Troup, 1993; McMaster et al., 1998; Richardson et al., 1980; Rupp et al., 1995).

Aus Sicht des Autors dieser Arbeit ist der Anstieg der Werte nachfolgender Studien gegenüber Kennedy und Hawkins (1974) nachvollziehbar, da die Anforderungen an die SchwimmerInnen wie Trainingsumfang und -intensität sowie Krafttraining in den darauf folgenden Jahren zunahmen. Außerdem spielen die Herkunft der SportlerInnen im Sinne der Trainingsphilosophie und Präferenzen der Trainingsinhalte sowie bereits im Trainingsprogramm verankerte Ausgleichsübungen eine Rolle.

Der Prozentsatz der Schwimmer, der zum Zeitpunkt der in der Literatur publizierten Studien an Schulterschmerzen litten, schwankt zwischen 9 - 35 % (Burchfield et al., 1994, S. 223; Dominguez, 1978, S. 105; McMaster & Troup, 1993; Rupp et al., 1995). In der Studie von McMaster und Troup (1993) wurden 1.262 Schwimmer nach dem Alter und den sich daraus ergebenden drei Leistungsklassen eingeteilt. Der relative Anteil der derzeit an Schulterschmerzen leidenden AthletInnen liegt in dieser Studie zwischen 10 - 26 %, wobei der Anteil der TeilnehmerInnen mit akuten Schulterschmerzen mit den höheren Leistungsklassen stieg.

Lokalisation von Schulterschmerzen

Aus den unter Schwimmern durchgeführten Studien wird ersichtlich, dass der Schulterschmerz bei 64 - 72 % der ProbandInnen eher anterior oder anterior-lateral auftritt (Bak & Fauno, 1997; Jobe et al., 1998, S. 1217; Richardson et al., 1980). Laterale Schmerzen treten mit einer Häufigkeit von 8 - 19 % auf, posteriore und nicht genau lokalisierbare Schmerzen treten ungefähr gleich häufig auf und schwanken zwischen 8 % und 12 %. Die Schmerzlokalisierung ist dabei meist sehr schwierig und diffus (Bak & Fauno, 1997; Burchfield et al., 1994, S. 223f.; Richardson et al., 1980).

In etwa 20 - 64 % der Fälle der unter Schulterschmerzen leidenden SchwimmerInnen sind beide Schultern betroffen (Bak & Fauno, 1997; McMaster & Troup, 1993; McMaster et al., 1998; Richardson et al., 1980). Ein hoher Anteil (81 %) der an bilateralen Symptomen leidenden SchwimmerInnen gaben Delphin als ihre erste oder zweite Lage an. Die

gleichzeitige Abduktion und Elevation bis zum Maximum, um eine maximale Reichweite bei fehlender Körperrollbewegung zu erreichen, unterstützt das Auftreten von Schulterbeschwerden (Richardson et al., 1980). Die Anzahl der Schwimmjahre sind dabei nicht ausschlaggebend für einseitige oder beidseitige Schulterbeschwerden (Bak & Fauno, 1997).

Auftreten von Schulterschmerzen

Bak und Fauno haben das Auftreten der Schmerzen in vier Phasen unterteilt. Die relativen Werte geben den Anteil an den 49 untersuchten Schultern wieder (Bak & Fauno, 1997):

- Phase 1: Schmerzen nach dem Training (20 %)
- Phase 2: Schmerzen während des Trainings und nach dem Training (59 %)
- Phase 3: Schmerzen, die einen Trainingsabbruch zur Folge haben (18 %)
- Phase 4: Schmerzen, die kein Training zulassen (2 %)

Auffällig ist jedoch, dass Schulterschmerzen meist in der Früh- und Mittelsaison auftreten. In dieser Zeit sind besonders Trainingsumfang und -intensität sowie der Kraft- und Handpaddleanteil sehr hoch. In der Spätsaison nehmen die Quantität und der Kraftanteil stark ab, und das Auftreten der Schulterschmerzen ist mit etwa 8 % eher gering (Burchfield et al., 1994, S. 222; Richardson et al., 1980).

Schulterschmerzen in Abhängigkeit von dem Schwimmstil

In der Delphin-, Rücken- und Kraullage kommt der Hauptantrieb von den Armen, in der Brustlage hingegen von den Beinen. Dies ist generell der Grund, warum Delphin-, Rücken- und KraulschwimmerInnen besonders von Schulterschmerzen betroffen sind. Freistil ist die prädestinierteste Schwimmlage für Schulterschmerzen und jeder Schwimmer, jede Schwimmerin absolviert den größten Trainingsanteil in dieser Lage (Murphy, 1994, S. 411; Richardson et al., 1980).

Richardson et al. (1980) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass 75 % der an Schulterschmerzen leidenden AthletInnen Freistil und Delphin sowie 17 % Rücken als ihre Hauptwettkampfdisziplin angaben. In Summe ergibt das 92 %, von denen außerdem 90 % Delphin, Rücken und Kraul als ihre zweite Lage vermerkten (Richardson et al., 1980). Der Großteil der betroffenen BrustspezialistInnen (88 %) wies darauf hin, dass auch die meiste Trainingszeit in den anderen drei Lagen, besonders in der Freistillage, trainiert wird. Daher ist der Schulterschmerz eher nicht auf die Brusttechnik zurückzuführen (Jobe et al., 1998, S. 1214f.; Murphy, 1994, S. 411; Richardson et al., 1980). Die betroffenen SchwimmerInnen gaben an, dass Delphin die Schwimmlage sei, die am meisten Schmerzen hervorruft (McMaster & Troup, 1993).

Schulterschmerzen in Abhängigkeit von der Schwimmdistanz

Nach der Anzahl an Trainingskilometern und folglich der Zuganzahl müssten die LangstreckenschwimmerInnen am häufigsten von Schulterschmerzen betroffen sein. Einigen Untersuchungen zufolge tritt genau der umgekehrte Fall ein. Am meisten betroffen sind die Sprint- und MitteldistanzschwimmerInnen. Die Schulterschmerzen sind deshalb

weniger abhängig von den Trainingskilometern als angenommen. Daher müssen andere Faktoren ausschlaggebend für Schulterschmerzen sein (Bak & Fauno, 1997; Richardson et al., 1980).

Fakt ist, dass LeistungsschwimmerInnen meist ein Tagespensum von 6 - 20 km (zwei Einheiten pro Tag) an fünf bis sieben „Arbeitstagen“ pro Woche absolvieren. Die Trainingspausen insgesamt ergeben im Jahr ein bis zwei Monate, und eine Karriere dauert zwischen zehn und 15 Jahren, wenn nicht länger. Dies ergibt mit Durchschnittswerten von sieben Zügen je Arm pro Länge (25 m Becken), bei 10 km pro Tag, an fünf Tagen pro Woche und zehn Monaten Training pro Jahr gerechnet eine ungefähre Anzahl von einer Million Armbewegungen pro Schulter (Bak & Fauno, 1997; Richardson et al., 1980). Die Anforderung an die Schulter lässt sich bei hohem Trainingsvolumen mit Gesamttrainingsstunden von bis zu 40 h pro Woche und bis zu 20 km im Wasser pro Tag erahnen (Höltke et al., 1996).

Ursachen von Schulterschmerzen

Schäden des Schultergürtels, welche durch chronische Überbelastung ausgelöst werden, betreffen meistens das Glenohumeral-, Akromioklavikular- und das sogenannte Subakromialgelenk. Degenerative Veränderungen der Knorpel- und Knochenstrukturen (Laxität, Instabilität) betreffen die ersten beiden Gelenke, hingegen Veränderungen der Weichteilgewebe, zum Beispiel der Schleimbeutel oder der Rotatorenmanschette, das subakromiale Gelenk (Impingement). Zu beachten ist jedoch, dass sich Veränderungen der Knorpel- und Knochenstrukturen negativ auf die Weichteile des subakromialen Gelenks auswirken, dies aber auch umgekehrt der Fall ist (Kuttenkeuler, 1999, S. 35).

In der Literatur wird der Schulterschmerz im Leistungsschwimmsport meist auf ein Überlastungssyndrom zurückgeführt. Die Begriffe Instabilität und Impingement werden vorwiegend mit diesem Syndrom in Verbindung gebracht (Gellrich, 1996, S. 197f.; Glousman et al., 1988; Hawkins & Kennedy, 1974; Jobe et al., 1998, S. 1214; Schmidt-Wiethoff et al., 2000; Schmidt-Wiethoff & Schneider, 2003, S. 3f.).

Laxität als Ursache der Schulterschmerzen

Laxität steht für die Bezeichnung des individuellen Gelenkspiels. Bei überdurchschnittlich vorhandenem Gelenkspiel wird von einer Hyperlaxität gesprochen, die eine größere Verschiebbarkeit des Oberarmkopfes und letztendlich einen vergrößerten Bewegungsumfang zulässt (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.). Zurückzuführen ist dies auf eine vermehrte Dehnbarkeit der Kapsel sowie der Bänder (Kohn, 1999, S. 36). Hyperlaxität betrifft immer beide Schultern und alle Richtungen, sodass eher der Begriff multidirektionale Hyperlaxität verwendet werden soll (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.).

Wenn die Hyperlaxität in einem gewissen Rahmen im Sinne eines vergrößerten Bewegungsumfanges vorhanden ist, spricht man von einer physiologischen Hyperlaxität. Sie kann auch als Hypermobilität bezeichnet werden, denn die muskuläre Kontrolle ist über den gesamten Bewegungsablauf hinweg gewährleistet. Die physiologische

Hyperlaxität bereitet keine Beschwerden und liegt noch im Bereich der Norm. Deshalb besitzt sie keinen Krankheitswert (McMaster et al., 1998).

Wenn sich die Hyperlaxität jedoch vergrößert und die Gelenksverschiebungen die Schwelle von Stabilität zur Instabilität überschreitet, spricht man von einer pathologischen Hyperlaxität. Dies würden die betroffenen AthletInnen bemerken und mit freiwilligen Abwehr- und Ausweichbewegungen bei dementsprechenden Gelenksstellungen zu erkennen geben. Die pathologische Hyperlaxität stellt den fließenden Übergang von der physiologischen Hyperlaxität zur Instabilität dar und besitzt daher Krankheitswert (Kohn, 1999, S. 36; McMaster et al., 1998).

Nun wird ersichtlich, dass die Schwelle zwischen Hyperlaxität und Instabilität bei jedem Athleten, jeder Athletin individuell und schwer zu deuten ist. Eine genaue Abgrenzung gestaltet sich oft schwierig. Dies ist auch der Grund, warum die beiden Begriffe oft fälschlicherweise in einen Topf geworfen werden, obwohl sie nicht denselben Krankheitswert besitzen. Das klinische Bild und die klinischen Symptome geben Aufschluss über den Unterschied (McMaster et al., 1998).

Exzessive (pathologische) Hyperlaxität scheint sich immer mehr als ein dominanter Faktor für Schulterschmerzen zu entwickeln. Ein signifikanter mechanischer Faktor, den die SchwimmerInnen im Wasser zu bewältigen haben, ist der Widerstand. Dieser wird allgemein in passiven und aktiven Widerstand unterteilt. Passiver Widerstand wird von genetischen Faktoren wie Körperform und Körperverhältnissen, aktiver Widerstand von der Körperposition und der Handbewegung im Wasser beeinflusst (McMaster et al., 1998; McMaster, 1999).

Die Faktoren des passiven Widerstands können nur schwer von den AthletInnen verändert werden, daher bleibt nichts anderes übrig, als bei den aktiven Faktoren anzusetzen. Eine geringe Beweglichkeit, konkret Gelenkstraffheit, wirkt sich negativ auf die Schwimmtechnik, Zuglänge und letztendlich auf die Schwimmeffizienz aus. Dies ist auch der Grund, warum es bis zum Elite-Schwimmsport zu einer Art permanenten Selektionsprozess kommt. Es bleiben größtenteils nur mehr die SchwimmerInnen übrig, die aufgrund ihrer genetischen Veranlagung prädestiniert für den Schwimmsport sind, folglich effizienter trainieren und erfolgreicher sein können. Jene SchwimmerInnen, die nicht auf solche für den Schwimmsport entscheidenden genetischen Faktoren wie Gelenkbeweglichkeit, lange Körperprofile und große (aerobe) Ausdauerfähigkeit zurückgreifen können, verbleiben in den unteren Leistungsklassen oder wechseln zu anderen Sportarten (McMaster et al., 1998; McMaster, 1999).

Nun ist klar, weshalb gerade im Leistungsschwimmsport eine überdurchschnittliche Beweglichkeit vor allem im Bereich der Schulter anzutreffen ist. Ein effizientes Schwimmen, gute Leistungen und entsprechende Erfolge wären ohne diese Voraussetzung nicht möglich. Diese Tatsache führt nun dazu, dass bei einer genetisch veranlagten besseren Schulterbeweglichkeit einerseits und durch jahrelanges Training (Wasser- und Landtraining) andererseits, die Schulter unbewusst und bewusst für den Schwimmsport

sportartspezifisch adaptiert wird. Dies hat zur Folge, dass sich die meisten LeistungsschwimmerInnen an der Grenze zwischen Mobilität und Stabilität, an der Schwelle zwischen physiologischer Hyperlaxität und pathologischer Hyperlaxität, bewegen, um das größtmögliche Bewegungsausmaß zu nutzen.

Wenn durch nicht abgestimmtes, falsches oder übertriebenes Training hyperlaxitätsfördernde Trainingsaktivitäten vollzogen werden, wird die ohnehin schon gefährdete Balance zwischen Mobilität und Stabilität gestört. Dies führt zur pathologischen Hyperlaxität und sekundär auch zu anderen Beschwerden, die Schulterschmerzen verursachen. Fakt ist, dass ein starker Zusammenhang zwischen Schulterlaxität und Schulterschmerz (Instabilität) besteht (McMaster et al., 1998; McMaster, 1999).

Die Studien von Bak und Faunø (1997) sowie McMaster und Troup (1993) zeigten, dass 6 - 22 % der betroffenen AthletInnen Hyperlaxität aufzeigten. McMaster et al. (1999) gaben in ihrer Studie keine genauen Prozentzahlen bekannt, erwähnten aber, dass Hyperlaxität ein Dominator für Schulterbeschwerden sei.

Auslösende Faktoren der Laxität

Aufgrund sportartspezifischer Überdehnung und Überbeanspruchung der aktiven und passiven Stabilisatoren wirken verstärkte Scherkräfte an den Gelenkoberflächen. Das normale, trainingsbedingt adaptierte Kräfteungleichgewicht zwischen den mehr beanspruchten Adduktoren/Innenrotatoren und den vernachlässigten Abduktoren/Außenrotatoren würde eine stabile Schulter (kapsulo-ligamentärer Komplex) tolerieren. Bei einer laxen Schulter im Stadium der pathologischen Hyperlaxität führt dies hingegen zu pathologischen Gelenkverschiebungen und folglich zu Schulterschmerzen und Dysfunktionen (McMaster, 1999).

Das gleiche Problem tritt während des Schwimmzugs auf. Aufgrund der Stellung der Handflächen beim Unterwasserzug wirkt ein Kraftvektor auf den anterioren Bereich der Schulter ein. Eine hyperlaxe Schulter würde im Gegensatz zu einer stabilen Schulter diesen Scherkräften nicht standhalten, Verschiebungen des Schultergelenks, Schmerzen und Zerstörungen der Gelenkoberflächen wären die Folgen (McMaster, 1999).

Folgen der Laxität

Die Laxität kann ein großes Ausmaß an Folgen mit sich bringen, da die primäre Stabilisation nicht mehr vorhanden ist. Unter diese Folgen fallen Instabilität wie Subluxation (durch schweres Überkopfgewichtstraining), Dislokation, Impingement, Beschädigungen des Labrums und Gelenkverschiebungen besonders nach anterior (Dominguez, 1978, S. 105f.; McMaster, 1986; Richardson et al., 1980).

Schulterinstabilität als Ursache der Schulterschmerzen

Die Schulterinstabilität ist der Oberbegriff für die Instabilität des Schultergelenks und beschreibt die Problematik, dass bei normaler Schulteraktivität der Oberarmkopf nicht zentriert in der Gelenkspfanne gehalten werden kann (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 106; Heller et al., 1999, S. 30; Hermann & Von Torklus, 1995, S. 286). Die Instabilität

kann in den Gelenken in Form einer Subluxation und einer Luxation auftreten. Sie ist ein Symptom und besitzt Krankheitswert (Kohn, 1999, S. 36).

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von verschiedenen Unterteilungen und Abstufungen, welche die Problematik noch zusätzlich verkomplizieren. Die Einteilung und Beschreibung der Schulterinstabilität nach Warner et. al. (1995) erscheint dem Verfasser dieses Werkes am plausibelsten. Diese Einteilung, gezeigt in Tabelle 22, erfolgt nach dem Instabilitätsgrad, der (den) Richtung(en) der Instabilitäten, dem zeitlichen Verlauf und der Ursache (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 106; Warner, 1995 zit. n. Kessler & Kuster, 2006, S. 32).

Tabelle 22: Einteilung der Schulterinstabilität (modifiziert nach Echtermeyer, 2005, S. 106)

Merkmal	Ausprägung
Instabilitätsgrad	▪ Luxation ▪ Subluxation (Apprehension)
Richtung	▪ Unidirektional ○ anterior ○ posterior ○ inferior ○ superior ▪ multidirektional
Dauer/Häufigkeit	▪ akut ▪ chronisch ▪ chronisch-rezidivierend
Ursache	▪ traumatisch ▪ atraumatisch, kongenitale Laxität ○ unwillkürlich ○ willkürlich (positionsabhängig oder muskulär) ▪ repetitive Mikrotraumata

Nachstehend wird die in Tabelle 22 angeführte Gliederung erklärt. Aus Gründen der Vollständigkeit werden auch die Punkte, die nicht unbedingt im Schwimmsport auftreten, beschrieben. Auf die repetitiven Mikrotraumata, welche die Hauptursache für die Schulterinstabilität bei SchwimmerInnen darstellen, wird detaillierter eingegangen.

Instabilitätsgrad

Bei der Luxation tritt der Oberarmkopf total aus der Pfanne, und ein kompletter Kontaktverlust ist die Folge. Sie ist die eindrucksvollste Form der Schulterinstabilität (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.). Unter der Subluxation versteht man einen partiellen Kontaktverlust zwischen den beiden Gelenkspartnern aufgrund einer schmerzhaften und vergrößerten Verschiebbarkeit des Humeruskopfes während der Schulterbewegung. Die Apprehensionssymptomatik gilt als die Minimalform einer Subluxation. Sie ist die unwillkürliche muskuläre Anspannung, um eine Subluxation des Humeruskopfes zu vermeiden (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.).

Richtung

Bei der unidirektionalen Instabilität liegt eine Instabilität nur in einer Richtung vor, während bei der multidirektionalen mindestens eine Instabilität in zwei Richtungen vorliegen muss. Bei 95 % aller Instabilitäten luxiert der Oberarmkopf nach anterior-inferior, bei 2 - 3 % nach posterior. Eine multidirektionale Instabilität kommt mit 2 % eher selten vor (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107).

Bei SchwimmerInnen kann keine eindeutige Hauptinstabilitätsrichtung festgelegt werden, da die AutorInnen in ihren Studien zu unterschiedlichsten Ergebnissen kamen. Nachstehende Beispiele verdeutlichen dies.

McMaster (1986) nennt die anteriore Subluxation als häufigste Subluxationsrichtung bei Schwimmern. Kennedy und Hawkins (1980) kamen zu dem Ergebnis, dass die anteriore Subluxation vornehmlich bei RückenschwimmerInnen anzutreffen ist. Grund dafür ist die Bewegungsumstellung (Abduktion, Außenrotation) zwischen Zug- und Druckphase.

Bak und Faunø (1997) stellten bei einer Studie die anteriorinferiore Richtung als Hauptinstabilitätsrichtung fest.

Jobe (1998, S. 1217f.) und Souza (1994, 117f.) sprechen von einer vermehrten posterioren Subluxation, welche auf die repetitiven endgradigen Bewegungen und auf Muskeldysbalancen der Innen- und Außenrotatoren zurückzuführen ist.

Die anteriore Instabilität

Diese ist auf eine chronische Überlastung der anterioren kapsulo-ligamentären Stabilisatoren zurückzuführen, wodurch es zu einer stärkeren anterioren Translation des Oberarmkopfes kommt. Dies verursacht eine ständig verstärkte Abduktions- und Außenrotationsbewegung, welche vor allem bei der Bewegungsumstellung im Rückenschwimmen zwischen Zug- und Druckphase anzutreffen ist (Heller et al., 1999, S. 31; Schmidt-Wiethoff et al., 2000). Ebenso werden die anterioren kapsulo-ligamentären Stabilisatoren beim Ellbogenaufstellen in der Zugphase der Delphin-, Brust- und Kraullage sowie bei Beginn der Rückholphase in der Kraul- und Delphinlage strapaziert (Murphy, 1994, S. 417).

Die posterioren statischen Stabilisatoren (Kapsel, Bänder) und die Außenrotatoren versuchen dieser anterioren Translation (Subluxation) entgegenzuwirken. Dadurch werden diese überbeansprucht, und jener zusätzliche Stress führt zu Ermüdung und Entzündungen. Dies ist der Grund, warum durch eine anteriore Translation häufig ein posteriorer Schmerz verspürt wird (McMaster, 1999).

Die posteriore Instabilität

Sie ist auf eine chronische Überbelastung mit einhergehender ständiger Überdehnung der posterioren Gelenkkapsel zurückzuführen. Ursache für die Mikrotraumatisierung der hinteren Kapsel ist jene in der Unterwasserphase auftretende, kombinierte Belastung, welche durch Adduktion, Innenrotation und Verlangsamung des Armes ausgelöst wird (Heller et al., 1999, S. 32f.).

Die multidirektionale Instabilität

Die multidirektionale Instabilität tritt oft in Kombination mit einer multidirektionalen Hyperlaxität auf. Das heißt, dass durch repetitive Mikrotraumatisierung aufgrund sportartspezifischer Überbeanspruchung und Adaption bereits eine multidirektionale Hyperlaxität vorliegt. Durch kleine Traumen oder durch weitere Überbelastung kann es daher zu einer multidirektionalen Instabilität kommen, bei der mindestens eine Instabilität in zwei Richtungen vorliegen muss (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 126).

Es hat sich gezeigt, dass Schwimmer mit multidirektionaler Instabilität eine Risikogruppe für sekundäre Probleme wie Impingementsyndrom sind (McMaster, 1999).

Dauer/Häufigkeit

Von einer akuten Instabilität spricht man, wenn sie innerhalb von 24 Stunden bemerkt wird. Verweilt die Luxation über 24 Stunden im nicht reponierten Zustand, handelt es sich um eine chronische Instabilität. Eine chronisch-rezidivierende Instabilität bedeutet, dass es zu mehrmaliger Subluxation oder Luxation kommt (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107; Warner, 1995 zit. n. Kessler & Kuster, 2006, S. 32).

Ursache

Die traumatische Instabilität wird aufgrund einer unfallbedingten Verrenkung des Schultergelenks durch äußere Gewalteinwirkung auf den Arm oder direkt auf die Schulter hervorgerufen (Hermann & Von Torklus, 1995, S. 289). Diese tritt bei SchwimmerInnen im Zuge des Kraft- und Landtrainings selten auf, während des Schwimmens fast nie.

Die atraumatische Instabilität hingegen wird nicht durch ein adäquates Trauma, sondern bei Alltagsbewegungen oder im Schlaf ausgelöst (Hermann & Von Torklus, 1995, S. 286; Steinbeck, 2003, S. 17). Die habituelle Schulterverrenkung steht eigentlich für die atraumatische Instabilität und kann auch als Synonym verwendet werden, da die kongenitale Schulterinstabilität, angeborene Schulterverrenkungen aufgrund Schultergelenkdysplasie und Dysplasie-Syndromen, und pathologische Schulterinstabilität, Schulterverrenkungen aufgrund anderer Grunderkrankungen wie Lähmungen, selten vorkommen. Sie alle gehören in die Gruppe der unwillkürlichen Entstehung von Schulterverrenkungen (Hermann & Von Torklus, 1995, S. 289).

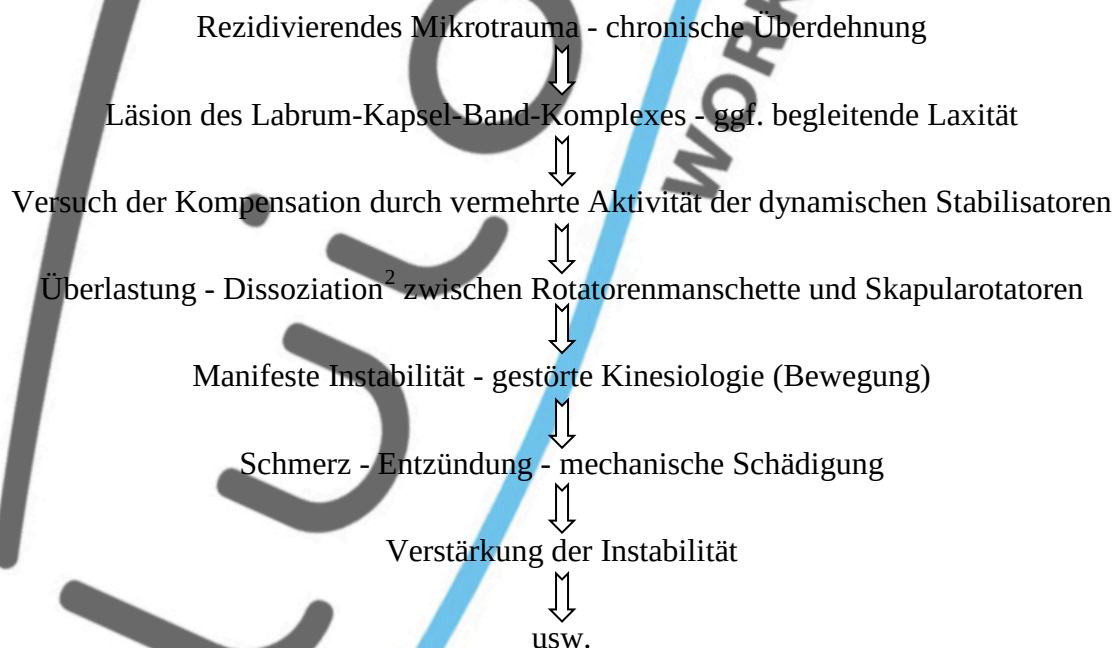
Unter der willkürlichen Schulterverrenkung versteht man das wiederholte Herbeiführen von Subluxationen und Luxationen durch muskuläre Fehlsteuerung, aktiven Muskelzug, und psychiatrische Begleiterkrankungen. Es liegt oft ein sekundärer Krankheitsgewinn vor, um Aufmerksamkeit zu erhalten oder um andere psychische Probleme zu maskieren (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107; Steinbeck, 2003, S. 17; Warner, 1995 zit. n. Kessler & Kuster, 2006, S. 34). Eine positionsabhängige, willkürliche Subluxation oder Luxation ist hingegen davon abzugrenzen. Der Betroffene/die Betroffene kann in bestimmten Armpositionen die Schulter subluxieren und/oder luxieren, wobei er/sie diese Positionen im Alltag vermeidet (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107).

Die angeführten Formen der unwillkürlichen und willkürlichen Schulterverrenkungen kommen im Schwimmtraining fast nicht vor, da ein leistungsorientiertes Schwimmtraining

unter diesen Voraussetzungen nur schwer möglich ist. Eine habituelle und kongenitale Schulterinstabilität kann erstmals durch die speziellen Anforderungen beim Schwimmen zum Vorschein kommen. Ob ein leistungsorientiertes Schwimmtraining fortgesetzt werden kann, muss dementsprechend medizinisch abgeklärt werden.

Repetitive Mikrotraumata sind kleine Verletzungen der Kapsel-Band-Strukturen und oft auch des Labrums (labro-kapsulo-ligamentärer Komplex). Diese Mikrotraumata entstehen durch sportartspezifische Überdehnung und Überbeanspruchung und stellen somit die häufigste Ursache für Schulterbeschwerden im Schwimmsport dar (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 108; Steinbrück & Lehmann, 1996, S. 21).

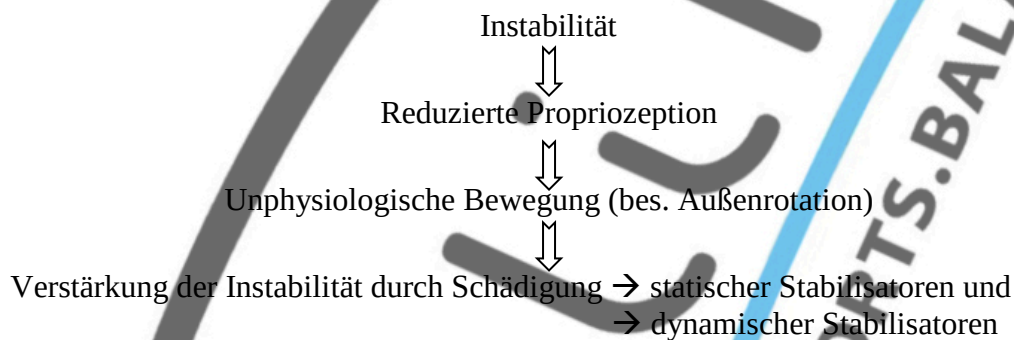
Durch sportartspezifische Überdehnung des Kapsel-Band-Apparates wird dessen Struktur und Funktion als primärer Gelenksstabilisator verschlechtert. Die sekundären, dynamischen Stabilisatoren (Rotatorenmanschette, lange Bizepssehne) versuchen diese Insuffizienz zu kompensieren, wobei eine frühzeitige muskuläre Ermüdung derselben die Folge ist. Bei zusätzlichem Wegfall der dynamischen Stabilisation verschlechtert sich wiederum die statische Stabilisation (Ausweitung des Kapsel-Band-Apparates), wodurch ein Teufelskreis entsteht. Dieser führt letztendlich zu Hyperlaxität und Instabilität (Steinbrück & Lehmann, 1996, S. 21; Werner & Gohlke, 1996, S. 27). Nachstehend soll dieser Teufelskreis noch einmal verdeutlicht werden (Werner & Gohlke, 1996, S. 28):



Durch die Mikrotraumata im Kapsel-Band-Apparat wird auch der neuromuskuläre Kontrollmechanismus zerstört. Darunter versteht man, dass die lokalen Mechano-rezeptoren, welche hauptsächlich in den Kapsel-Band-Strukturen lokalisiert sind, auf Kompressions- und Druckkräfte reagieren. Beim Überschreiten einer gewissen Schwelle (Druck des Humeruskopfes gegen den Kapsel-Band-Apparat) aktivieren diese mittels ihrer

² Dissoziation bedeutet hier ein gestörtes Zusammenspiel.

propriozeptiven Fähigkeit die dynamischen Stabilisatoren, um zusätzlichen Schutz und Kontrolle der Gelenksstabilität zu ermöglichen. Bei vermehrter Gelenkslaxheit und muskulärer Ermüdung im Training oder im Wettkampf wird diese Schutz- und Kontrollfunktion erheblich beeinträchtigt. Aufgrund der Überdehnung und der Ermüdung erfolgen das Überschreiten der Schwelle sowie die verzögerte Aktivierung der dynamischen Stabilisatoren (Aydin et al., 2000; Werner & Gohlke, 1996, S. 27). Jener nachstehend angeführte negative Kreislauf setzt somit ein (Werner & Gohlke, 1996, S. 28):



Repetitive stereotype Armmuster führen bei unzureichender dynamischer Kontrolle zur Ausweitung des kapsulo-ligamentären Komplexes. Das heißt, dass durch die ständigen Armbewegungen im Schwimmen die dynamischen Stabilisatoren (Rotatorenmanschette, lange Bizepssehne) aufgrund ihres geringeren muskulären Querschnitts sowie durch ihre geringere Beanspruchung im Training gegenüber den großen Antriebsmuskeln schneller ermüden. Daher können die Bewegungen des Arms nicht mehr ausreichend kontrolliert und der Humeruskopf während der Ausführung der Schwimmbewegungen nicht mehr zentriert in der Gelenkspfanne gehalten werden (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 108, 125, 127; Steinbrück & Lehmann, 1996, S. 21).

Auftreten der Schulterinstabilität im Schwimmsport

Schulterinstabilitäten sind im Schwimmsport meist rein auf repetitive Mikrotraumata zurückzuführen, es sei denn, sie wurden infolge einer äußeren Gewalteinwirkung (Trauma) während des Kraft-, Land- oder Wassertrainings ausgelöst. Hinsichtlich der Schulterinstabilität sind zwei Arten zu unterscheiden:

Bei der anatomischen Instabilität subluxiert oder luxiert der Oberarmkopf aufgrund repetitiver Mikrotraumatisierung des Kapsel-Band-Apparats. Das Labrum ist in diesem Fall nicht beschädigt (Pappas et al., 1983).

Bei der funktionellen Instabilität hingegen ist das Labrum beschädigt und der Kapsel-Band-Apparat intakt. Eine Instabilität des Gelenks kann durch Einreißen, Ausfransen sowie durch ausgebrochene Teile des Labrums verstärkt werden. Meist wird eine Beschädigung des Labrums nicht bemerkt, da es zu keiner Einschränkung des Bewegungsumfanges des Arms führt. Erst wenn die losen Teilchen des Labrums sich zwischen den artikulierenden Gelenksflächen des Humerus und des Glenoids positionieren, verursachen diese Schmerzen und können zur Instabilität führen. Bei Bewegung des Armes verspürt der Betroffene ein schmerzhaftes Klicken, Versperren oder Verfangen aufgrund des Herum-

rutschens eines oder mehrerer Teilchen zwischen den Gelenkoberflächen (Pappas et al., 1983).

Eine rein funktionelle Instabilität ist im Schwimmen sehr selten, weil sie durch eine abrupte Gewalteinwirkung (Trauma) verursacht wird. Eine funktionelle Instabilität kann aber beim Schwimmen aus der anatomischen Instabilität entstehen und diese wiederum verstärken. Somit ergibt sich die anatomisch-funktionelle Instabilität. Hyperlaxität führt zu ständigem Subluxieren während der Armbewegungen; dieses Subluxieren beschädigt das Labrum aufgrund mangelnder Stabilisation und kann durch einen Klick verspürt werden (McMaster, 1986; Pappas et al., 1983). Läsionen des Labrums kommen beim Schwimmen jedoch selten vor, da der Kapsel-Band-Apparat durch die Trainingsadaption „nachgibt“ und dadurch weniger Druck auf das Labrum wirkt. Bevor das Labrum beschädigt wird, kommt es meist schon vorher zu einem Impingement aufgrund einer Schulterinstabilität, dem Instabilitätsimpingement (McMaster, 1986).

Meist wird das anteriore Labrum durch eine anteriore Instabilität beschädigt, welche aufgrund der in jeder Schwimmlage vorkommenden Innenrotations- und Adduktionsbewegung ausgelöst wird. Diese Bewegung kommt besonders in der Zugphase (Wasserfassen) vor (McMaster, 1986). Eine Außenrotations- und Abduktionsbewegung, wie sie am Ende der Zugphase und zu Beginn der Druckphase im Rückenschwimmen der Fall ist, kann ebenfalls das anteriore Labrum beschädigen (Pappas et al., 1983).

Das posteriore Labrum kann durch eine Adduktionsbewegung in der 90°-Anteversionsstellung beschädigt werden. Dies ist besonders beim Übergreifen der Körpermitte bei Beginn der Druckphase in der Delphin- und Kraullage der Fall (Pappas et al., 1983).

Folgen der Schulterinstabilität

Zu den Folgen der Instabilität sind Rupturen des Labrums, Bursitis subacromialis, Entzündungen von Muskeln der Rotatorenmanschette, Bicepstitis und Impingement-Syndrom zu zählen (McMaster, 1999).

Impingement als Ursache der Schulterschmerzen

Simon-Emmanuel Duplay fasste 1872 unter dem Begriff „Periarthritis humeroscapularis“ die verschiedensten Erkrankungen der Schulterweichteile zusammen. Hundert Jahre später führte Charles Neer den Begriff „Impingement-Syndrom“ und damit die Differenzierung der subakromialen Schmerzursache ein. Damit ist der Schmerz im Raum zwischen Schultergelenk und Schulterdach gemeint. Das Impingement-Syndrom kann als schmerzhaftes Engpasssyndrom definiert werden und leitet sich vom Englischen „to impinge“ (anstoßen, quetschen) ab (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107). Neer sah damals den Grund für ein Impingement durch Veränderungen des Schulterdachs wie ein zu stark bogenförmiges Akromion oder ein Akromionsporn. Diese beschädigen die Weichteile wie unter anderem die Rotatorenmanschette und Schleimbeutel aufgrund der daraus entstandenen Enge. Später wurde bemerkt, dass meist der kausale Zusammenhang der Enge umgekehrt interpretiert wird (Kölbel, 1996, S. 72).

Fakt ist, dass der Begriff Impingement-Syndrom fälschlicherweise für eine Vielzahl von Erkrankungsformen mit dem gemeinsamen Symptom des Schmerzes bei Überkopfarbeiten verwendet wird (Burkhart, Imhoff, 1999 zit. n. Kessler & Kuster, 2006, S. 24). Zurückzuführen ist dies wieder auf die vielseitig untereinander verstrickten Möglichkeiten der primären und sekundären Ursachen und (Begleit-)Folgen des Impingement-Syndroms, sowie des Schulterschmerzes im Allgemeinen. In nachstehend modifizierter Klassifizierung, Abbildung 14, wird die Problematik des Impingement-Syndroms einfach gehalten und eingeteilt.

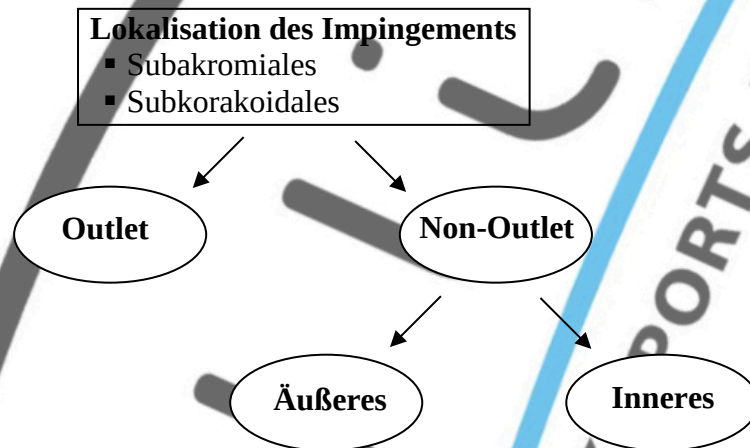


Abbildung 14: Klassifizierung des Impingement-Syndroms
(modifiziert nach Jobe et al., 1996 zit. n. Kessler & Kuster, 2006, S. 22)

Mit **Lokalisation** ist der betroffene Bereich der Schulter gemeint. Grundsätzlich kann zwischen dem subakromialen und subkorakoidalen Impingement unterschieden werden.

Subakromiales Impingement

Wie bereits erwähnt, handelt es sich beim subakromialen Impingement um ein Engpasssyndrom des subakromialen Raums, welcher zwischen dem korakoakromialen Bogen (Schulterdach) und dem Scheitel des Oberarmkopfes liegt. Der korakoakromiale Bogen wird vom Akromion, dem Lig. coracoacromiale und dem Processus coracoideus gebildet. Im subakromialen Raum befinden sich die über den Oberarmkopf zum Tuberculum majus ziehende Supraspinatussehne, die Bursa subacromialis als Gleitschicht sowie die lange Bizepssehne. Aus unterschiedlichsten Gründen kommt es zum schmerzhaften Kontakt des Inhalts (Weichteile) des Subakromialraums mit dem korakoakromialen Bogen (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107).

Subkorakoidales Impingement

Das subkorakoidale Impingement entsteht aufgrund des Einklemmens der Weichteile zwischen Tuberculum minus und Processus coracoideus. Zu den unter dem Processus coracoideus liegenden Weichteilen gehören die beiden Schleimbeutel Bursa subcoracoidalis und Bursa subscapularis sowie die Sehne des M. subscapularis (Gerber, 1985 zit. n. Kessler & Kuster, 2006, S. 25).

Unter dem **Outlet-Impingement** wird die mechanische Einengung des Gelenks aufgrund anatomischer Gegebenheiten (Besonderheiten) verstanden. Diese knöchernen Besonderheiten fallen unter den Begriff ossäre Dysmorphien. Im Subakromialraum könnte dies z. B. durch ein zu stark bogen- oder hakenförmiges Akromion verursacht werden, das den darunterliegenden Sehnen der Rotatorenmanschette Schäden zufügt (Jobe et al., 1996 zit. n. Kessler & Kuster, 2006, S. 23). Ein Outlet-Impingement kann nicht direkt durch das Schwimmen verursacht werden. Durch die Schwimmbewegungen werden nur die Folgen der anatomischen Gegebenheiten früher sichtbar, da im Fall eines zu stark bogen- oder hakenförmigen Akromions dieses an den Rotatorenmanschettensehnen scheuert.

Das **Non-Outlet-Impingement** bezeichnet jene Impingementform, welche unter den SportlerInnen bekannt ist. Der Unterschied zum Outlet-Impingement ist der, dass es von den AthletInnen selbst durch zu viele, einseitige oder generell falsche Bewegungen und Tätigkeiten im Alltag (Sport, Beruf) herbeigeführt wird.

Die Trennung des **äußeren** und **inneren Impingements** erfolgt durch die Sehnen der Rotatorenmanschette, die das Glenohumeralgelenk (Gelenkscapsel) umhüllen. Schäden und Verletzungen der Weichteile, welche vom Gelenkmittelpunkt aus gesehen oberhalb der Rotatoren liegen und die Oberfläche der Rotatorenmanschette selbst betreffen, werden als äußeres Impingement bezeichnet.

Schäden und Verletzungen, die den Raum unterhalb des von der Rotatorenmanschette gebildeten Radius und die Unterfläche der Rotatoren selbst betreffen, werden als inneres Impingement angegeben.

Zusätzlich kann das Impingement-Syndrom noch in ein **mechanisches** und **vaskuläres** Impingement unterteilt werden. Der Unterschied ist der, dass beim vaskulären Impingement durch gewisse (Schwimm-)Bewegungen ein Druck auf die Gefäße der Sehnen verursacht wird (Murphy, 1994, S. 417f.; Souza, 1994, S. 117). Dieser führt zur Minderdurchblutung und folglich zur Degeneration der betroffenen Sehnen.

Nachstehend werden die durch das Schwimmtraining am häufigsten betroffenen Weichteile der Schulter im Zusammenhang mit dem äußeren subakromialen Non-Outlet-Impingement gesondert angeführt.

Degeneration der Rotatorenmanschette

Infolge mechanischer Überbelastung können beim Schwimmer / bei der Schwimmerin Läsionen der Rotatorenmanschette ausgelöst werden. Generell können diese in Entzündungen (Tendinitis), Teilrupturen und Rupturen eingeteilt werden (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107).

Aufgrund mechanischer Überbelastung kommt es bei Läsionen zu Ödembildung, Einblutungen sowie folglich zum Aufquellen der Sehne. Dadurch verengt sich der ohnehin schon enge Subakromialraum noch mehr, und der Druck auf andere Weichteile steigt (Impingementgefahr). Anschließend Regenerationsvorgänge wie Wundheilung bilden schlecht organisiertes Granulationsgewebe. Ergebnis dieses Prozesses ist eine wie in

Abbildung 16 ersichtliche, narbig veränderte und verdickte Sehnenplatte mit einer daraus folgenden bleibenden Verengung des Subakromialraums (Kuttenkeuler, 1999, S. 36).

Der Degenerationsablauf der Rotatorenmanschette bei SchwimmerInnen läuft meistens nach dem gleichen Schema ab. Zuerst löst die mechanische Überbelastung eine Entzündung aus. Wird die Entzündung sofort ernst genommen und wird nach den auslösenden Faktoren wie z. B. Überlastung oder schwachen Außenrotatoren gesucht, kommt es bei entsprechender Pausierung und Therapie zur Ausheilung der Entzündung. Werden die ersten Anzeichen in Form einer Entzündung ignoriert, kann dies wie in Abbildung 15 gezeigt folglich zu Teilrupturen sowie Rupturen der ohnehin schon angeschlagen Sehne führen (Steverding, 2001, S. 180).

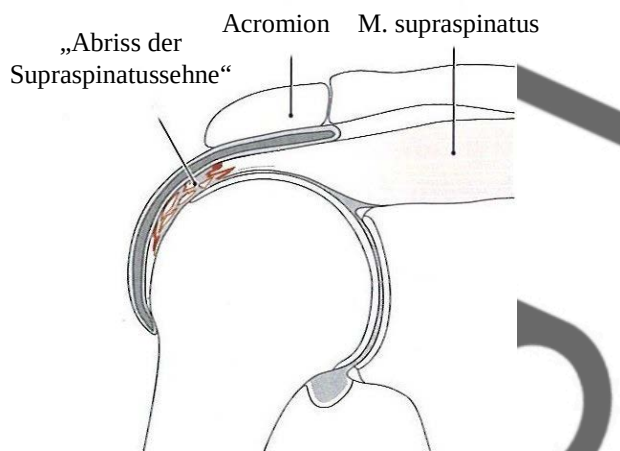


Abbildung 15: Degenerative Veränderung der Supraspinatussehne (Schünke et al., 2007, S. 269)

Nach Ruptur der Supraspinatussehne stehen die Bursa subacromialis und subdeltoidea mit der Gelenkhöhle in Verbindung.

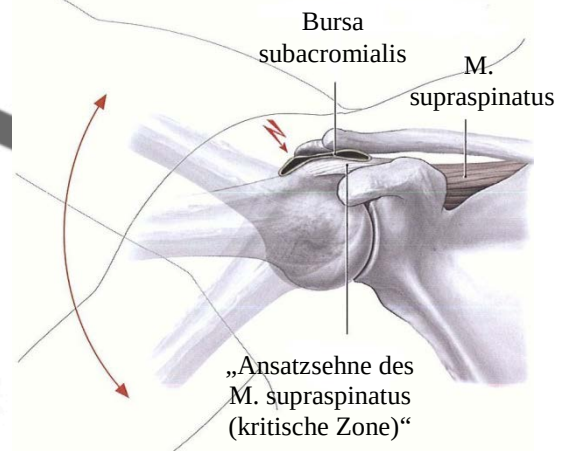


Abbildung 16: Impingement-Syndrom (Schünke et al., 2007, S. 269)

Eine degenerativ veränderte und dadurch verdickte Supraspinatussehne verengt bei 60 - 120° Abduktion den Raum unter dem Schulterdach.

Die Stärke eines Schadens und ob dieser durch schlecht organisiertes Granulationsgewebe (Qualitätsverlust der Sehne) bleibend ist, hängt von den Faktoren Dauer der Reizung, Intensität der Reizung, Alter und Therapie ab (Steverding, 2001, S. 180).

➤ Dauer der Reizung

Im Leistungssport ist es leider üblich, dass erste noch mildere Anzeichen von Verletzungen auf die „leichte Schulter“ genommen und ignoriert werden. Aus Angst, in einen Trainingsrückstand zu geraten, werden schnell und leichtfertig entzündungs- und schmerzhemmende Medikamente eingenommen, um das Training einigermaßen aufrecht zu halten. Dies kann sich später auf zwei Arten negativ auswirken (Steverding, 2001, S. 180):

Die Situation der Sehnen der Rotatorenmanschette kann sich verschlimmern, und es bleibt nicht nur bei einer Entzündung. Bei weiterer Trainingsbelastung führt dies bei der ohnehin angeschlagenen Sehne zu Teilrupturen, im schlimmsten Fall zu Rupturen.

Die Einnahme von Schmerzmittel bewirkt keinen Heilungsvorgang, sondern lediglich ein Hinausschieben des Heilungsprozesses. Diese Tatsache ist zwar größtenteils bei SportlerInnen bekannt, wird aber im ersten Moment aufgrund des leistungsorientierten Denkens gerne vergessen. Erst wenn sich die Beschwerden um ein Vielfaches verschlimmern und ein Schwimmen praktisch unmöglich wird, werden diese ernst genommen. Der Heilungsprozess dauert nun viel länger im Vergleich zu einer sofortigen adäquaten Reaktion auf noch mildere Beschwerden.

➤ Intensität der Reizung

Eine Entzündung wird meist durch zu raschen Anstieg des noch ungewohnten Trainingsumfangs und der daraus folgenden Ermüdung der aktiven Stabilisatoren ausgelöst. Trainingslehrgänge sind durch das große Zeitangebot dafür prädestiniert. In solchen Lehrgängen wird im SchülerInnen- und Jugendbereich, besonders in niedrigeren Leistungsklassen, oft das Doppelte, wenn nicht sogar noch mehr an Trainingskilometern absolviert als üblich (Steverding, 2001, S. 180).

➤ Alter

Degenerative Veränderungen der Sehnen hängen vom Alter und von der mechanischen Belastung ab. Da die SchwimmerInnen aktiven Leistungssport meist nur bis zu einem gewissen Lebensalter betreiben, sind degenerative Veränderungen der Sehnen im Schwimmsport auf mechanische Belastungen bzw. Überbelastungen zurückzuführen (Werner & Gohlke, 1996, S. 30).

➤ Therapie

Bei Läsionen der Rotatorenmanschette bilden anschließende Regenerationsvorgänge wie Wundheilung schlecht organisiertes Granulationsgewebe. Ergebnis dieses Prozesses ist eine narbig veränderte und verdickte Sehnenplatte mit einer bleibenden Verengung des Subakromialraums (Kuttenkeuler, 1999, S. 36). Mit gezielten Übungen wird nun in der Therapie versucht, die Verdickung der Sehne zu verringern und das schlecht organisierte Granulationsgewebe neu zu strukturieren. Durch gezielte sportartspezifische Bewegungen wird das Granulationsgewebe so trainiert, dass sich die Strukturen des Gewebes auf die im Schwimmsport anfallenden Anforderungen wie Beweglichkeit und Kraftentwicklung ausrichten. Damit wird versucht, die Qualität der Sehne trotz Narbengewebes wieder herzustellen. Einfach ausgedrückt bedeutet dies, dass das minderwertigere Narbengewebe durch gezielte Reize auf das Leistungsniveau einer gesunden Sehne hintrainiert wird. Nun wird auch ersichtlich, dass eine alleinige Ruhigstellung des Armes ohne entsprechende therapeutische Übungen zu einem Qualitätsverlust der Sehne und folglich zu Leistungseinbußen führt. Jene gewisse notwendige Beweglichkeit und Kraftentwicklung kann nicht mehr aufgebracht werden.

Hinsichtlich des subakromialen Impingements gibt es viele Klassifikationen von verschiedenen Autoren, die aber im Endeffekt alle annähernd dieselben Aussagen haben. Neer veröffentlichte 1972 die erste Klassifikation, welche auf Basis der Rotatorenmanschettenveränderungen eingeteilt wird und 1983 von ihm erweitert wurde (Imhoff & Ledermann, 1996, S. 8f.).

➤ Stadium I

Eine lokale Entzündung mit Ödembildung und Einblutungen führt hier zum Aufquellen der Sehne. Der Subakromialraum wird dadurch verkleinert, und eine begleitende Bursitis subacromialis erhöht den subakromialen Druck noch mehr und schränkt dadurch die Bewegung der Rotatorenmanschette weiter ein. Dieses Stadium betrifft meist ÜberkopfsportlerInnen unter 25 Jahren. Bei adäquater Ruhe und Therapie sind alle Veränderungen reversibel.

➤ Stadium II

Hier kommt es zur chronischen Entzündung und Narbenbildung der Rotatorenmanschette, der Bursa subacromialis und der Bizepssehne durch wiederholte Impingement-Episoden. Die kleinen Einrisse (Teilrupturen) und die Narbenbildung sind aufgrund der chronischen Irritation an der Oberfläche der Rotatoren nicht mehr vollständig reversibel. Der Altersdurchschnitt der Betroffenen liegt zwischen 25 und 40 Jahren. Dieses Stadium kann in jedem Alter vorkommen und bei jugendlichen SchwimmerInnen ist dies auf das jahrelange Leistungsschwimmen sowie auf das Trainieren trotz Schmerzen zurückzuführen.

➤ Stadium III

Knöcherne Ausziehung (Akromionsporn) an der anterolateralen Akromionkante und am Ansatz des Lig. coracoacromiale, Osteophyten im Akromioklavikulargelenk sowie knöcherne Veränderungen des Tuberculum majus entstehen infolge des chronischen Impingements durch Degeneration der Rotatorenmanschette. Die Rotatoren können Teilrupturen und Komplettruptur aufweisen. Die Betroffenen sind im Schnitt über 40 Jahre alt.

Degenerative Veränderungen der Rotatorenmanschette führen zum Qualitätsverlust und zur Abnahme der Reißfestigkeit ihrer Sehnen. Es wird an dieser Stelle speziell auf die Auswirkungen der repetitiven Schwimmbewegungen eingegangen, die zu einem vaskulären Impingement führen.

Nahe dem Ansatz der Supraspinatussehne findet eine geringere Durchblutung statt. Dieser minderdurchblutete Bereich ist Grund dafür, dass die meisten Rotatorenmanschettendefekte zuerst dort auftreten, sich an der Supraspinatussehne weiter ausbreiten und dann auf die Infrapinatussehne übergehen (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.). Diese Minderdurchblutung wird durch folgende Bewegungen verstärkt:

➤ Bei der Unterwasserphase des Schwimmzugs kommt es zu einer Adduktion-Innenrotationsstellung, die zur sogenannten „wringing-out“-Position der Supraspinatussehne führt. In der Abduktionsstellung füllen sich die Gefäße und bei der anschließenden Adduktion kommt es zum Auswringen der Sehne, da der Oberarmkopf von unten nach oben drückt. Diese Position reduziert die Durchblutung der Sehne und fördert die degenerativen Prozesse. Da dies nahe dem Sehnenansatz passiert, wird dieser Bereich als „kritische Zone“ bezeichnet (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121).

Gleiches ist ebenso beim Übergreifen über die Sagittalebene (Körpermitte) in der mittleren Druckphase sowie bei nicht aufgestelltem Ellbogen in der Druckphase der Fall. Dies ist auf die vermehrte Adduktion zurückzuführen (Hawkins & Kennedy, 1980; Murphy, 1994, S. 418).

➤ Bei einer forcierten Abduktions- und Elevationsbewegung in der Überwasserphase (Rückholphase) steigt der Druck im subakromialen Raum, da sich der Oberarmkopf dem Schulterdach nähert. Der ständig aufkommende Druck führt wieder zur Reduktion der Durchblutung und dadurch zu degenerativen Veränderungen der Supraspinatussehne (Clasing, 1982, S. 131f.; Kutteneuler, 1999, S. 36).

Lange Bizepssehne

Läsionen der Bizepssehne fallen häufig nicht unter eine eigene Diagnose, sondern sind meist sekundäre Folgen eines Impingements (Hall, 1980). Folgende Probleme bezüglich der LBS können auftreten:

➤ Instabilität der LBS

- Supraspinatusdefekt und folglich Läsion der Rotatorenintervallschlinge

Degenerative Rotatorenmanschettendefekte beginnen meist im Bereich des Ansatzes der Supraspinatussehne. Genau dieser ventrale Anteil der Supraspinatussehne ist eng mit der Rotatorenintervallschlinge (Ligg. coracohumerale und glenohumerale superius) verflochten. Dies ist auch der Grund, warum ein Defekt der Supraspinatussehne häufig Auslöser einer Läsion der Rotatorenintervallschlinge („Pulley-Läsion“) ist. Die Führung der LBS ist somit nicht mehr gewährleistet und eine Instabilität in Form einer Subluxation der langen Bizepssehne ist letztendlich die Folge (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.).

- Läsion der Subskapularissehne

Die Instabilität bzw. die Luxation der LBS aus dem Sulcus intertubercularis heraus geht immer mit einer Läsion der Subskapularissehne einher. Dies ist sowohl auf einen Defekt der Subskapularissehne als auch auf einen ausgedehnten degenerativen Rotatorenmanschettendefekt zurückzuführen (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.).

➤ Tendinitis, Teilrupturen, Ruptur der LBS

- Ungenügende Humeruskopfdekompression durch Defekt und Ermüdung der Rotatorenmanschette

Bei einem Rotatorenmanschettendefekt insbesondere der Supraspinatussehne kommt es zu einer mechanischen Überlastung der langen Bizepssehne. Die LBS versucht den Funktionsverlust der Rotatorenmanschette durch Zentrierung des Oberarmkopfes zu kompensieren, um einen Humerushochstand zu vermeiden. Durch die Ermüdung kommt es jedoch zu einem Kontakt der LBS mit der Akromionunterfläche, und eine Tendinitis mit Verbreiterung der LBS sowie Teilruptur und Ruptur sind die Folge (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.).

- Repetitive Bewegungen (Schwimmzug)

Durch vermehrte Abduktions- und Außenrotationsbewegung kann es zu einer Lockerung oder Ruptur des Lig. transversum humeri kommen. Dadurch kann die LBS nicht mehr in der Führungsrinne Sulcus intertubercularis gehalten werden, und ein Herausspringen der LBS ist die Folge (Kuttenkeuler, 1999, S. 36).

- Tendosynovitis

Entzündungen der Sehnenscheiden der LBS können als Begleiterscheinungen aufgrund subakromialen Impingements durch Supraspinatus Tendinitis und Bursitis subacromialis und ungenügender Humeruskopfdekompression entstehen.

- Degeneration der LBS

Durch repetitive Armbewegungen wird die LBS an ihrer Umlenkstelle im Sulcus intertubercularis permanent auf Zug und Reibung beansprucht. Grund dafür ist der Oberarmkopf, welcher an der Sehne wie auf einer Gleitschiene bewegt wird. Dieser Bereich wird dadurch geringer durchblutet und diese Minderdurchblutung wird durch repetitive Belastung verstärkt. Dies führt zu degenerativen Veränderungen der Sehne (Kuttenkeuler, 1999, S. 36).

Bei einer forcierten Abduktions- und Elevationsbewegung in der Überwasserphase (Rückholphase) steigt der Druck im subakromialen Raum, da sich der Oberarmkopf dem Schulterdach nähert. Der ständig aufkommende Druck führt wieder zu Reduktion der Durchblutung und folglich zu degenerativen Veränderungen der Bizepssehne (Clasing, 1982, S. 131f.; Kuttenkeuler, 1999, S. 36).

Ähnlich wie bei der Supraspinatussehne kann es durch den Verlauf der LBS zur „wringing out“-Position und zur Minderdurchblutung derselben kommen (Murphy, 1994).

Bursitis subacromialis

Ständig wiederholte Armbewegungen in und über der Horizontalebene können eine Entzündung auslösen. Die Bursa subacromialis wird dabei durch das ständige „Einquetschen“ überreizt und kann im schlimmsten Fall die Größe eines Golfballs erreichen (Kuttenkeuler, 1999, S. 36). Die Schwellung der Rotatoren und der daraus resultierende erhöhte Druck unter dem Schulterdach führen zu einer Schwellung der Bursa subacromialis. Das Anschwellen des Schleimbeutels verringert den Platz im Subakromialraum noch mehr und schädigt wiederum die Rotatoren (Echtermeyer & Bartsch, 2005, S. 107f.).

Folgen des Schulterimpingements

Die Schulterschmerzen und die mechanischen Bedingungen des vorhandenen Freiraums unter dem Schulterdach bestimmen die Folgen des Impingement-Syndroms. Behinderung der Sehnengleitbewegungen sowie Schädigung der Sehnen der Rotatorenmanschette selbst werden durch verschiedene Einflüsse verursacht. Darunter fallen anatomische Veränderungen des Subakromialraums, Verschleißerscheinungen des Gleitraums und Vernarbungen der Bursa subacromialis sowie der Rotatorenmanschette. Außerdem kommt

es zur Schrumpfung der hinteren Gelenkkapsel, die auf eine Verringerung des Bewegungsausmaßes zurückzuführen ist, um dadurch Schmerzen zu vermeiden. Dies führt zu einer unvollständigen Gleitbewegung des Oberarmkopfes in die Gelenkspfanne mit dem Anschlag des Oberarmkopfes am Akromion als Resultat. Dies ist vor allem beim Ausführen von Abspreizbewegungen der Fall, wodurch sich das Impingement-Syndrom wiederum verschlimmert (Qualimedica, 2007).

Durch ungenügende Humeruskopfdekompression kann es zur Ablösung des oberen Labrum glenoidale kommen, was als S.L.A.P.-Läsion (Superior Labrum Anterior to Posterior) bezeichnet wird. Ein Höhertreten des Oberarmkopfes mit Einklemmungen wie z. B. der Bizepssehne ist die Folge.

Durch das Impingement kann es über längere Zeit zu Aufscheuerungen der Sehnenplatte der Rotatorenmanschette kommen. Ein Sturz auf die Schulter oder das Heben schwerer Gegenstände würde dann ausreichen, um einen Einriss der Sehnenplatte (Rotatorenmanschettenruptur) auszulösen.

Eine weitere Folge kann die Verkalkung der Supraspinatussehne sein, welche ihrerseits eine Kalkschulter (Tendinosis calcarea) nach sich zieht.

Differentialdiagnosen als Ursache der Schulterschmerzen

Nachstehende drei Differenzialdiagnosen werden mit dem Schwimmtraining direkt in Verbindung gebracht. Die verbleibenden werden an dieser Stelle nicht erwähnt.

Halswirbelsäule

Schulterschmerzen können durch Probleme der Halswirbelsäule verursacht werden. Dabei ist ein Bandscheibenvorfall der HWS erwähnenswert, der meist auf das Krafttraining im Schwimmsport zurückzuführen ist (Hawkins & Kennedy, 1980; McMaster, 1999).

Akromioklavikulargelenk

Krafttraining, besonders Überkopfwiderstandstraining und repetitive Armbewegungen im Schwimmen können das Akromioklavikulargelenk in Mitleidenschaft ziehen. Gelenkentzündungen, Verletzungen der Struktur der Gelenksscheibe und Osteophyten am Gelenk können Schulterschmerzen hervorrufen (McMaster, 1999).

Nerven und Gefäße

Wie aus Abbildung 17 ersichtlich ist, verlaufen viele Nerven zwischen Schulterblatt und Schlüssel-

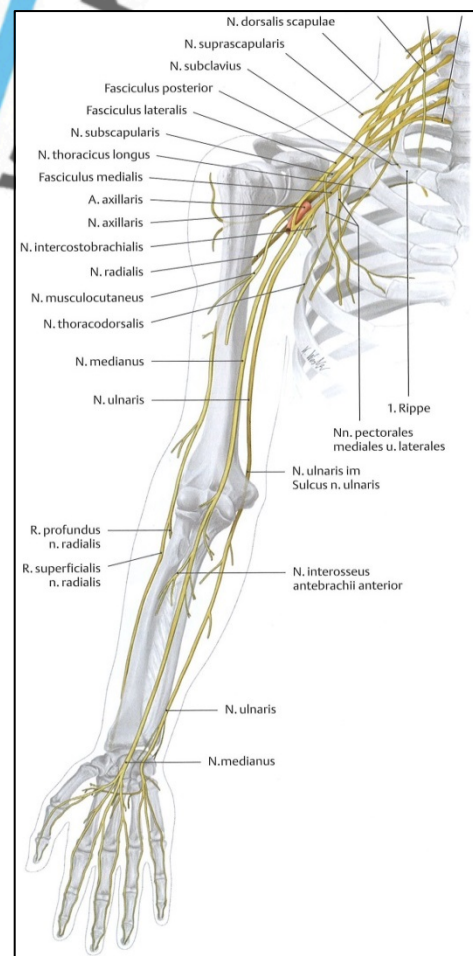


Abbildung 17: Plexus brachialis (Schünke et al., 2007, S. 269)

bein. Diese Nerven sind in einem Nervenbündel (Plexus brachialis) zusammengefasst, das besonders im Bereich zwischen erster Rippe und Schulterblatt für Einklemmungen anfällig ist. Durch die repetitiven Armbewegungen kann dieses Nervenbündel eingeklemmt werden und somit Schulterschmerzen verursachen. Der Begriff Thoracic-Outlet-Syndrom (TOS) wird für die Syndrome verwendet, die auf eine Kompression des Gefäßnervenbündels zurückzuführen sind. Da die Nerven eine besonders gute Blutversorgung benötigen, ist es auch naheliegend, dass es neben einer nervalen auch zu einer vaskulären Kompression kommen kann (Hauser-Bischof, 2003, S. 173; McMaster, 1986).

Die Nervenstränge N. ulnaris und N. medianus befinden sich auch in diesem Nervenbündel im Bereich des Schulterblatts und sind für die Versorgung der Hände und der Finger zuständig. Eine Fehlstellung der Skapula (Protraktion) und zusätzlich in diesem Bereich befindliche große Muskelquerschnitte können zur Kompression dieses Bereichs und dieser Nerven führen. Dies kann sich dadurch bemerkbar machen, dass SchwimmerInnen das Wasser nicht mehr wie gewohnt spüren, sprich das Wassergefühl verloren geht (Choate, 2008).

Faktoren von Schulterschmerzen

In diesem Kapitel werden nun die auslösenden Faktoren erwähnt, welche schließlich zu Schulterbeschwerden wie z. B. Instabilität oder Impingement führen. Diese Faktoren lassen sich in exogene und endogene Faktoren einteilen. Endogene Faktoren wie Haltung, Instabilität und Malalignment sind anatomische Gegebenheiten bzw. biomechanische Abnormitäten, die dem Athleten, der Athletin angeboren sind und nicht Folgeerscheinungen des Trainings darstellen. Unter exogenen Faktoren wie extreme Dehnungsübungen, Krafttraining, Handpaddles, Schwimmbrett und Technik versteht man jene Faktoren, welche durch den Athleten selbst verursacht und gefördert werden.

Haltung

SchwimmerInnen mit grundlegenden Haltungsfehlern sind besonders gefährdet, Überlastungsschäden der Schulter zu erleiden. Zu den häufigen Haltungproblemen, die auch zu Schulterbeschwerden führen können, gehören die Skoliose, die Protraktion des Schulterblatts und eine verstärkte Kyphose in der Brustwirbelsäule (Murphy, 1994, S. 412f.).

Instabilität

In diesem Fall ist besonders die kongenitale Instabilität gemeint. Diese wurde bereits im Kapitel Schulterinstabilität als Ursache der Schulterschmerzen behandelt.

Malalignment

Dabei handelt es sich um eine Dislokation des Gelenks, bei der die Gelenksanteile verschoben sind. Dadurch kommt es zu einer Veränderung von Ursprung und Ansatz der Muskeln, wodurch die optimale Funktion des Muskel-Sehnen-Apparats nicht mehr gewährleistet und das Gelenk unzureichend stabilisiert ist. Die Dislokation des Gelenks kann entweder angeborenen oder traumatischen Ursprungs sein. Die hohen Belastungs-

anforderungen an die Schulter im Leistungsschwimmen fördern das Aufkommen von Überlastungsschäden, die ohnehin durch die biomechanisch veränderte Gelenksituation begünstigt werden (Hauser-Bischof, 2003, S. 55).

Muskulatur

Hinsichtlich der muskulären Eigenschaften (Ungleichgewicht, etc.) ist zu erwähnen, dass sie aufgrund der Haltung oder der mangelnden Bewegungsmuster nicht dem „Soll“ entsprechen können. Dies kann einerseits bei Kindern zutreffen, bevor sie mit dem Schwimmtraining beginnen, andererseits auch durch jahrelanges, falsches (Schwimm-) Training verursacht werden. Daher kann dieses Unterkapitel - je nach Entstehungsursache - thematisch zu den endogenen als auch zu den exogenen Faktoren gezählt werden.

Die richtige Position der Schulter, besonders des Schulterblatts, beeinflusst die (Hauser-Bischof, 2003, S. 55)

- optimale Funktion der Muskeln im Sinne der Effizienz
- Durchblutung der Muskeln
- Impingement-Problematik

Die Muskeln des Schulterkomplexes sind durch ihr untereinander funktionierendes Zusammenspiel (skapulothorakaler Rhythmus) für die Bewegungsausführung verantwortlich. Liegt eine verminderte Funktion der Schulterblattdreher oder -fixatoren vor, kann folglich eine gut funktionierende Rotatorenmanschette nicht einwandfrei arbeiten, weil die gesamte muskuläre Kette an ihrem Anfang gestört ist (Bak & Magnusson, 1997; Warner et al., 1992).

Diese muskuläre Imbalance ist nicht pathologisch, sondern sportartspezifisch. Einfach ausgedrückt liegt bei SchwimmerInnen ein größeres Verhältnis zwischen den Hauptmuskeln der Unterwasserphase und jenen der Überwasserphase vor, als bei „Nicht-SchwimmerInnen“. Dieses Verhältnis ist bei SchwimmerInnen, die von Schulterschmerzen betroffen sind, noch größer (Souza, 1994, S. 120). Muskuläres Ungleichgewicht betrifft meist Mitteldistanzschwimmer und vor allem Sprinter. Zurückzuführen ist dies auf die kraftvolleren Züge und auf das umfangreichere Krafttraining, da höhere Kräfte auf die Schulter einwirken (Souza, 1994, S. 117).

Weil im Schwimm- und Krafttraining vermehrt Augenmerk auf die Muskeln der Unterwasserphase gelegt wird, verfügen die Muskeln der Überwasserphase über eine schlechtere lokale Ausdauer. Ein Trainer, eine Trainerin kann daher ein körperliches Ermüden des Athleten, der Athletin zuerst an einer schlechten Rückholphase erkennen. Die Arme werden nicht mehr optimal „rund“ heraus- und nach vorne gebracht. Dies führt zu einem Zusammenbruch der gesamten effektiven Zugmechanik. Daher ist eine saubere Technik nur so lange effektiv, solange sie „geschwommen“ werden kann. Ist die lokale Ausdauer der Muskeln, besonders der Schulterblattmuskeln (M. serratus) und der Rotatoren zu gering, kann die Technik nicht mehr gehalten werden. Dies spiegelt sich in

einer schlechteren Leistung (Zeit) wider und ist prädisponierend für Schulterbeschwerden (Murphy, 1994, S. 412-414, 417).

Lokale muskuläre Ermüdung führt zu ineffizienterem Zug, dies wiederum zu mehr repetitiven Armbewegungen in inkorrekt ausgeführter Ausführung für die gleiche Distanz und erhöht die Impingement-Gefahr (Murphy, 1994, S. 417).

Beim Schwimmen und folglich auch beim Krafttraining werden hauptsächlich die „Antriebsmuskeln“ trainiert. Im Speziellen sind dabei der M. latissimus dorsi, Mm. pectorales, M. deltoideus und der M. trizeps brachii gemeint. Dadurch wird das allein vom Schwimmen erzeugte muskuläre Ungleichgewicht noch zusätzlich verstärkt.

Nimmt der Umfang des Wassertrainings und des Krafttrainings zu, muss logischerweise das Training der Rotatorenmanschette und der Skapulafixatoren und -rotatoren auch forciert werden, um das muskuläre Gleichgewicht zu halten (Höltke et al., 1996).

Muskuläre Ermüdung und Koordinationsmängel der Rotatorenmanschette und der Schulterblattstabilisatoren führen zu einer Mehrbeanspruchung sowie Beschädigung des Kapsel-Band-Apparats der Schulter, besonders des anteriorinferioren, und folglich zu exzessiver Laxität und „schleichender“ Instabilität (McMaster, 1986).

Eine vermehrte Dysfunktion der Schulterblattdreher und -fixatoren sowie der Rotatorenmanschette wurde bei Schwimmern mit glenohumeraler Instabilität und/oder Impingement-Syndrom gegenüber „normalen“ SchwimmerInnen festgestellt (Warner et al., 1992).

Rotatoren

Muskuläre Imbalance der Rotatoren verursacht ein Kräfteungleichgewicht, welches auf das Schultergelenk wirkt und dadurch die Gelenksituation verändert. Diese Veränderung der Gelenkmechanik hat letztendlich Überlastungsschäden zur Folge. Ein muskuläres Ungleichgewicht besteht bei SchwimmerInnen speziell zwischen Außenrotatoren und Innenrotatoren jedoch im Allgemeinen zwischen Flexoren/Adduktoren/Innenrotatoren und Extensoren/Abduktoren/Außenrotatoren. Dieses Ungleichgewicht ist auf die einseitige Belastung des Unterwasserzugs zurückzuführen, der in jeder Lage besonders die Flexoren/Adduktoren/Innenrotatoren beansprucht. Dies ist nicht nur auf den einseitigen Unterwasserzug zurückzuführen, sondern auch auf den hohen Wasserwiderstand in der Unterwasserphase, welcher in der Überwasserphase nicht vorhanden ist (Souza, 1994, S. 113, 118).

Ermüdung und Koordinationsverlust der Rotatorenmanschette entstehen aufgrund ihrer permanenten Aktivität während der gesamten Schwimmbewegung. Einerseits müssen sie in der Unterwasserphase die Scherkräfte der „Antriebsmuskeln“ ausgleichen, um das Gelenk zu stabilisieren (Humerusdekompression), andererseits sind sie in der Überwasserphase weiterhin für die Stabilisation und zusätzlich für das richtige Hoch- und Nachvornebringen des Armes zuständig (Murphy, 1994, S. 417; Souza, 1994, S. 118).

Dies verdeutlicht, warum die Außenrotatoren aufgrund der Dauerbelastung als erstes ermüden. Außerdem wird das schnellere Ermüden durch die anatomischen Gegebenheiten dieser Muskeln gegenüber den starken, großen „Antriebsmuskeln“ begünstigt. Die Außenrotatoren weisen eine kleinere Muskelfläche und einen geringeren Muskelquerschnitt auf. Dies unterstreicht, dass gerade diese Muskeln speziell trainiert werden müssen, um einen effektiven Einsatz der „Antriebsmuskeln“ sowie eine möglichst lange saubere Durchführung der Technik zu ermöglichen.

Eine längere oder intensivere Trainingseinheit führt zu Ermüdung des Schwimmers, der Schwimmerin und ein Koordinationsverlust des skapulohumeralen Rhythmus tritt ein. Das Gelenk wird bei weiterem Trainieren unzureichend stabilisiert und Überlastungsschäden (Impingement) sind langfristig die Folge (Murphy, 1994, S. 417).

Dies ist speziell bei der Überwasserphase in der Delphin- und Kraullage der Fall. Arbeiten die Außenrotatoren nicht richtig, kommt es folglich zu einer vorzeitigen und vermehrten Innenrotation. Die gleichzeitige Abduktions- und Innenrotationsbewegung ist der Hauptauslöser für das Impingement, da sich der Tuberculum majus besonders bei 90°-Abduktionsstellung dem Schulterdach nähert (Murphy, 1994, S. 417; Souza, 1994, S. 118).

Skapula

Die Rolle der Schulterblattstabilität ist nicht so einfach festzulegen. Einerseits muss sie proximale (körpernahe) Stabilität für distale (körperferne) Bewegungsfunktionen garantieren, andererseits muss das Schulterblatt eine gewisse Mobilität aufweisen, um die Impingement-Problematik so gering wie möglich zu halten (Murphy, 1994, S. 417).

Ermüdung und Koordinationsverlust der Skapularotatoren und -fixatoren werden beim Schwimmen durch die relativ muskulär einseitigen Armzüge hervorgerufen. Aufgrund des Schwimmzugs ist der M. pectoralis major besonders ausgeprägt und führt zu einem Kräfteungleichgewicht mit den Schulterblattfixatoren und -rotatoren. Diese können ohne spezifisches Training den Anforderungen des großen Brustmuskels nur schwer trotzen und ermüden deshalb frühzeitig. Das Schulterblatt bzw. Glenoid wird daher nicht optimal gedreht und nicht in die richtige Position gebracht, das bedeutet Impingement-Gefahr (Murphy, 1994, S. 417; Souza, 1994, S. 118).

Es liegt hier ein ähnlicher Fall wie bei den Rotatoren vor. Die Schulterblattdreher M. trapezius und M. serratus sind hauptverantwortlich für die Koordination der Schulterblattbewegung. Sie sind daher während der gesamten Armbewegung im Einsatz und ermüden, besonders der M. serratus anterior, deshalb früher. Instabilität und Impingement sind dadurch häufig auf Ermüdung und Dysfunktion der beiden Muskeln zurückzuführen (Glousman et al., 1988; Pink et al., 1993; Scovazzo et al., 1991).

Bei SchwimmerInnen mit Schulterbeschwerden wurde eine geringere Muskelaktivität des M. serratus anterior festgestellt als bei SchwimmerInnen ohne Schulterschmerzen (Glousman et al., 1988; Pink et al., 1993; Scovazzo et al., 1991).

Durch die falsche Positionierung des Schulterblatts können die in der Überwasserphase aktiven Muskeln der Rotatoren nicht richtig „arbeiten“ oder werden beim Kompensationsversuch der mangelnden Schulterblattrotation oder -fixation überbeansprucht und ermüden dadurch frühzeitig, auch hier herrscht Impingement-Gefahr (Souza, 1994, S. 113, 118).

Dies trifft auch auf die Elevation zu. Wird das Schulterblatt aufgrund der Ermüdung und des Koordinationsverlusts der Schulterblattdreher nicht rechtzeitig oder unzureichend gedreht, kommt es zum Platzmangel und zum Quetschen der Weichteile im Subakromialraum (Impingementzone, siehe Abbildung 15 und Abbildung 16). Zusammengefasst bedeutet dies, dass die Skapularotation im Verhältnis zur Humerusabduktion nicht übereinstimmt. Normalerweise beträgt das Verhältnis 1:2. Diese Fehlfunktion des skapulohumeralen Rhythmus wird als „Skapula leg“ bezeichnet (Souza, 1994, S. 113, 118).

Muskuläre Imbalance oder eine Schwäche der Schulterblattmuskeln führen zu einer anterioren Translation des Oberarmkopfes bzw. vorliegende Schultern sowie zu einer vermehrten Impingement-Gefahr (Scovazzo et al., 1991).

Extreme Dehnungsübungen

Die Frage, ob Dehnen sinnvoll ist oder nicht, löst viele Diskussionen aus und ist umstritten. Neben den verschiedenen Meinungen und Ansichten ist das Dehnen eine individuelle Sache ist. Wenn man davon nichts hält, hat es auch keinen Nutzen. Es hängt auch davon ab, ob der Athlet, die Athletin ein muskulär harter oder eher ein laxer Typ ist. Jeder Sportler, jede Sportlerin merkt selbst mit der Zeit, ob das Dehnen ihm/ihr gut tut oder nicht.

Viele Dehnungsübungen führen aufgrund ungünstiger Ausführung und Armstellung zu einer „Ausweitung“ des anterioren, posterioren und inferioren Kapsel-Band-Apparats, welcher der wichtigste primäre Stabilisator der Schulter ist. Hyperlaxität sowie die daraus resultierende multidirektionale Instabilität und sekundäres Impingement sind die Folge.

SchwimmerInnen tendieren zu einem geringeren Bewegungsumfang von Innenrotation und horizontaler Adduktion, der prädisponierend für das anteriore Impingement ist. Isolierte Dehnungsübungen der Mm. pectorales, der posterioren Kapsel und des M. latissimus dorsi haben sich als sehr effektiv erwiesen. Außerdem beugt das Dehnen dieser Muskeln nach traditioneller Auffassung einer muskulären Imbalance vor, da die stark beanspruchten „Antriebsmuskeln“ dadurch auf normaler „Länge“ gehalten werden (Johnson et al., 2003; O'Donnell et al., 2005). Ein muskuläres Kräfteungleichgewicht führt zu einer vermehrten Kyphose der Brustwirbelsäule, einer Protraktionsstellung der Schultern und zu einer Translation des Kopfes nach ventral. Diese schlechte Haltung fördert ein Impingement (Hauser-Bischof, 2003, S. 55).

In diesem Kapitel wird nicht auf die verschiedenen Methoden des Dehnens eingegangen. Es steht mehr die Ausführung der Dehnungsübungen, Dehnposition im Vordergrund, damit

auch die Muskeln gedehnt werden, die gedehnt werden sollen. Auf folgende Dinge ist zu achten:

- Es gilt, die Schulter in die richtige Gelenkposition zu bringen, damit der labro-kapsulo-ligamentäre Komplex nicht beschädigt und die zu dehnenden Muskeln gedehnt werden. Ein Vorkippen des Schulterblatts (Protraktion) sowie eine Verschiebung des Oberarmkopfs nach vorne beschädigt den labro-kapsulo-ligamentären Komplex und führt zu Laxität, Instabilität und Impingement (Bak & Magnusson, 1997).
- Eine korrekte Körperposition mit aktiver Rumpfspannung ist Voraussetzung, um die Schulter in die richtige Dehnposition bringen zu können. Dabei ist generell eine richtige Körperhaltung gemeint.
- Partnerdehnen kann bei wenig Erfahrung zu einem Überdehnen des kapsulo-ligamentären Komplexes führen, da das Gefühl für den Dehnpartner, der Dehnpartnerin erst abgestimmt werden muss. Die Kommunikation untereinander ist ein wichtiger Bestandteil der Ausführung. Aufgrund der eben angeführten Punkte und des aufkommenden Wettkampfgedankens bei Kindern soll bei zu jungen AthletInnen vom Partnerdehnen abgesehen werden (McMaster & Troup, 1993; McMaster, 1999; O'Donnell et al., 2005).

Krafttraining

Wie bereits im Unterkapitel Muskulatur beschrieben, werden beim Krafttraining vorwiegend die Antriebsmuskeln trainiert. Das Ziel ist es, einen kräftigeren Zug ins Wasser zu bringen. Dabei wird das durch das Schwimmen ohnehin verursachte Kräfteungleichgewicht begünstigt. Das Training der ausgleichenden Muskeln muss forciert werden, um das muskuläre Verhältnis aufrecht zu halten und Folgeschäden zu vermeiden. Verfügt ein Schwimmer, eine Schwimmerin über starke „Antriebsmuskeln“ wie Brustmuskel oder Latissimus, muss sich das nicht in einer kräftigen Druckphase widerspiegeln. Will der Schwimmer, die Schwimmerin kräftigen Druck unter dem Bauch erzeugen, weist aber im Verhältnis zu den Antriebsmuskeln zu schwache Stabilisatoren auf, kippt die Schulter demnach nach vorne, die Energie verpufft und die erzeugte Kraft der „Antriebsmuskeln“ kann daher nicht ins Wasser übertragen werden (Conza, 2009).

Im Bereich Krafttraining existieren verschiedene Ansichten. Aufgrund der unterschiedlichen Arten, Methoden, Inhalte, Durchführungs- und Organisationsformen, der anatomisch-physiologischen Grundlagen des Krafttrainings sowie der Arten der Muskelarbeit und der Muskelanspannung ist das Thema Krafttraining, vor allem in Abstimmung mit dem Schwimmtraining, sehr komplex (Weineck, 2000, S. 236, 244, 247, 267). Unterschiedliche Meinungen, Konzepte und Wege führen zum Ziel.

Nachstehend wird wie in Kapitel Extreme Dehnungsübungen ausschließlich Augenmerk auf Fehler in der Bewegungsausführung beim Krafttraining mit und ohne Geräte, die prädisponierend für Schulterschmerzen sind, gelegt. Zu berücksichtigen sind:

➤ Schulterstellung

Die Schulter muss in die richtige Gelenkposition gebracht werden, damit der labro-kapsulo-ligamentäre Komplex nicht beschädigt, die Schulter also nicht unnötig falsch belastet wird. Bei der Ausführung der Übungen soll die Schulter (Schulterblatt) immer ausreichend stabilisiert sein. Andernfalls kommt es zum Vorkippen des Schulterblatts (Protraktion) sowie zu einer Verschiebung des Oberarmkopfs nach vorne und eine Überbelastung des labro-kapsulo-ligamentären Komplexes ist die Folge. Dies führt letztlich zu Laxität und Instabilität des Gelenks (Bak & Magnusson, 1997). Daher soll beim Krafttraining, wenn die Ausführung nicht richtig durchgeführt werden kann, mit leichteren Gewichten trainiert werden. Die Belastung (Gewicht) muss so gewählt werden, dass die Stabilisation (Schulterblattfixatoren) gewährleistet ist. Es wird ersichtlich, dass die Ausführung der Übung mit richtiger Schulterposition und -stabilisation anstrengender ist und daher weniger Gewicht benötigt wird.

➤ Korrekte Körperposition (Körperspannung)

Kann die richtige Körperposition bzw. Körperspannung nicht mehr gehalten werden, ist ebenfalls eine Variation mit den Gewichten nötig. Anzeichen sind seitliche Ausweichbewegungen des Rumpfes, Reißbewegungen in der Ausführung sowie Schwungholbewegungen mit anderen Körperteilen. Dabei spielt die Aktivierung der Bauchmuskeln eine entscheidende Rolle.

Handpaddles

Der Zweck dieses Trainingsmittels ist einerseits ein spezifisches Krafttraining im Wasser, andererseits dient es dazu, ein Gefühl für den Unterwasserzug (Wassergefühl) zu entwickeln. Beides geschieht durch die Vergrößerung der Handflächen mit Hilfe der Paddles (Gambriel & Bay, 1988, S. 86; Richardson et al., 1980).

Aufgrund der Vergrößerung der Handfläche steigt der Wasserwiderstand und folglich die Krafteinwirkung auf die Schulter. Der Unterwasserzug sowie die Dauer und Stärke der Belastung auf die Schulter verlängern sich hiermit und vergrößern dadurch die Impingement-Problematik (Hall, 1980; Richardson et al., 1980; Souza, 1994, S. 119f.), wobei der Anstieg von Größe der Paddles und der Muskelaktivität nicht linear verläuft (Monteil & Rouard, 1992, S. 99f.).

Das Verwenden von Handpaddles führt genau genommen nicht direkt zu Schulterschmerzen, sondern trägt zur rascheren Ermüdung der Schultergürtelmuskulatur bei, besonders jener der aktiven Stabilisatoren (Rotatorenmanschette). Dies verursacht Abweichungen des Schwimmzugs sowie Veränderungen der Zugmechanik. Überlastungen der Schulter sind die Folge (Murphy, 1994, S. 413).

Durch die Verlängerung der Unterwasserphase kommt es beim Kraulschwimmen zu einer vermehrten Asymmetrie zwischen den beiden Armen und zur Annäherung an das Abschlagschwimmen. Dies führt zur Verminderung der Körperrotation, die mit vermehrter horizontaler Abduktion (höheres Herausheben) der Arme in der Überwasserphase

kompensiert werden muss. Dadurch wird wiederum die Impingement-Problematik begünstigt (Richardson et al., 1980; Souza, 1994, S. 119f.).

Haaker et al. (1997) und Richardson et al. (1980) kommen in ihren Studien zum Ergebnis, dass Schwimmer mit höherem Paddlesanteil im Training trotz geringerer Trainingskilometer häufiger von Schulterschmerzen betroffen sind.

Handpaddles werden meist in der Früh- und Mittelsaison verwendet und genau in dieser Zeit klagen die meisten SchwimmerInnen über Schulterschmerzen. Dies bestätigt wiederum den Zusammenhang zwischen Schulterschmerzen und Handpaddles (Burchfield et al., 1994, S. 222; Höltke et al., 1996; Richardson et al., 1980).

Wenn eine hohe Qualität der Schwimmtechnik nicht mehr gewährleistet werden kann, soll vom Gebrauch der Paddles abgesehen werden. Der größere Widerstand führt zur schnelleren Ermüdung der Muskulatur, besonders jener der aktiven Stabilisatoren, sowie zu Ausweichbewegungen und schlechterer Technik. Schulterbeschwerden sind erneut die Folge (Burchfield et al., 1994, S. 222; Höltke et al., 1996; Richardson et al., 1980).

Aus Sicht der Schulterproblematik soll der Paddlesanteil generell im Training so gering wie möglich gehalten werden, da er zu muskulärer Dysbalance führt. Die Belastung der Schulter ist durch die vielen wiederholten Armbewegungen ohnehin schon groß genug. Die auf die Schulter einwirkenden Kräfte pro Armzug (Scherkräfte) müssen daher nicht noch zusätzlich durch das Verwenden von Paddles vergrößert werden.

Durch übertriebenes Paddles-Schwimmen geht das Wassergefühl für die normale Handgröße verloren. Die SchwimmerInnen stellen sich auf den vermehrten Wasserwiderstand der Paddles ein und werden nachlässig in Bezug auf das Suchen der richtigen Technik und des ruhigen Wassers. Die Wettkämpfe werden ja letztendlich doch noch ohne Paddles geschwommen.

Außerdem führen lange Ausdauererien mit Paddles zum Schnellkraftverlust der Muskulatur und sollen daher vermieden werden (Haaker et al., 1997).

Schwimmbrett

Das Halten des Schwimmbretts führt zum längeren Verweilen in der Impingement-Position. Diese endgradige Position und Adduktionsstellung der Arme verursachen Druck und ungünstige Krafteinwirkung auf die Schultern (McMaster & Troup, 1993).

Das Beintraining soll vermehrt ohne Brett durchgeführt werden, da die SchwimmerInnen dadurch zugleich die Rumpfstabilisation und Rückenmuskulatur (Schulterblattfixatoren) trainieren. Drehen sie noch die Arme - nicht den Unterarm aus dem Ellbogengelenk - nach außen bis der Daumen aus dem Wasser ragt, werden noch zusätzlich die Außenrotatoren mittrainiert. Auf diesem Wege können die ohnehin vernachlässigten Rücken- und Außenrotationsmuskeln während des Schwimmens trainiert werden.

Andere Trainingsmittel

Trainingsmittel wie Pull Boy oder Widerstandsschlauch an den Beinen verringern oder verhindern den Antrieb über die Beine zu Lasten der Arme. Das spezifische Armtraining führt zu einer Mehrbelastung der Schulter und kann bei exzessiver Anwendung zur Ermüdung der Schultergürtelmuskulatur, im Speziellen der Rotatorenmanschette, und folglich zur Überlastung der Schulter führen (Murphy, 1994, S. 413).

Andere Trainingsmittel und -methoden wie Bleigurt-Schwimmen, Gummiseil-Schwimmen sowie das Nachziehen von Widerstandskörpern führen ebenso besonders zur Ermüdung der Rotatorenmanschette und folglich zur Überlastung der Schulter (Murphy, 1994, S. 413; Souza, 1994, S. 120).

Kraultechnik

Falsche Technik und ein ungenauer Schwimmzug der vier Schwimmlagen sind generell entscheidende Faktoren für das Aufkommen von Überlastungsschäden und Schulterschmerzen. Sie verstärken daher die ohnehin kritische Situation der Schulter im Schwimmsport (Dominguez, 1978, S. 108f.; Kenal & Knapp, 1996; McMaster & Troup, 1993; Murphy, 1994, S. 412; O'Donnell et al., 2005; Richardson et al., 1980).

Nachstehend wird lediglich auf technische Fehlerquellen der Kraullage entsprechend den einzelnen Phasen des Schwimmzugs eingegangen. Aufgrund der individuellen Technik und Distanz variiert die Ausführung des Schwimmzugs, dessen Details in der jeweiligen Gliederung nach Unterwasserphase und Überwasserphase angeführt werden. Zusätzlich wird noch auf die Auswirkungen der Atmung und der Körperrotation eingegangen.

Atmung

Beidseitig atmende Schwimmer weisen aufgrund besserer Symmetrie der Körperrotation weniger Schulterbeschwerden auf. Eine ungenügende Körperrotation zur nicht atmenden Seite erhöht wiederum die horizontale Abduktion und folglich den Impingement-Stress (Johnson et al., 2003; Murphy, 1994, S. 417).

Unterwasserphase

Nachstehend wird die „klassische“ Unterwasserphase genauer betrachtet. Hier ist ein minimaler (unbewusster) S-Zug durch Einwärts-Auswärts-Bewegungen festzustellen (Souza, 1994, S. 108ff.; Ungerechts, 2002, S. 98f.). Auf der Kurzstrecke, vor allem im Sprint, verbreitet sich immer mehr die lineare Technik. Bei der extremsten Ausführung der sogenannten „Windmühlentechnik“ wird sowohl Ober- als auch Unterwasser mit fast gestreckten Armen geschwommen. Dies widerspricht natürlich der feinen Klinge und der wissenschaftlichen Erkenntnis des Kraulschwimmens. Die Unterteilung in Zug- und Druckphase wird weniger berücksichtigt, stattdessen steht ein schnelles Nachvornebringen und Einsetzen sowie ein sofortiges kräftiges Durchziehen der Arme im Vordergrund. Der schwedische Topschwimmer Stefan Nystrand bewies, dass man mit dieser Technik auch Weltrekorde brechen kann.

Ein Kompromiss aus der „klassischen Technik“ und der „Windmühlentechnik“ scheint sehr effizient zu sein und findet häufig Anwendung in den Kurzdistanzstrecken. Der Ellbogen wird unter Wasser gering aufgestellt und es ist nur eine leichte Auswärts-Einwärtsbewegung erkennbar. Der französische Schwimmer Alain Bernard war ein Musterbeispiel dafür.

Dass diese beiden kräfteaubenden Techniken (hohe Armfrequenz) nur über kurze Distanzen effizient sind, scheint aus trainingsphysiologischer Sicht einleuchtend. Außerdem wird bei der „Windmühlentechnik“ aufgrund der größeren Hebelwirkung während der gesamten Unterwasserphase die Schulter besonders belastet (Souza, 1994, S. 108ff.; Ungerechts, 2002, S. 98f.).

Nachstehende Bewegungsausführungen in den jeweiligen Unterwasserphasen können zu problematischen, gesundheitlichen Folgeerscheinungen wie Läsionen (repetitive Mikrotraumata) des labro-kapsulo-ligamentären Komplexes und folglich Laxität, Instabilität und Impingement (O'Donnell et al., 2005; Souza, 1994, S. 118; Steinbrück & Lehmann, 1996, S. 21; Stocker et al., 1995) sowie zu mechanischem (Kenal & Knapp, 1996; Scovazzo et al., 1991) und vaskulärem Impingement, wringing-out Position (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121) führen.

➤ In der Zugphase wird die Belastung Innenrotation/Adduktion/Anteversion auf die Schulter durch das Beugen im Ellbogengelenk (Ellbogenaufstellen) verstärkt. Ein Übergreifen der Vertikalebene (Körpermitte) erschwert die Problematik (Murphy, 1994, S. 412f., 416f.).

➤ Mittlere Druckphase

Die Armstellung Innenrotation/Adduktion/Anteversion führt, besonders mit gleichzeitigem Übergreifen der Körpermitte (exzessive horizontale Adduktion), vor allem zu einem vaskulären Impingement, wringing-out Position (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121). Diese wringing-out Position wird ebenfalls durch den nicht aufgestellten Ellbogen begünstigt (Murphy, 1994, S. 412f., 416f.).

Ein gestreckter Ellbogen führt einerseits zu einer geringeren Zugeffizienz, und daher sind mehr Züge pro Länge notwendig, andererseits wirken aufgrund des größeren Hebels verstärkt Scherkräfte auf die Schulter ein (Bak & Fauno, 1997; Souza, 1994, S. 112f., 121). Beide Faktoren führen wiederum schneller zu einer chronischen Überlastung der Schulter (Bak & Fauno, 1997; Souza, 1994, S. 112f., 121).

➤ Enddruckphase

Ein zu starker und explosiver Enddruck Innenrotation/Adduktion begünstigt ein vaskuläres Impingement, wringing-out Position (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121) und subkorakoidalem Impingement (Schmidt-Wiethoff & Schneider, 2003, S. 3f.; Souza, 1994, S. 117).

Zu explosives Ellbogenstrecken im Enddruck mit zu starkem Nach-Oben-Drücken der Handflächen führt zu tieferer Wasserlage und folglich zu geringerer Fortbewegung. Das ökonomische Schwimmen geht dadurch verloren und mehr Züge pro Länge sind die Folge. Dies führt wiederum schneller zu einer chronischen Überlastung der Schulter (Schmidt-Wiethoff & Schneider, 2003, S. 3f.; Souza, 1994, S. 117)

Überwasserphase

Wie in der Unterwasserphase bereits erwähnt, hängt die Armführung in der Überwasserphase von der jeweiligen Technik ab. Die Rückholphase setzt sich aus einer Extensions-, Innenrotations- und Abduktionsbewegung zusammen. Die Extension/Innenrotation ist nach dem Enddruck beim Verlassen des Wassers vorhanden und geht in eine Innenrotations- und Abduktionsbewegung über. Eine leichte Außenrotations- und Abduktionsbewegung, im Sinne einer Gegenbewegung zur Verringerung der Innenrotation und Abduktion, ist kurz bei Beginn der Überwasserphase (Armherausheben) und kurz am Schluss (Armstrecken) vorhanden. Jedoch werden diese Gegenbewegungen immer weniger, vor allem bei den Kurzstrecken kommen sie überhaupt nicht mehr vor. Das heißt, dass die gesamte Überwasserphase in einer Innenrotations- und Abduktionsbewegung und bei schnellem Schwimmen in einer noch extremeren Innenrotation durchgeführt wird. Zu einer früheren Innenrotationsbewegung und folglich zu einer erhöhten Impingement-Gefahr kommt es auch aufgrund muskulärer Ermüdung der Außenrotatoren (Murphy, 1994, S. 412f., 416f.).

Die neuen Sprinttechniken (z. B. Windmühlentechnik) tendieren unbewusst immer mehr dazu, eine Außenrotationsbewegung in der Rückholphase, speziell in der frühen Rückholphase, so gering wie möglich zu halten oder überhaupt in völliger Innenrotation zu schwimmen. Somit verweilt die Schulter während der ganzen Phase in der problematischen Innenrotationsstellung. Anzumerken ist auch, dass bei dieser Technik zuerst Oberarm und anschließend der Unterarm mit der Hand einsetzt.

Zwei Extrempositionen in exzessiver Innenrotation/Abduktion in der Überwasserphase verschärfen die Schulterproblematik noch mehr. Das Handeinsetzen mit Daumen nach unten und zusätzlichem verstärkten Schulterheben bei maximaler Elevation ermöglicht einen noch längeren Zug. Eine Extension mit extremer Innenrotation nach dem Enddruck führt zu erhöhter Belastung (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121).

Die gleichzeitige Abduktions- und Innenrotationsbewegung, wie sie in der Überwasserphase immer der Fall ist, gilt als Hauptauslöser für das Impingement-Syndrom. Der durch diese Bewegung „hochkommende“ Oberarmkopf bzw. das Tuberculum majus erzeugt einen großen Druck unter dem Schulterdach (Murphy, 1994, S. 412f.; Scovazzo et al., 1991; Souza, 1994, S. 118).

In der Überwasserphase ist es im Prinzip nicht so entscheidend, ob die Armführung gestreckt oder abgewinkelt ist. Entscheidend ist nur, dass einerseits die Armmuskeln während der Rückholphase entspannt sind und das Nachvornebringen der Arme so

energiearm wie möglich verläuft, andererseits seitliche Körperbewegungen verhindert werden.

Körperrotation

Die Körperrotation dient nicht nur der Widerstandsminimierung, sondern auch dazu, die Schulter in eine effektive neutrale Position zu bringen. Dadurch können die „Antriebsmuskeln“ Mm. pectorales und M. latissimus dorsi optimal rekrutiert werden, und ein kräftigerer Zug ist die Folge. Ungenügende Körperrotation führt zu einem schwächeren Zug und zu einer Überanstrengung dieser Muskeln (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121).

Eine gestreckte Armführung führt bei zu geringer Körperrotation und zu geringem Schulterrollen zu seitlichen Körperbewegungen („Schlängeln“). Das ökonomische Schwimmen geht dadurch verloren und mehr Züge pro Länge sind die Folge. Dies führt wiederum schneller zu einer chronischen Überlastung der Schulter (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121).

Eine geringe Körperrotation muss durch ein höheres Armheben (horizontale Abduktion) und vermehrter Rotation der Schulter (Innen- oder Außenrotation je nach Technik) kompensiert werden (Johnson et al., 2003; Murphy, 1994, S. 417).

Das gleiche Problem ist bei der „Windmühlentechnik“ anzutreffen, bei der die Hände vertikal nach vorne geführt werden. Kann die Rotation nicht gehalten werden, führt dies wieder zu seitlichen Körperbewegungen. Die Folge ist eine Verengung des Subakromialraums sowie eine vermehrte Muskelaktivität mit einer schnelleren Ermüdung derselben, Impingement-Gefahr (Hawkins & Kennedy, 1980; Kenal & Knapp, 1996; Murphy, 1994, S. 418; Souza, 1994, S. 117, 121).

Eine übertriebene Körperrotation kann zum Übergreifen der Vertikalebene (Körpermitte) beim Handeinsetzen sowie in der Zug- und mittleren Druckphase führen, siehe Unterwasserphase Kraul (Johnson et al., 2003).

Gemäß der **triathlonspezifischen** Literatur resultiert der Großteil der Verletzungen der oberen Extremitäten aus dem Schwimmen, wobei die Schulter die Hauptlokalisation darstellt (Burns et al., 2003; Egermann et al., 2003; Korkia et al., 1994; Manninen & Kallinen, 1996). Berücksichtigt man alle Verletzungen, werden 1 - 12 % aller Verletzungen dem Schwimmen zugesprochen. (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Egermann et al., 2003; Galera et al., 2012; Gosling et al., 2008b; Gosling et al., 2010; Korkia et al., 1994; Massimino et al., 1988; Migliorini, 1991; Vleck et al., 2010; Zwillingenberger et al., 2014).

Überbelastungs- oder Überbeanspruchungsverletzungen, die auf das Schwimmen zurückzuführen sind, sind bei TriathletInnen weniger häufig anzutreffen als jene, die durch das Radfahren und Laufen entstehen. Die Schulter ist dabei hauptsächlich betroffen. Entzündungen von Sehnen der Rotatorenmanschette (Tendonitis) und Probleme, die mit einem Impingement zusammenhängen, stellen dabei die Hauptbeschwerdebilder dar

(Burns et al., 2003; Reuter et al., 2008; Tuite, 2010). Schulterprobleme, die vom Schwimmen resultieren, beruhen ausschließlich auf Überbelastung und Überbeanspruchung.

In Tabelle 23 wird ein Überblick der Schulterverletzungen, die 100 % der Verletzungen der oberen Extremitäten beim Schwimmen ausmachen können (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Egermann et al., 2003; Korkia et al., 1994; Manninen & Kallinen, 1996), in der triathlonspezifischen Literatur geboten.

Tabelle 23: Übersicht der Schulterverletzungen nach AutorInnen

Studie	Verletzungen der Schulter		
	Gesamt N (%)	Overuse %	Schwimmen %*
Collins et al. (1989)	23 (13,8)	-	82,6
Korkia et al. (1994)	1 (1,3)	-	100
Manninen & Kallinen (1996)	9 (8,6)	-	100
Cipriani et al. (1998)	(7)	-	-
Vleck & Garbutt (1998)	(14,2) ^{SE M OD}	23,5	-
Egermann et al. (2003)*	(19,1) ^{CS}	57,6	-
Vleck et al. (2003)*	(14,1)	-	64,6
Vleck et al. (2010)	-	8 ^{LD} ; 8,5 ^{OD}	100
Tuite (2010)	(10-15) ^{Rev.}	-	-
Gosling et al. (2010)	235 (3)	-	-
Galera et al. (2012)	(8,3)	-	-
Rimmer & Coniglione (2012)	(1,18) ^{MD} (4,3) ^{LD}	-	-
Andersen et al. (2013)	92 (21)	96	-

* relativer Anteil an ProbandInnen; CS = chronic symptom; LD = long distance; MD = middle distance; OD = Olympic distance; Rev. = Review; SE M OD = sub-elite men Olympic distance; Gesamt = absolute und relative Häufigkeit an Schulterverletzungen im Triathlon; Overuse = relative Häufigkeit an überlastungsbedingten Schulterverletzungen im Triathlon; Schwimmen = relativer Anteil der schwimmbedingten Schulterverletzungen

Chronische Beschwerden und Überbelastungs- oder Überbeanspruchungsverletzungen der Schulter treten bei 19,1 % und 57,6 % der AthletInnen auf, wobei chronische Schulterbeschwerden bei jungen AthletInnen unter 30 Jahren signifikant häufiger anzutreffen sind als bei älteren Altersgruppen. 14 % der Muskel-/Sehnenverletzungen sind auf das Schwimmen zurückzuführen, wobei die wöchentlichen Trainingsstunden in der bivariaten Analyse und das Leistungslevel der AthletInnen in der multivariaten Analyse signifikante Faktoren für das Auftreten von Muskel-/Sehnenverletzungen sind. Je höher das Leistungsniveau, desto höher ist das Risiko. Andere Faktoren wie Alter, Geschlecht, TrainerIn oder medizinische Betreuung stellten keinen signifikanten Einfluß dar (Egermann et al., 2003).

Tuite (2010) bekräftigte, dass Schulterprobleme durch die Verwendung eines Aerobar-Lenkers zur Erreichung einer aerodynamisch günstigeren Position gefördert werden. Das

erhöhte Vorlehnen des Oberkörpers und dessen Abstützen auf die Ellbogen veranlasst bei geringer werdender/ermüdender muskulärer Kontrolle einen Hochstand des Oberarmkopfes. Der dadurch entstehende Druck auf die unter dem Schulterdach befindlichen Weichteile wie Supraspinatussehne und Bursa subacromialis verschärft das Auftreten einer Impingementproblematik. Dies ist dasselbe Prinzip, das durch eine geringe muskuläre Kontrolle beim Schwimmen vorherrscht, wenn der Arm in und über die Schulterhöhe angehoben wird. Eine muskuläre Vorbelastung der Schulterblattfixatoren und -rotatoren durch die Aeroposition beim Radfahren kann ein Auftreten eines Impingements beim Schwimmen durch die vielen Überkopfbewegungen des Armes fördern.

MRT-Untersuchungen der Schultern von TriathletInnen beim Ironman Hawaii zeigten, dass bei symptomatischen und asymptomatischen TriathletInnen eine Tendopathie der Rotatorenmanschette bei 50 % und 29 %, ein Acromioclavicular-Gelenks-Ödem bei 62 % und 71 % und eine partielle Rotatorenmanschettenruptur bei 19 % und 29 % vorlag. Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den symptomatischen und asymptomatischen TriathletInnen und der Kontrollgruppe festgestellt, wobei eine Tendenz bezüglich AC-Gelenks-Abnormalitäten vorgefunden wurde. Dabei ist jedoch schwierig festzustellen, ob diese im MRT erkennbaren Abnormalitäten der Grund für Schulterbeschwerden sind, oder ob viele TriathletInnen geringen Schulterschmerz ignorieren (Reuter et al., 2008).

Vleck und Garbutt (1998) fanden keinen Zusammenhang zwischen Anzahl an Überbelastungs- oder Überbeanspruchungsverletzungen und der Anzahl an aktiven Triathlonjahren und der Schwimmerfahrung. Gosling et al. (2010) vermerkten, dass die Schwimmdistanz im Wettkampf kein signifikanter Faktor für Verletzungen ist. Shaw et al. (2004) und Galera et al. (2012) erwähnten hingegen, dass das Volumen beim Schwimmtraining sehr wohl eine entscheidende Rolle für das Auftreten von Verletzungen, besonders jener der Muskulatur, im Schwimmen spielt. Verletzungen der Muskulatur werden laut Galera et al. (2012) jedoch nicht von der Dauer der Trainingseinheit sowie durch das Aufwärmen und Dehnen beeinflusst. Das Alter und die Dauer der Trainingseinheit haben keine Auswirkung auf Verletzungen im Schwimmen. Tendopathien werden ebenfalls nicht durch die Dauer der Trainingseinheit und durch das Trainingsvolumen im Schwimmen bedingt.

In der Studie von Manninen und Kallinen (1996) betrafen nur 9 % der Verletzungen die oberen Extremitäten, jedoch war bei all diesen die Schulter die betroffene Körperregion. Ausschlaggebend dafür waren rein die schwimmbezogenen Faktoren wie schlechte Schwimmtechnik und inadäquates Aufwärmen und Dehnen. Eine ungenügende Schwimmtechnik ist ein entscheidender extrinsischer Faktor für Schulterbeschwerden (Migliorini, 1991; O'Toole et al., 1989; Strock et al., 2006; Villavicencio et al., 2007).

4.3 Radfahren

Das Radtraining der TriathletInnen und SpezialistInnen findet meist auf öffentlichen Verkehrswegen unter den dort herrschenden Verkehrsbedingungen statt. Diese Situation – außer bei großen, vor allem internationalen Veranstaltungen – erwartet die SportlerInnen auch bei den Rennen und Wettkämpfen (De Bernardo et al., 2012; Deakon, 2012).

Abgesehen von den verkehrsbedingten Verletzungsrisiken stellen meist Überbelastung wie Fehler in der Trainingssteuerung, biomechanische Mängel wie schlechte Radeinstellung, Fahrverhalten und Fahrkönnen sowie traumatische Einwirkungen wie Stürze weitere Faktoren für Verletzungen beim Radfahren dar.

Wobei bessere Sicherheitsbestimmungen und Änderungen des Reglements, besonders die Einführung der Helmpflicht im Rad- und Triathlonsport in den frühen 90er Jahren, das Auftreten von Verletzungen, vor allem der traumatischen Kopfverletzungen bzw. in Anbetracht der Verletzungsschwere, reduzierte (De Bernardo et al., 2012; McHardy et al., 2006).

Degenerative Veränderungen stellen in der Bevölkerung **im Allgemeinen** einen Risikofaktor für Rückenschmerzen dar (Burdorf & Sorock, 1997; Ozguler et al., 2000). Jedoch sind diese altersbedingten Degenerationsprozesse für die Themenstellung dieser Arbeit bzw. für die größtenteils jungen SportlerInnen nicht unbedingt von Bedeutung, weil die Schwerpunkte in den Bereichen Training und Biomechanik liegen.

Vor allem die Belastungskomponenten Umfang und Intensität unterscheiden sich wesentlich sowohl im Training als auch im Wettkampf bei Freizeit-RadsportlerInnen und Elite-ProfiradsportlerInnen (Clarsen et al., 2010). Freizeit-RadsportlerInnen weisen im Durchschnitt 7.114 Kilometer und 2,9 nicht wettkampfbezogene Veranstaltungen im Jahr auf (Wilber et al., 1995). Elite-ProfiradsportlerInnen hingegen absolvieren durchschnittlich 25.000 bis 35.000 Kilometer und 50 bis 110 intensive Renntage im Jahr (De Bernardo et al., 2012; Jeukendrup & Martin, 2001; Mujika & Padilla, 2001). Daher ist das Erstellen direkter Vergleiche über das Auftreten von Verletzungen zwischen Freizeit-RadsportlerInnen und Elite-ProfiradsportlerInnen mit Vorsicht vorzunehmen (Clarsen et al., 2010).

Außerdem ist das subjektive Schmerzverhalten bzw. -empfinden bei Befragungen zu berücksichtigen. ProfiradsportlerInnen sind leichte Schmerzen gewöhnt und sehen dies als Teil ihres Berufs. Beschwerden unter anderem in Nacken-, Lenden- und Gesäßbereich werden demnach als „normal“ betrachtet und im Gegensatz zu Freizeit-RadsportlerInnen oft gar nicht vermerkt (Clarsen et al., 2010; De Bernardo et al., 2012).

Generell brachten Unterschiede bzw. Verbesserungen im gesamten technischen, trainingswissenschaftlichen und medizinischen Bereich im Radsport einige Veränderungen in den letzten Jahrzehnten. Erneuerungen am Materialsektor, Verbesserungs- und Leistungsprotokolle in Training und Wettkampf sowie präventive Maßnahmen für Verletzungen sind in diesem Zusammenhang anzuführen. Diese Erneuerungen bedeuten jedoch nicht nur

Vorteile. Im Besonderen ist das wattgesteuerte Radtraining, welches überlastungsbedingte Muskel- und Sehnenverletzungen bei nicht individuell angepasstem Trainingszustand induziert, zu erwähnen.

In diesem Kapitel wird jedoch ausschließlich auf die Darstellung von Radverletzungen und deren Faktoren eingegangen. In diesen Zusammenhang stehende Verbesserungsvorschläge sowie Möglichkeiten der Abhilfe und Linderung von Verletzungen werden ebenfalls nicht erörtert.

Bevor jedoch im Speziellen auf trainings- und biomechanikbedingte Verletzungen im Radsport eingegangen wird, wird die vorherrschende, mit hohem Verletzungsrisiko behaftete Situation der RadfahrerInnen im Straßenverkehr beschrieben. Als Grundlage dazu dient die Studie von Tin Tin et al. (2010). Die AutorInnen untersuchten Radunfälle, die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten. Dies wurde in Neuseeland, einem der radbedarfsorientiertesten Länder, in den Jahren 1988 bis 1991, 1996 bis 1999 und 2003 bis 2007 nach Alter, Geschlecht und betroffener Körperregion durchgeführt und in Relation zu anderen StraßenbenützerInnen wie KraftfahrzeugfahrerInnen und MotorradfahrerInnen gesetzt.

Wie in Tabelle 24 gezeigt, wiesen RadfahrerInnen die zweithöchste Prävalenz von Verkehrsunfällen nach den MotorradfahrerInnen im Vergleich zu anderen wichtigen Kategorien von StraßenbenützerInnen auf. Von 2003 bis 2007 ereigneten sich 31 Verletzungen pro einer Million radgefahrter Stunden (Tin Tin et al., 2010). Um zu zeigen, dass die Daten länderspezifisch sind, werden kurz die Ergebnisse britischer Studien und einer niederländischen Studie erwähnt. In britischen Studien wurde ebenfalls gezeigt, dass RadfahrerInnen ein höheres Risiko als AutofahrerInnen pro gefahrener Zeit und Distanz hatten (Cavill & Davis, 2007; Wardlaw, 2002). In der niederländischen Studie hingegen starben knapp doppelt so viele AutofahrerInnen als RadfahrerInnen pro Milliarde gefahrener Kilometer, und die Wahrscheinlichkeit ins Krankenhaus eingeliefert zu werden ist für beide ähnlich (Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1999).

20 % der RadfahrerInnen hatten eine schwerwiegende, lebensbedrohliche Verletzung mit einem AIS-Wert über 3 (Tabelle 24). Die Prävalenz verringerte sich von 1988 bis 1991 gegenüber 1996 bis 1999, stieg danach wieder an. Ähnliche Trends waren bei den schwerwiegenden Verletzungen als auch bei Verletzungen durch Kollision mit einem motorisierten Fahrzeug zu erkennen (Tin Tin et al., 2010).

Tabelle 24: Jährliche Werte und Prävalenzen von Verkehrsunfällen, die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten (Tin Tin et al., 2010, S. 4)

	Jährliche Anzahl an Verletzungen			Jährliche Anzahl an Verletzungen pro 1 Million gefahrener Stunden (95 % CI)		
	1988-91	1996-99	2003-07	1988-91	1996-99	2003-07
	4 Jahre	4 Jahre	5 Jahre	4 Jahre	4 Jahre	5 Jahre
Gesamt						
Rad-fahrerInnen	941 hh	512 hh	682 hh	25,61 (23,97-27,25)	21,28 (19,53-23,23)	30,74 (28,43-33,04)
PKW-fahrerInnen	2081 hh	2051 hh	1714 hh	4,24 (4,06-4,42)	3,22 (3,08-3,36)	2,10 (2,00-2,20)
PKW-insassen	1568 hh	1428 hh	1086 hh	5,64 (5,36-5,92)	4,67 (4,43-4,91)	2,89 (2,71-3,06)
Motorrad-fahrerInnen	1655 hh	895 hh	784 hh	185,14 (176,2-194,1)	161,77 (151,2-172,4)	107,64 (100,1-115,2)
Fuß-gängerInnen	743 hh	638 hh	471 hh	4,29 (3,98-4,60)	3,40 (3,14-3,67)	2,38 (2,17-2,60)
Schwerwiegende Verletzungen (AIS≥3)*						
Rad-fahrerInnen	377 hh	117 hh	138 hh	10,27 (9,23-11,30)	4,86 (3,98-5,75)	6,24 (5,21-7,28)
PKW-fahrerInnen	886 hh	774 hh	629 hh	1,81 (1,69-1,93)	1,22 (1,13-1,30)	0,77 (0,71-0,83)
PKW-insassen	643 hh	516 hh	367 hh	2,31 (2,13-2,49)	1,69 (1,54-1,83)	0,98 (0,88-1,08)
Motorrad-fahrerInnen	483 hh	273 hh	190 hh	54,05 (49,23-58,87)	49,24 (43,39-55,09)	26,11 (22,40-29,82)
Fuß-gängerInnen	362 hh	254 hh	187 hh	2,09 (1,88-2,31)	1,36 (1,19-1,52)	0,95 (0,81-1,08)

* Abbreviated Injury Scale von 1980, Verletzungsschwere: 1 = gering; 2 = ernsthaft; 3 = schwer; 4 = sehr schwer; 5 = kritisch; 6 = maximal (nicht behandelbar); CI = Konfidenzintervall

Zwei Fünftel der gesamten Radfahrverletzungen, die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten, wurden bei nichtkollidierenden Unfällen zugezogen. Kollisionen mit einem motorisierten Fahrzeug hingegen waren die Ursache für zwei Fünftel der schwerwiegenden Radfahrverletzungen (Tin Tin et al., 2010). Im Vergleich dazu fielen Statistiken von Notdiensteinsätzen in UK, Australien und den USA mit 64 - 79 % der Fahrradunfälle ohne Beteiligung anderer Fahrzeug höher aus (Davidson, 2005; Meuleners et al., 2007; Stutts & Hunter, 1999). Statistiken von Krankenhausaufnahmen in Schweden und den USA zeigten bei der Involvierung von motorisierten Fahrzeugen bei Fahrradunfällen mit 30 - 66 % ähnliche Werte wie die neuseeländische Studie auf (Bostrom & Nilsson, 2001; Richter et al., 2007; Zavoski et al., 1995). Eine gemeinsame hohe Beteiligung von motorisierten Fahrzeugen war bei tödlich endenden Radfahrernfällen mit 72 - 97 % in UK, USA, Kroatien, Schweden und Kanada zu erkennen

(Gilbert & McCarthy, 1994; Hawley et al., 1995; Missoni & Kern, 2003; Ostrom et al., 1993; Rowe et al., 1995).

In Abbildung 18 und 19 ist ersichtlich, dass im Vergleich zu 1988 bis 1991 die Prävalenzen von traumatischen Gehirnverletzungen in den Zeiträumen 1996 bis 1999 und 2003 bis 2007 abnahmen. Die AutorInnen konnten nicht bestätigen, ob dieser Rückgang auf die Einführung der Helmpflicht im Jänner 1994 oder auf den generellen Rückgang der gesamten Straßenverletzungen zurückzuführen ist, insbesondere von 1996 bis 1999. Die Prävalenzen der Verletzungen anderer Körperbereiche stiegen jedoch stetig an (Tin Tin et al., 2010).

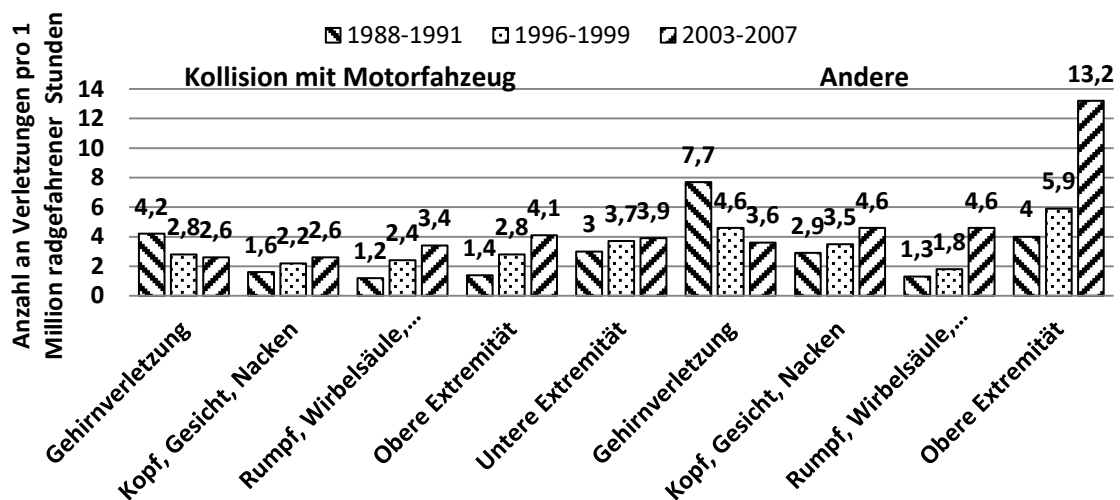


Abbildung 18: Jährliche Prävalenzen von Verkehrsunfällen mit RadfahrerInnen, die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten, gesondert nach betroffenen Körperregionen (Tin Tin et al., 2010, S. 7)

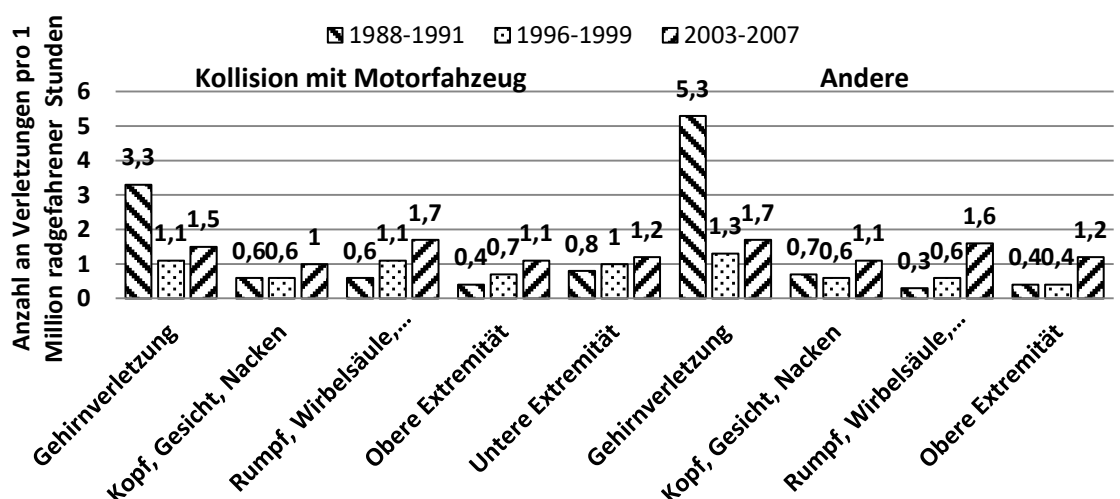


Abbildung 19: Jährliche Prävalenzen von schwerwiegenden Verkehrsunfällen mit RadfahrerInnen (AIS≥3), die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten, gesondert nach betroffenen Körperregionen (Tin Tin et al., 2010, S. 7)

In Tabelle 25 werden die betroffenen Körperregionen nach der Natur der Verletzung in zwei Gruppen, Unfälle durch Kollision mit einem Motorfahrzeug und Unfälle anderer Art, aufgelistet. Im Vergleich dazu kamen bei den in Tabelle 25 nicht gezeigten Fällen von schwerwiegenden Verletzungen (AIS $\geq$ 3) traumatische Gehirnverletzungen, Frakturen der unteren Extremitäten und offene Wunden an Kopf, Gesicht und Nacken mit jeweils 28,2 %, 19,2 % und 18,7 % am häufigsten vor (Tin Tin et al., 2010).

Tabelle 25: Verteilung der betroffenen Körperregionen nach der Natur der Verletzung (Tin Tin et al., 2010, S. 7)

Betroffene Körperregion	Fraktur	Verstauchung Zerrung Verrenkung	Innere Verletzung	Offene Wunde	oberflächlich Prellung Quetschung
Verletzte RadfahrerInnen (%) bei Unfällen durch Kollision mit einem Motorfahrzeug					
Gehirnverletzung*	6,48	0,00	29,05	0,00	0,00
Kopf, Gesicht, Nacken	3,66	0,21	0,00	26,33	11,91
Wirbelsäule, Rücken	12,64	2,93	1,25	0,00	0,00
Rumpf	11,81	1,46	11,81	2,30	8,36
Obere Extremität	25,91	5,22	0,00	13,58	7,42
Untere Extremität	24,66	5,22	0,00	13,17	14,73
Andere	0,00	0,21	0,00	4,49	1,78
Verletzte RadfahrerInnen (%) bei Unfällen anderer Art					
Gehirnverletzung*	2,50	0,00	14,90	0,00	0,00
Kopf, Gesicht, Nacken	3,05	0,16	0,00	16,88	9,31
Wirbelsäule, Rücken	3,33	1,35	0,59	0,00	0,00
Rumpf	4,28	0,91	4,91	1,15	3,65
Obere Extremität	40,33	6,46	0,00	8,87	4,08
Untere Extremität	11,17	6,46	0,00	8,84	10,58
Andere	0,00	0,20	0,00	4,87	1,51

* traumatisch

In Zusammenhang mit der Studie von Tin Tin et al. (2010) ist auch das „safety in numbers“-Phänomen von Interesse. Dieses besagt, dass das Risikoprofil der RadfahrerInnen sich mit Zunahme an RadfahrerInnen verbessert (Jacobsen, 2003). In Neuseeland sank aber die gesamte Art und Weise des Radfahrens stetig von 4 % im Jahr 1989 auf 1 % im Jahr 2006 (Ministry of Transport, 2007), während hingegen die jährliche gefahrene Distanz von leichten 4-Rad-Fahrzeugen anstieg (Ministry of Transport, 2010). Laut Tin Tin et al. (2010) dürfte diese Tatsache den steigenden Trend an Fahrradverletzungen in den letzten Jahrzehnten beeinflusst haben, da im Gegensatz die Verletzungsprävalenzen der anderen StraßenbenutzerInnen stetig abnahmen.

In der **disziplinspezifischen Literatur** stellen das Knie, der Lendenbereich, der Nacken, die Achillessehne, das Handgelenk und der Unterarm die von Verletzungen am meisten betroffenen anatomischen Bereiche beim leistungsorientierten Radfahren dar (Holmes et al., 1994; Sanner & O'Halloran, 2000).

Bei den Freizeit-RadfahrerInnen wurden in einer Studie 518 RadfahrerInnen zu Verletzungen befragt. 85 % der ProbandInnen vermerkten mindestens eine Überlastungsverletzung und 36 % benötigten medizinische Hilfeleistungen. Neben den überlastungsbedingten Hauptbeschwerdebereichen Lende (30,3 %), Hals (48,8 %) und Knie (41,7 %) wurden noch überlastungsbedingte Verletzungen der Leisten/Gesäßbacken (36,1 %) und der Hände (31,1 %) angeführt (Wilber et al., 1995).

Die nachstehenden Daten der professionellen Radfahrer wurden hauptsächlich aus den Ergebnissen von vier Studien generiert. Die Informationen stammten ausschließlich von männlichen Probanden, die UCI Pro-Tour Mannschaften oder UCI Pro-Continental Mannschaften angehörten. Diese Teams nehmen an der UCI World Tour bzw. an den UCI Continental Circuits (kontinentale Rennserie) teil. Die Studien waren retrospektiv und die Probanden wurden bei De Bernardo et al. (2012) im Durchschnitt über einem Zeitraum von vier Jahren von 2002 bis 2009, bei Clarsen et al. (2010) von einem Jahr von 2007 bis 2009 und bei Barrios et al. (1997) von fünf Jahren von 1983 bis 1995 befragt. Bei allen Studien wurden die Verletzungsprävalenzen und -muster untersucht, außer bei Clarsen et al. (2010) wurde der Fokus nur auf atraumatische Verletzungen gelegt. In der vierten Studie von Barrios et al. (2015) wurden die Ergebnisse von Trainingsdaten und Verletzungen von Barrios et al. (1997) mit Ergebnissen einer späteren Umfrage verglichen. Die Radfahrer der Gruppe 1 wurden im Zeitraum 1983 bis 1995 im Durchschnitt über die vergangenen fünf Jahre und die der Gruppe 2 im Zeitraum 2000 bis 2009 im Durchschnitt über die vergangenen vier Jahre befragt. Der Darstellungszeitraum (Expositionszeit) der beiden Gruppen betrug somit vier bzw. fünf Jahre. Die Ergebnisse der Gruppe 2 (2000 bis 2009) in der Studie von Barrios et al. (2015) sind dieselben Daten wie in der Studie von De Bernardo et al. (2012), nur mit einem vergrößerten Stichprobenumfang und Untersuchungszeitraum.

In der Studie von De Bernardo et al. (2012) wiesen 43 der 51 Radfahrer 103 radbedingte Verletzungen in den vergangenen vier Jahren auf. Davon waren traumatische und atraumatische Verletzungen gleichmäßig verteilt mit 48,5 % und 51,5 %. 22 Radfahrer (43,1 %) hatten traumatische und atraumatische Verletzungen, 13 (25,5 %) nur traumatische und 10 (19,6 %) nur Überlastungsverletzungen. Die kumulative Prävalenz (Verletzung/Radfahrer) lag bei 2,4, und 23 Fahrer (67,4 %) litten unter mehr als einer Verletzung während der vier Jahre.

Bei Clarsen et al. (2010) litten insgesamt 58,3 % der 109 Radfahrer unter Überlastungsverletzungen im letzten Jahr. Die beiden Gruppen UCI Pro-Tour Mannschaften (55 %) und UCI Pro-Continental Mannschaften (45 %) unterschieden sich nicht in Bezug auf Verletzungen.

In der Studie von De Bernardo et al. (2012) betrafen traumatische Verletzungen hauptsächlich den Schultergürtel mit 34 %, gefolgt von den unteren und oberen Extremitäten mit 26 % und 16 %. Insgesamt wurden nur drei Kopfverletzungen (6 %) verzeichnet. 56 % der traumatischen Verletzungen waren Frakturen, davon betrafen 39,3 % das Schlüsselbein, 28,6 % die oberen Extremitäten wie Ellbogen, Handgelenk und Hand

sowie 14,3 % die Rippen. Schnitt- und Schürfwunden machten 20 % der traumatischen Verletzungen aus. Insgesamt betrafen 67,9 % der Frakturen den Oberkörper. Dies ist auf den Mechanismus des Sturzes bzw. des Fallens der Profis zurückzuführen. Die oberen Extremitäten werden für die Körperrolle über die Schulter verwendet, um den Kopf und das Gesicht vor dem Aufschlag am Asphalt zu schützen. Aufgrund dieses Sturz- und auch Schutzmechanismus stellt die Schulter jenen Körperbereich dar, der als erstes Bodenkontakt hat. Professionelle Radfahrer weisen eine höhere Prävalenz für Schlüsselbeinbrüche auf als Radfahrer, die nicht an Wettkämpfen teilnehmen. Aufgrund des Wettkampfgeschehens tritt eine verkürzte Reaktionszeit im Falle eines Sturzes oder Unfalls auf. Auffallend ist, dass 64 % der Frakturen während eines Wettkampfes geschehen. Gruppenstürze sind aufgrund der dort herrschenden Nähe zu den anderen Fahrern schwierig zu vermeiden.

Überlastungsverletzungen waren am häufigsten bei den unteren Extremitäten wie Knie, Knöchel und Fuß mit 67,9 % und 24,6 % im Wirbelsäulenbereich zu verzeichnen. 47,2 % der unteren Extremitätenverletzungen betrafen ausschließlich das Knie. In Summe wurden nur zwölf Tendinopathien vermerkt, und die häufigsten überlastungsbedingten Verletzungen waren muskulärer Natur wie Kontrakturen und chronische Muskelverkürzungen mit 26,4 %. Kontrakturen sind Zerstörungen der Muskelfasern aufgrund konzentrischer und insbesondere exzentrischer Muskelarbeit. Chronische Muskelverkürzungen wie vor allem der Hüftbeuger und der Muskulatur der Oberschenkelrückseite sind bei RadfahrerInnen aufgrund der Sitzposition sport(art)spezifisch und mögen Auswirkungen auf muskuläre Dysbalancen im Wirbelsäulen-/Hüftbereich haben. (De Bernardo et al., 2012).

Bei Clarsen et al. (2010) stellten der Lendenbereich (45,7 %), Knie (23,4 %) und der Halswirbel-/Nackenbereich (10,6 %) die hauptsächlich von Überlastungsverletzungen betroffenen Körperregionen dar. Bei Verletzungen, die mindestens für einen Tag eine Trainings- oder Wettkampfpause auslösten, waren Knie, Lendenbereich und Achillessehne mit jeweils 56,5 %, 17,4 % und 13 % involviert. Somit stellten Lendenschmerzen die häufigsten Beschwerden und Fälle mit medizinischer Betreuung, jedoch mit geringerer Verletzungsschwere dar. Knieschmerzen waren hingegen die häufigsten Beschwerden bei Verletzungen mit höherer Verletzungsschwere. Für Kontrakturen und chronische Muskelverkürzungen wurde nur ein Wert von 6,4 % der Verletzungen angeführt.

De Bernardo et al. (2012) vermerkten auch, dass Beschwerden, insbesondere überlastungsbedingte von Nacken, Hüfte, Schulter, Ellbogen sowie von Fußgelenk und Fuß bei Radprofis aufgrund deren hoher Toleranzgrenze oft vernachlässigt und nicht notiert werden. Diese Probleme wie auch Gesäßbeschwerden werden oft als zu mild oder „normal“ angesehen und gehören für die Profis einfach zum Radalltag dazu. Daher wurden diese Bereiche in dieser Studie nicht als Überlastungsverletzungen erfasst.

In Tabelle 26 werden die Körperbereiche getrennt nach traumatischen und atraumatischen Verletzungen aufgelistet.

Tabelle 26: Verteilung der Verletzungen nach betroffenen Körperbereichen bei Radprofis (De Bernardo et al. 2012, S. 1049)

Körperbereich	Verletzungen		
	traumatisch N (%)	atraumatisch N (%)	gesamt N (%)
Kopf	3 (3,1%)	-	3 (2,9%)
Halswirbel	-	3 (5,7%)	3 (2,9%)
Brustwirbel	4 (8,0%)	2 (3,8%)	6 (8,8%)
Lendenwirbel	2 (4,0%)	8 (15,1%)	10 (9,%)
Schultergürtel	17 (34,0%)	1 (1,9%)	18 (17,5%)
Hüfte	3 (6,0%)	2 (3,8%)	5 (4,9%)
Obere Extremitäten	8 (16,0%)	1 (1,9%)	9 (8,7%)
Untere Extremitäten	13 (26,0%)	36 (67,9%)	49 (47,6%)
Gesamt	50 (100%)	53 (100%)	103 (100%)

In Tabelle 27 ist ersichtlich, dass Überlastungsverletzungen sich mehr im Training (90,6 %), traumatische sich hingegen mehr im Wettkampf (64 %) ereignen. Die Prävalenzen von traumatischen und atraumatischen Verletzungen im Training und Wettkampf unterscheiden sich signifikant (De Bernardo et al., 2012).

Tabelle 27: Verteilung der Verletzungen nach Training und Wettkampf bei Radprofis (De Bernardo et al. 2012, S. 1049)

Sportaktivität	Verletzungen		
	traumatisch N (%)	atraumatisch N (%)	gesamt N (%)
Training	18 (36,0%)	48 (90,6%)	66 (64,1%)
Wettkampf	32 (64,0%)	5 (9,4%)	37 (35,9%)
Gesamt	50 (100%)	53 (100%)	103 (100%)

In Tabelle 28 werden die gesamten, traumatischen und atraumatischen Verletzungsprävalenzen bei Elite-Radfahrern dargestellt. Die Radfahrer erlitten pro Jahr 0,54 Verletzungen, in der Untersuchungsdauer von vier Jahren gut zwei Verletzungen und auf 1.000 Kilometern bezogen 0,018 Verletzungen (De Bernardo et al., 2012).

Tabelle 28: Prävalenz von traumatischen und atraumatischen Verletzungen bei professionellen Elite-Radfahrern (modifiziert nach De Bernardo et al. 2012, S. 1050)

Verletzungs- risiko	Verletzungen		
	traumatisch	atraumatisch	gesamt
Pro Jahr/Fahrer	0,245	0,259	0,504
Pro Fahrer	0,980	1,039	2,019
Pro 1000 km	0,008	0,010	0,018
Pro WKT/Jahr	0,0034	0,0036	0,007

Mittlere Exposition = 4 Jahre; WKT = Wettkampftag

In Tabelle 29 wird gezeigt, dass das akute und rezidivierende Auftreten von Verletzungen bei traumatischen und atraumatischen Verletzungen gegenläufig ist. Dieselbe Art der

Verletzung erneut an derselben Körperstelle (rezidivierend) kommt bei den Überlastungsverletzungen häufiger vor als bei den traumatischen (De Bernardo et al., 2012).

In Tabelle 29 ist weiters ersichtlich, dass 94,2 % der Überlastungsverletzungen eine geringe Verletzungsschwere aufwiesen und knapp die Hälfte der Verletzungen eine Radpause unter sieben Tagen verursachte (De Bernardo et al., 2012). Bei Carlsen et al. (2010) führten 39 % der Überlastungsverletzungen zu keiner Beeinträchtigung der Trainings- und Wettkampfteilnahme, 36 % zu einer Reduktion des Trainingsvolumens oder der Rennleistung und 24 % verursachten ein Fernbleiben vom Training oder Wettkampf zumindest für einen Tag.

In der Studie von De Bernardo et al. (2012) waren in diesem Zusammenhang statistische Unterschiede sowohl bei der Verletzungsverteilung als auch bei der zeitlichen Unterbrechung von traumatischen und atraumatischen Verletzungen vorhanden (De Bernardo et al., 2012).

Tabelle 29: Verteilung der Verletzungen nach klinischem Auftreten, Schweregrad und Pausierung (De Bernardo et al. 2012, S. 1050)

	Verletzungen		
	traumatisch N (%)	atraumatisch N (%)	gesamt N (%)
Klinisches Auftreten			
akut (erstmalig)	46 (92%)	6 (11,3%)	52 (50,5%)
rezidivierend	4 (8,0%)	47 (88,7%)	51 (49,5%)
AIS*			
1	17 (34,0%)	49 (94,2%)	66 (64,7%)
2	29 (58,0%)	1 (1,9%)	30 (29,4%)
3	4 (8,0%)	2 (3,8%)	6 (5,9%)
Radpause			
1-7 Tage	12 (24,0%)	25 (47,2%)	37 (35,9%)
7-28 Tage	26 (52,0%)	24 (45,3%)	50 (48,5%)
>28 Tage	12 (24,0%)	4 (7,5%)	16 (15,5%)

* Abbreviated Injury Scale von 1980, Verletzungsschwere: 1 = gering; 2 = ernsthaft; 3 = schwer; 4 = sehr schwer; 5 = kritisch; 6 = maximal (nicht behandelbar)

Unterschiede zwischen Freizeit- und ProfiradfahrerInnen sind auch in der verletzungsbedingten Unterbrechung der Sportaktivität zu erkennen. FreizeitradfahrerInnen pausierten im Durchschnitt 43 Tage bei Überlastungsverletzungen mit höherem Schweregrad. 11 % der Verletzungen waren schwerwiegend und 14 Fälle führten zu einer gezwungenen Aufgabe dieser Sportart (Wilber et al., 1995). Elite-Radfahrer wiesen wie in Tabelle 29 angeführt eine weit kürzere Zwangspause auf und 92,5 % der Überlastungsverletzungen wurden innerhalb von vier Wochen kontrollierbar (De Bernardo et al., 2012). Clarsen et al. (2010) kamen auf ähnliche Werte bei überlastungsbedingten Verletzungen, die zu einer Trainings- und Wettkampfunterbrechung führten. 17 % veranlassten eine Pausierung von 1 bis 3 Tagen, 17 % von 4 bis 7 Tagen, 43 % von 8 bis 28 Tagen und 17 % über 28 Tagen. Ein Verletzungsfall im Lendenbereich zwang einen

Profi-Radfahrer zum Karriereende. Die durchschnittliche Unterbrechungszeit lag bei 13,5 Tage, ohne Einbezug des Falles mit Karriereende.

Die Dauer der durch Verletzungen verursachten Trainingspausen bei professionellen Radfahrern reduzierte sich in den letzten Jahren einerseits aufgrund deren höherer Motivation durch viele Wettkämpfe und deren besserer physischer Voraussetzung. Andererseits trugen auch die verbesserte medizinische und gesundheitliche Betreuung und die verstärkte Arbeit im präventiven und regenerativen Bereich dazu bei (Callaghan & Jarvis, 1996; De Bernardo et al., 2012).

Nachstehend wird auf die Studie von Barrios et al. (2015) näher eingegangen. Bevor die Unterschiede der Verletzungsprävalenzen und -muster beider Gruppen mit 65 bzw. 66 Radfahrern angeführt werden, werden die Ergebnisse der beiden Gruppen kurz zusammengefasst. Die Gruppe 2 wies einen doppelt so hohen Anteil an traumatischen Verletzungen auf als die Gruppe 1. Diese Verletzungen waren jedoch von der Verletzungsschwere her geringer als in Gruppe 1. Überlastungsverletzungen traten in beiden Gruppen ähnlich häufig auf, wobei sie jedoch ein komplett unterschiedliches klinisches Profil zeigten. Deutlich mehr muskuläre aber weniger sehnensbezogene Verletzungen waren in Gruppe 2 gegenüber Gruppe 1 zu verzeichnen. Neue Trainingsprotokolle und Trainingsmöglichkeiten, bessere Trainingsumstände sowie die Einführung verletzungspräventiver Programme mögen zur Veränderung des klinischen Profils von Verletzungen beigetragen haben.

In Tabelle 30 werden die Anteile der traumatischen und atraumatischen Verletzungen angeführt. Traumatische Verletzungen stiegen in Gruppe 2 im Vergleich zu Gruppe 1 signifikant von 39,5 % auf 53,9 % an und betrafen 41,5 % und 69,7 % der Fahrer. Die Anzahl der verletzungsfreien Athleten war in beiden Gruppen ähnlich. Weniger Athleten litten unter überlastungsbedingten Verletzungen in Gruppe 1 mit 44,6 % als in Gruppe 2 mit 27,7 %, auch unter Berücksichtigung des Darstellungszeitraums (Barrios et al., 2015).

Tabelle 30: Verteilung der Verletzungen nach traumatisch und atraumatisch (Barrios et al. 2015, S. 243)

	(1983-1995) N (%)	(2000-2009) N (%)	Signifikanz (p)
Verletzungen	86 (100)	141 (100)	<0,05
traumatisch	34 (39,5%)	76 (53,9%)	
atraumatisch	52 (60,5%)	65 (46,1%)	
Athleten	65 (100)	66 (100)	
keine Verletzungen	9 (13,8%)	8 (12,1%)	ns
nur traumatische Verletzungen	19 (29,2%)	19 (28,8%)	ns
nur atraumatische Verletzungen	29 (44,6%)	12 (18,2%)	<0,01
a- und traumatische Verletzungen	8 (12,3%)	27 (40,9%)	<0,01
Inzidenz Verletzung/Radfahrer	1,32	2,13	

ns = nicht signifikant

Die Verteilung der traumatischen Verletzungen nach Körperregionen ist in Abbildung 20 ersichtlich. Mehr als die Hälfte der traumatischen Verletzungen beider Gruppen betrafen die oberen Extremitäten und den Schultergürtel. Ein gering höherer Anteil war in Gruppe 2 zu erkennen (52,8 % vs. 61,7 %). Dieser höhere Wert war auf die knapp doppelte Anzahl an Frakturen der oberen Extremitäten in Gruppe 2 gegenüber Gruppe 1 zurückzuführen, obwohl die Anzahl der Schulterfrakturen um etwa ein Drittel in Gruppe 2 zurückgingen. Generell waren Frakturen in Gruppe 1 häufiger als in Gruppe 2 (64,7 % aller traumatischen Verletzungen vs. 57,9 %), jedoch nicht signifikant (Barrios et al., 2015).

Das Auftreten von Kopfverletzungen war in Gruppe 2 gering höher als in Gruppe 1 (6 Fälle; 7,9 % vs. 2 Fälle; 5,9 %), jedoch mit geringerer Verletzungsschwere. Alle Fahrer mit erlittenen Kopfverletzungen der Gruppe 2 trugen einen Helm im Gegensatz zu jenen der Gruppe 1, bei denen zu dieser Zeit noch keine Helmpflicht bestand. Keiner der sechs Fälle mit Kopfverletzungen in Gruppe 2 war lebensbedrohlich, im Gegensatz zu einem Todesfall bei den Kopfverletzungen in Gruppe 1 (Barrios et al., 2015). Andere Studien bestätigten, dass das Tragen von einem Radhelm das Risiko von Kopfverletzungen bei RadfahrerInnen und ProfiradfahrerInnen stark reduziert (Thompson & Patterson, 1998) und 60 % der Kopfverletzungen verhindert (Cook & Sheikh, 2003).

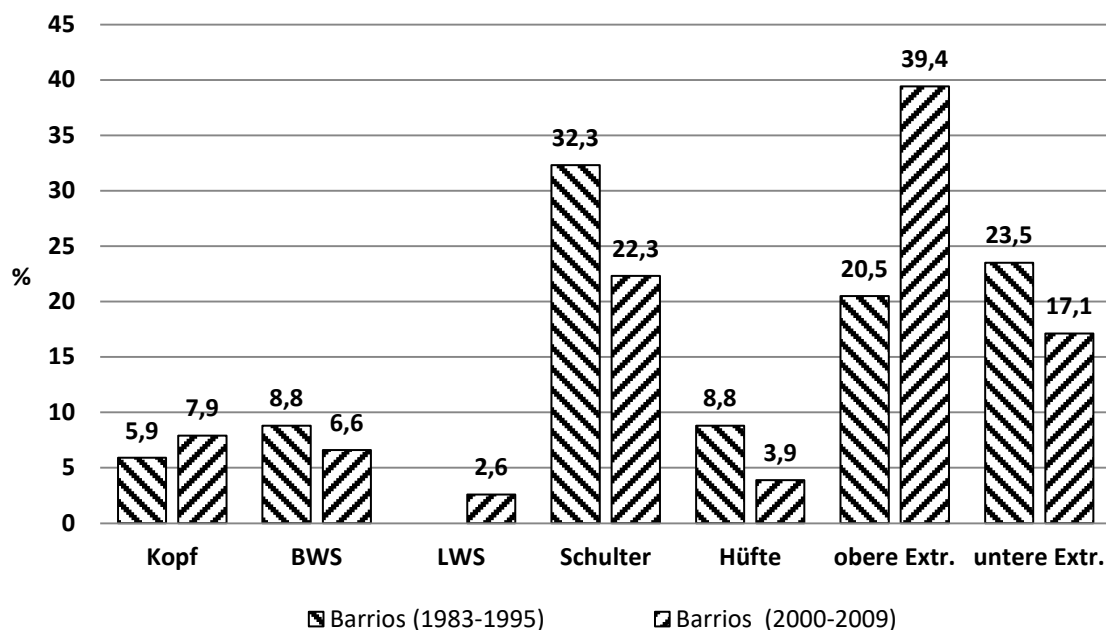


Abbildung 20: Verteilung von traumatischen Verletzungen nach Körperregionen bei Profiradfahrern (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 243)

Die Verteilung der atraumatischen Verletzungen nach Körperregionen wird in Abbildung 21 dargestellt. Überlastungsverletzungen betrafen hauptsächlich die unteren Extremitäten, etwas häufiger in Gruppe 1 als in Gruppe 2 mit 82,7 % vs 67,7 %. In Gruppe 1 wurden nur 7 Fälle (13,4 %) von überlastungsbedingten Verletzungen im Becken-Lendenbereich und keine, welche die Hals- und Brustwirbelsäule betrafen, vermerkt. In Gruppe 2 hingegen waren 16 Fälle (24,2 %) auf muskulär überlastungsbedingte Beschwerden der Wirbelsäule bezogen, sieben (10,6 %) davon im Hals- und Brustbereich (Barrios et al., 2015).

Auffällig war, dass die Verletzungen im Kniebereich in Relation zu den gesamten Überlastungsverletzungen in Gruppe 1 zur Gruppe 2 von 63,4 % auf 36,9 % sanken. (Barrios et al., 2015).

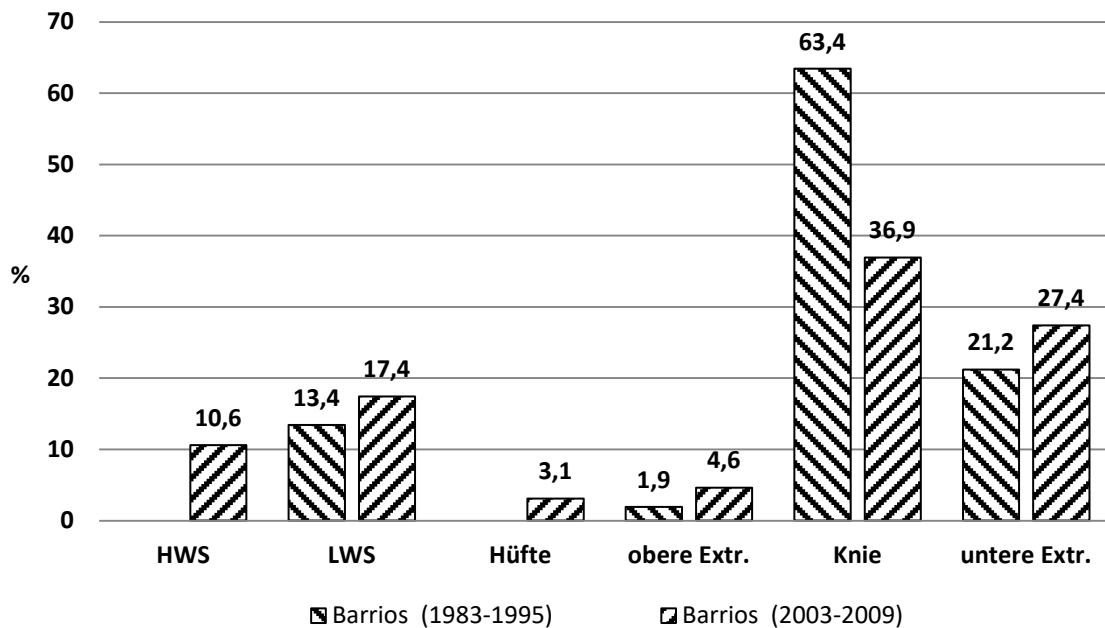


Abbildung 21: Verteilung von atraumatischen Verletzungen nach Körperregionen bei Profiradfahrern (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 244)

Außerdem war die klinische Natur der Verletzungen im Kniebereich in den beiden Gruppen unterschiedlich. Der Rückgang der patellofemorale Beschwerden von 28,8 % in Gruppe 1 auf 6,1 % in Gruppe 2 war unter Einbezug der Expositionszeit statistisch signifikant ($p < 0,005$). Im Gegensatz dazu kam das Iliotibiale Band-Syndrom häufiger in Gruppe 2 als in Gruppe 1 vor. In Gruppe 1 stellte die Tendinopathie die häufigste klinische Diagnose der überlastungsbedingten Beschwerden dar, allein mit 28,8 % im Knie- und 15,4 % im Achillessehnenbereich. Die Werte für Gruppe 2 waren geringer.

Muskuläre Verletzungen machten hingegen den Großteil der Überlastungsverletzungen in Gruppe 2 mit 44,9 % aus. Auch bei zeitlicher Angleichung der beiden Gruppen (Expositionszeit) war dieser Wert signifikant höher als in Gruppe 1 (30 Fälle mit 7,5 Verletzungen/Jahr vs. 7 Fälle mit 1,4 Verletzungen/Jahr; $p < 0,0001$). Die meisten dieser muskulären Beschwerden betrafen den proximalen Bereich der unteren Extremitäten wie Hamstrings, Quadrizeps, Glutealmuskel und den Hals- und Lendenwirbelbereich, wobei 89,6 % all dieser Verletzungen im Training auftraten. In Gruppe 1 wurden muskuläre Verletzungen jedoch selten vermerkt und wenn, dann nur in Zusammenhang mit Lendenschmerzen (Barrios et al., 2015).

Muskuläre Kontrakturen und Verkürzungen der unteren Extremitäten wurden in Gruppe 1 im Gegensatz zu Gruppe 2 (18,5 %) nicht vermerkt. Vor allem waren die Muskeln der Oberschenkelvorderseite und -rückseite betroffen (Barrios et al., 2015). Diese Diskrepanz könnte auf die hohen physiologischen Anforderungen dieser Muskeln im Bezug auf

Änderungen der Tritttechnik und der Trainingsprotokolle zurückzuführen sein (Paton & Hopkins, 2005; Ronnestad et al., 2015; Watsford et al., 2010).

In Tabelle 31 wird die klinische Diagnose von traumatischen und atraumatischen Verletzungen der beiden Gruppen von Radprofis aufgelistet.

Tabelle 31: Klinische Diagnosen von traumatischen und atraumatischen Verletzungen bei Radprofis (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 244, 245)

Traumatisch	N (%) Gruppe 1	N (%) Gruppe 2	Atraumatisch	N (%) Gruppe 1	N (%) Gruppe 2
Frakturen	22 (64,7)	44 (57,9)	Knie	33 (63,4)	24 (36,9)
Schlüsselbein	9 (26,5)	13 (17,1)	ITBS	2 (3,8)	9 (12,8)
Handgelenk	4 (11,8)	9 (11,8)	Patellasehne	10 (19,2)	8 (12,3)
Rippen	1 (2,9)	5 (6,6)	Patellofemoralgelenk	15 (28,8)	4 (6,1)
Kraniofazial	2 (5,9)	4 (5,3)	Bizepssehne (Femor)	1 (1,9)	3 (4,6)
Ellbogenhöcker		4 (5,3)	Quadrizepssehne	4 (7,7)	
Hüfte	3 (8,8)	3 (3,9)	Vorderer Schleimbeutel	1 (1,9)	
Wirbelsäule	1 (2,9)	2 (2,6)	Muskelerkrankung		14 (21,5)
Finger		2 (2,6)	Hamstrings-Kontraktur		6 (9,1)
Patella		1 (1,3)	Quadrizeps-Kontraktur		4 (6,1)
Trochanter		1 (1,3)	Trizeps-Kontraktur		2 (3,0)
Rabenschnabelfortsatz	2 (5,9)		Gluteal- Kontraktur		1 (1,5)
Rupturen	2 (5,9)	10 (13,2)	Wirbelsäule	7 (13,4)	19 (29,2)
Muskel	1 (2,9)	4 (5,3)	Lendenschmerz	7 (13,4)	9 (12,8)
Meniskus	1 (2,9)	3 (3,9)	Hintere Halsmuskeln		7 (10,6)
Sehne		1 (1,3)	Bandscheiben (LWS)		3 (4,6)
Hinteres Kreuzband		1 (1,3)	Andere	12 (23,1)	8 (12,3)
Inneres Seitenband		1 (1,3)	Achillodynie	8 (15,4)	5 (7,6)
Platzwunde/Prellung	8 (23,5)	13 (17,1)	Mittelfuß-Ganglion		1 (1,5)
Verstauchungen	2 (5,9)	2 (2,6)	D'Quervain Tendinitis		1 (1,5)
Fußgelenk		2 (2,6)	Plantar fasciitis	1 (1,9)	
Handgelenk	1 (2,9)		Schambein Osteopathie	1 (1,9)	
Fingergrundgelenk	1 (2,9)		Arterielle Endofibrose	1 (1,9)	
Dislokation			Hautinfektion	1 (1,9)	
Schultergelenk		3 (3,9)	Handgelenk Synovitis	1 (1,9)	
Andere		4 (5,3)			
Gehirnerschütterung		2 (2,6)			
Fingeramputation		1 (1,3)			
Steißbeinschmerzen		1 (1,3)			
Gesamt	34 (100)	76 (100)	Gesamt	52 (100)	65 (100)

Der Anstieg der traumatischen Verletzungen in Gruppe 2 ging jedoch nicht mit einem Anstieg der Verletzungsschwere einher. Verletzungen der AIS-Klasse drei und mehr reduzierten sich signifikant von 49,9 % in Gruppe 1 auf 10,5 % in Gruppe 2 ($p < 0,001$). Jedoch im Bezug auf das Fernbleiben von Rennen blieb das Auftreten der schwerwiegenden traumatischen Verletzungen konstant (29,4 % in Gruppe 1 vs. 32,9 % in Gruppe 2) (Barrios et al., 2015).

Laut AIS-Klassifikation wiesen die Überlastungsverletzungen in Gruppe 2 eine geringere Verletzungsschwere auf. 92,3 % waren in Klasse 1 vertreten im Vergleich zu 65,4 % in dieser Klasse in Gruppe 1 ($p < 0,001$). Die Anzahl der Verletzungen, die weniger als sieben Tage Wettkampfpause verursachten, betrug mehr als das Doppelte in Gruppe 2 ($p < 0,01$) (Barrios et al., 2015).

In Tabelle 32 werden die traumatischen und atraumatischen Verletzungen nach Schweregrad und Pausierung dargestellt.

Tabelle 32: Verteilung der Verletzungen nach Schweregrad und Pausierung (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 245)

Verletzungen								
	Traumatisch				Atraumatisch			
	1983-1995		2003-2009		1983-1995		2003-2009	
	N	%	N	%	N	%	N	%
AIS*								
1	2	5,9	23	30,2	34	65,4	60	92,3
2	15	44,1	45	59,3	16	30,7	2	3,1
3	13	38,2	8	10,5	2	3,8	3	4,6
4	3	8,8	-	-	-	-	-	-
5	1	2,9	-	-	-	-	-	-
Summe	34	100	76	100	52	100	65	100
Radpause								
1-7 Tage	2	5,9	14	18,4	13	25,0	35	53,8
7-28 Tage	22	64,7	37	48,7	36	69,2	26	40,0
>28 Tage	10	29,4	25	32,9	3	5,8	4	6,2

* Abbreviated Injury Scale von 1980, Verletzungsschwere: 1 = gering; 2 = ernsthaft; 3 = schwer; 4 = sehr schwer; 5 = kritisch; 6 = maximal (nicht behandelbar)

Die gesamten sowie die rein traumatischen und atraumatischen Verletzungsprävalenzen sind in Tabelle 33 angeführt. In Gruppe 1 waren alle Angaben zu den atraumatischen Verletzungen höher als jene zu den traumatischen ($p < 0,01$). Der umgekehrte Fall war in Gruppe 2 anzutreffen ($p < 0,01$). Ein doppelt so hohes Auftreten aller Verletzungen war in Gruppe 2 im Vergleich zu Gruppe 1 zu verzeichnen. Dies war hauptsächlich auf das höhere Risiko für traumatische Verletzungen in Gruppe 2 zurückzuführen.

Tabelle 33: Prävalenzen von traumatischen und atraumatischen Verletzungen bei professionellen Elite-Radfahrern (modifiziert nach Barrios et al. 2015, S. 245)

Verletzungs- risiko	Verletzungen					
	traumatisch		atraumatisch		gesamt	
	1983-1995	2000-2009	1983-1995	2000-2009	1983-1995	2000-2009
Pro Jahr/Fahrer	0,104	0,287	0,160	0,246	0,264	0,533
Pro Fahrer	0,523	1,151	0,800	0,984	1,323	2,135
Pro 1000 km	0,003	0,009	0,005	0,008	0,008	0,017
Pro WKT/Jahr	0,001	0,004	0,002	0,003	0,003	0,007

Mean exposure time: (1983-1995) = 5 years, (2000-2009) = 4 years; WKT = Wettkampftag

Schmerzen der Achillessehnen hängen häufig mit einer abnormalen Radfahrtechnik zusammen, in der die Fersen in der unteren Phase des Tretzyklus tiefer als eine gedachte waagrechte Pedallinie sind (Wanich et al., 2007).

Eine Entzündung der Achillessehne entsteht aufgrund der repetitiven Plantarflexion gegen den Widerstand während der Druckphase der Trittbewegung. Vorwiegend kommt diese Entzündung bei älteren AthletInnen vor (Cohen, 1993).

Bei Profi-Radfahrern machten Achillessehnenschmerzen 6,4% der gesamten Verletzungen aus (Clarsen et al., 2010). Barrios et al. (1997) und De Bernardo et al. (2012) führten ähnliche Werte für Achillodynie mit 15,6 % und 9,6 % der Verletzungen an. Clarsen et al. (2010) vermerkten, dass 13 % der gesamten Verletzungen, die mindestens für einen Tag eine Trainings- oder Wettkampfpause bei den Radprofis auslösten, ebenfalls auf Achillodynie zurückzuführen waren. Des Weiteren führten 50 % der Achillessehnenverletzungen zu einer Unterbrechung der Radaktivität von zumindest einem Tag, davon verursachte kein einziger Fall eine Zwangspause von mehr als 28 Tagen.

In einigen Studien wird daraufhin hingewiesen, dass ambitionierte Radfahrer, die an Wettkämpfen teilnehmen, prädisponiert für Symptome in den Beinen wie Schmerz, Taubheit und Kraftverlust aufgrund der radbedingten Strömungsverringerung der äußeren Hüftarterie sind. Dies wird oft in Verbindung mit einer arteriellen Endofibrose und einem radbedingten Beckensyndrom gebracht (Abraham et al., 2004; Bender et al., 2004; Wijesinghe et al., 2001). Bender et al. (2004) untersuchten die radbedingte Strömungsverringerung der äußeren Hüftarterie bei Profiradfahrern und vermerkten, dass 20 % der Athleten dieses Problem hatten. Jedoch wurde diese Studie von Chirurgen geführt, die solche Beschwerden behandeln. Der Verdacht auf „sampling bias“ liegt daher nahe. In der Studie von Carlsen et al. (2010) war dieser Wert mit zwei betroffenen Profiradfahrern (1,8 %) deutlich niedriger.

Biomechanik (bike fitting) und Material

Die im Rad- und Triathlonsport verwendeten Räder haben sich im Laufe der Zeit verändert. Die verschiedenen Modelle mit leichten und aerodynamischen Rahmen sind meist mit aerodynamischen Laufrädern mit speziellen Felgen und Speichen und einem Aufleger, Aerobar, ausgestattet (Jeukendrup & Martin, 2001).

Die richtige Radeinstellung bzw. Position am Rad (bike fitting) ist wichtig für die Effizienz (Leistung) und ist bei Falscheinstellung oft die Ursache für radbedingte Überlastungsverletzungen. Die Sitzhöhe und Position des Fahrers/der FahrerIn, Sattel- und Pedalposition und die Armvorlage/Höhe des Auflegers (Aerobar) stellen die Hauptkomponenten des bike fitting dar (Burke, 1994; Holmes et al., 1994).

In Bezug auf die korrekte Sitzhöhe verursacht ein zu niedrig eingestellter Sattel einen reduzierten Bewegungsumfang im Hüftgelenk mit verringerter Kraft der Glutealmuskeln in der Druckphase der Pedalaktivität. Des Weiteren werden aufgrund einer größeren Beugung im Knie und folglich höherer Kompressionskräfte ein Patellofemorales Stresssyndrom, Patella Tendinitis und ein Iliotibiales Band-Syndrom (ITBS) begünstigt (Jorge & Hull, 1986).

Ein zu hoch eingestellter Sattel führt zu Verlust der erzeugten Kraft, da die involvierten Muskeln nicht in ihren optimalen Bereichen in Bezug auf deren Länge und Spannung eingesetzt werden können. Aufgrund des Neigens des Oberkörpers zu den Seiten gehen die Stabilität im Rumpf und letztlich die Stabilität der Bewegung verloren (Brown et al., 1996). Außerdem verursacht das Kippen des Beckens Dehnverletzungen in der Lenden- und Kreuzbeinregion. Gestreckte Beine aufgrund der zu hohen Sitzposition führen auch zu einem vorderen Impingement im Knie, besonders wenn über längere Perioden diese Position eingenommen wird (Burke, 1994). Des Weiteren gehören eine angespannte rückseitige Oberschenkelmuskulatur und posteriore Knieschmerzen zu den Folgen (Baker, 2000 zit. n. Strock et al. 2006).

Die Verkürzung der Kurbellänge, auch meist in Verbindung mit der Erhöhung des Sattels, verringert die Schärfe des Beugewinkels im Knie im oberen Umkehr-/Totpunkt des Tretzyklus (auf 12 Uhr). Dabei werden die patellofemorale Kompressionskräfte und die relative Rekrutierung des M. vastus lateralis, der bei einer größeren Beugung im Knie zu einem stärkeren Ausmaß rekrutiert wird, reduziert (Deakon, 2012; Ruby et al., 1992).

Auf die Aero-Position wird im nachstehenden Kapitel bei den TriathletInnen eingegangen.

Über Häufigkeiten radbedingter Verletzungen **im Triathlon** wurde in den Kapiteln 4.1.4, 4.1.5 (Tabelle 9) und 4.1.8 berichtet. In den Studien wurden meist Werte für eine radbedingte Verletzungsprävalenz zwischen 13 - 25 % der gesamten Verletzungen angeführt (Clements et al., 1999; Collins et al., 1989; Galera et al., 2012; Gosling et al., 2010; Korkia et al., 1994; Vleck & Garbutt, 1998). Die niedrigsten Werte wurden in der retro- und prospektiven Studie von Burns et al. (2003) mit 5,3 % und 8,3 % ausgewiesen. Der höchste Wert wurde in der Langdistanzstudie von Egermann et al. (2003) mit 54,8 % vermerkt. Dies wurde mit der hohen wöchentlichen Stundenanzahl an Radtraining, welches im Durchschnitt knappe 50 % der Gesamttrainingszeit ausmachte, begründet. Außerdem lag die Verteilung der radbedingten Verletzungen der oberen und unteren Extremitäten bei LangdistanztriathletInnen bei 34,2 % und 44,9 %.

Die am meisten betroffenen anatomischen Bereiche beim Radfahren sind das Knie, Lendenbereich, Nacken, Achillessehne, Handgelenk und der Unterarm (McHardy et al., 2006).

Im Unterschied zu den beiden anderen Disziplinen im Triathlon, stellen beim Radfahren Verengungen der Strecke bzw. Verdichtung der TeilnehmerInnen („competitor funneling“) und Kurvensituationen (Eckstrukturen) mit einem Sportgerät besondere Risikosituationen für die AthletInnen dar (Gosling et al., 2013). Des Weiteren sind noch das Auf- und Absteigen bei Beginn und am Ende des Radsplits, das Fahrverhalten in der Gruppe und das richtige Kurvenfahren, besonders bei unerfahrenen und jungen AthletInnen, zu erwähnen. (Gosling et al., 2010).

Aero-Position

Eine aerodynamische Position ist im Triathlon wie bei den SpezialistInnen ein entscheidender Faktor. Die technischen Regeln erlauben im Triathlon bei Windschattenverbot den Gebrauch von spezifischen Lenkern wie Aerobars (Auflegern), welche den TriathletInnen zu einer hohen aerodynamischen Position verhelfen. Der Windwiderstand bzw. Frontalwiderstand stellt den höchsten limitierenden Faktor für hohe Geschwindigkeit des Radfahrers/der Radfahlerin dar. Die Ausübung/Beibehaltung einer aerodynamischen Position ist der wichtigste Faktor für den Athleten/die Athletin, bei einem gewissen Fitnesslevel eine noch schnellere Radzeit erreichen zu können (Gnehm et al., 1997; Jeukendrup & Martin, 2001; Kyle, 1994).

Um den Gebrauch von Aerobars zu optimieren, wurde die Geometrie der Triathlonrennräder durch einen vertikaleren Sitzrohrwinkel erweitert. Diese Sitzposition dreht den Fahrer/die Fahrerin mehr nach vorne, sodass sein/ihr Rücken von einer aufrechteren – wie bei den Straßen(renn)rädern – in eine horizontalere Position gebracht wird.

Dieser Vorteil eines verbesserten aerodynamischen RadfahrerIn-Fahrradkonstruktes ist aber nur dann gegeben, wenn der Triathlet/die Triathletin es verkraftet, in dieser aerodynamischen Position, mit den Unterarmen in den Unterarmstützen aufgelegt, zu verweilen. Es gibt einige unterschiedliche Annäherungen (Ansichten), um ein ideales „bike fitting“ zu erzielen. Es ist nicht entscheidend, welche Methode dabei ausgewählt wird. Das gewünschte Ziel ist dann erreicht, wenn eine aerodynamische Position, die es ermöglicht, entspannt für eine gewisse Dauer auf dem Rad zu sitzen und den Atemvorgang dabei nicht ungünstig zu beeinträchtigen, gefunden wird.

Auf das „bike fitting“ wird an dieser Stelle nicht genauer eingegangen, da die vielen unterschiedlichen Winkel und Distanzen zu all den involvierten Bestandteilen, angepasst an die individuellen anthropometrischen Gegebenheiten und Bedürfnisse der AthletInnen, eine eigene Wissenschaft darstellen (Deakon, 2012).

Die Trittfrequenz, die Distanz vom Sattel zu den Auflegern (Oberkörperlänge) und die Länge der Kurbel stellen entscheidende Einflussfaktoren für Verletzungen, wie unter

anderem am Knie dar. Fakt ist, eine entscheidende Veränderung der Kurbellänge verlangt eine komplette Neueinstellung der gesamten Abmessungen/Abstimmungen. Der größere Hüftwinkel, der im Triathlon aufgrund der aerodynamischen Position durch das gesamte Nachvornekippen des Triathleten/der Triathletin erreicht und gerne diskutiert wird, hat weniger Einfluss als von vielen triathlonbegeisterten Personen gedacht. Der Grundgedanke ist, durch den größeren Hüftwinkel die Muskulatur des Gesäßes und der Oberschenkelrückseite beim Radfahren für das anschließende Laufen mehr zu schonen. In der Regel verwenden die meisten der effektiven „bike fitting“- Methoden jedoch einen Hüftwinkel, der jenen der Straßenrennradgeometrie entspricht (Deakon, 2012).

Demnach beruht der größte Vorteil der triathlonspezifischen Radgeometrie, auf der Kombination eines triathlonspezifischen Radrahmens und eines Aerobars, welche das gesamte Nachvornekippen (Drehen) des Triathleten/der Triathletin mit dem Rücken in eine aerodynamischere und horizontalere Position ermöglicht. Dies verschafft eine verbesserte aerodynamischere Effizienz und einen verminderten „power output“, welche entscheidend sind, um eine gewisse Geschwindigkeit zu halten, als Ergebnis geringeren Windwiderstands. Aufgrund des geringeren „power output“ werden die Beine letztlich auch mehr für das anschließende Laufen geschont. Da der Hüftwinkel bei den TriathletInnen gegenüber den reinen RadsportlerInnen nicht entscheidend verändert wird, ist das Konzept der Verringerung der Spannung in der Muskulatur der Oberschenkelrückseite und der Steigerung der Spannung in den Hüftbeugern bei Verwendung eines offeneren Hüftwinkels nicht gültig (Deakon, 2012).

Um diese aerodynamische Position zu erreichen, werden Flexibilität und Stabilität in Hüfte, Rücken, Brustkorb und Nacken benötigt (Cipriani et al., 1998). Diese Faktoren sind besonders bei TriathletInnen, die einen Aufleger verwenden, zu berücksichtigen. Diese Position fördert eine erhöhte Beugung im Lendenbereich und verschiebt den Athleten/die Athletin mehr nach vorne. Die Bandscheiben im Lendenbereich und das Iliosakralgelenk werden dadurch mehr beansprucht (Deakon, 2012; Manninen & Kallinen, 1996). AthletInnen mit geringer Fähigkeit der Beugung in der Hüfte und im Lendenbereich scheinen ein größeres Risiko für diese Beschwerden zu tragen (McHardy et al., 2006).

Der Vorteil der Aero-Position führt zu einer Reduktion der Stabilität und Kontrolle während des Radfahrens. Diese Tatsache, kombiniert mit mehreren RadfahrerInnen in einer Gruppe bei erlaubtem Windschattenfahren oder im Training, ist besonders bei hohen Geschwindigkeiten von mehr als 30 km/h ein häufiger Risikofaktor für Unfälle und Zusammenstöße (Egermann et al., 2003).

Trauma

Traumatische Verletzungen sind beim Radfahren meist auf einen Radsturz zurückzuführen. Der Schweregrad von Radunfällen variiert von meist einfachen Schnitten und Schürfwunden über Kopfverletzungen bis hin zum Todesfall. Die häufigsten muskuloskeletalen Verletzungen nach einem Radsturz betreffen die Schulter, meist Frakturen des Schlüsselbeins und Dislokationen des Akromioklavikular- und Glenohumeralgelenks (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Egermann et al., 2003; Strock et

al., 2006). Solche Trennungen von Akromion und Klavikular ersten Grades können zu chronischen Beschwerden, wie posttraumatischer Osteolyse führen, sofern nicht ausreichend pausiert wird. Unter den LangdistanzathletInnen sind Prellungen/Abschürfungen mit 77 % und Frakturen mit 11,2 % die häufigsten Verletzungen beim Radfahren.

Die Radstürze sind meist auf höhere Geschwindigkeiten und erhöhte Risikobereitschaft im Wettkampf sowie auf aggressiveres Verhalten beim Bergab- und Kurvenfahren zurückzuführen (Tuite, 2010).

Mehr Details zu den Radstürzen sind in den Kapiteln 4.1.1 unter Vergleich von Leistungslevel bei Kurzdistanz- und LangdistanzathletInnen und 4.1.6 in der Tabelle 15 angeführt.

Überlastungsbeschwerden

Die häufigsten Überlastungsverletzungen beim Radfahren wie Lenden- und Halswirbelsäulenbeschwerden sowie Knieprobleme werden nachstehend gesondert beschrieben. Ebenfalls häufig vorkommende Überlastungsverletzungen sind Achillessehnenbeschwerden, die die häufigste Überbelastungsverletzung am Fußgelenk darstellen. Nachstehende Tabelle 34 verschafft einen Überblick über die Häufigkeit von Achillodynie im Triathlon. Die angeführten Werte beziehen sich nicht gesondert auf das Radfahren, da kaum Angaben für Achillessehnenbeschwerden beim Radfahren vorzufinden sind. Außerdem ist es aufgrund des kumulativen Effektes der drei Disziplinen schwierig, eine Achillodynie bei TriathletInnen einer Disziplin zuzuschreiben. Nur Collins et al. (1989) und Vleck et al. (2010) wiesen gesonderte Werte für Achillessehnenbeschwerden resultierend vom Radfahren aus. 9,5 % waren es anteilig an den gesamten Radfahrverletzungen (Collins et al., 1989), und 62,5 % der Achillessehnenbeschwerden waren auf das Radfahren zurückzuführen (Vleck et al., 2010).

Tabelle 34: Häufigkeiten (%) von Achillodynie bei TriathletInnen

AutorInnen	%
Massimino et al. (1988)*	4
Collins et al. (1989)	10,2
Manninen & Kallinen (1996)	2,9
Cipriani et al. (1998)	23
Vleck & Garbutt (1998)*, ^M	10,3 ^C ; 17,6 ^D ; 50 ^E
Egermann et al. (2003)*	27,4
Tennant (2007)	8
Vleck (2010b, S.74)*	<30**
Vleck et al. (2010)	14,3 ^{M,OD}

* relativer Anteil an ProbandInnen, sonst an Verletzungen; ** beinhaltet unterschiedliche Leistungsklassen, außer elite men Olympic distance (50%); C = club athletes (age-group men Olympic distance); D = development athletes (sub-elite men Olympic distance); E = elite athletes (elite men Olympic distance); M = men; OD = Olympic distance

Die Achillessehne wird beim Bergauffahren bzw. Hügelwiederholungstraining vor allem in stehender Position beansprucht und durch unpassende Pedalfixierung der Schuhe, zu große Distanz des Fußes zum Pedal, verschlimmert (McHardy et al., 2006; Tuite, 2010; Vleck et al., 2010).

Sofortiges Radfahren nach dem Schwimmen fördert eine Achillodynie, da der Fuß während des Schwimmens für längere Zeit in Plantarstellung gehalten wird und somit die Sehnen vorbelastet sind (Tuite, 2010). Das Laufen als zusätzliche Trainingsbelastung verschlimmert diese Situation, die in Kapitel 4.4 beschrieben wird.

Massimino et al. (1988) bestätigten, dass ein nicht durchgeführtes regelmäßiges Dehnen vor dem Radfahren das Auftreten dieser Problematik fördert. Vleck et. al (2010) zeigten, dass TriathletInnen der Kurzstanz vor dem Radfahren weniger regelmäßig dehnen und ebenso mehr an Achillodynie litten als ihre KollegInnen der Langstanz. Wie sinnvoll und zielführend das Dehnen, besonders vor dem Sport, ist, wird an dieser Stelle nicht diskutiert.

Vleck und Garbutt (1998) vermerkten, dass Waden- und Achillessehnenverletzungen in Wechselbeziehung stehen. Die Wechselwirkung der sehnigen und muskulären Kraftübertragung nimmt in diesem Fall aufgrund des langen Sehnenanteils der Mm. gastrocnemius und soleus eine besondere Stellung ein. Eine verkürzte oder verhärtete Wadenmuskulatur kann sich deshalb ebenfalls ungünstig auf die Achillessehne auswirken.

Beschwerden der Achillessehne zeigen sich durch Schmerzen beim Anheben der Zehen und in schweren Fällen durch Anschwellen der Sehne (Deakon, 2012).

Wechsel von Radfahren auf Laufen

Dieser Abschnitt umfasst nicht nur die Zeit in der Wechselzone, sondern auch die letzten Radkilometer und den ersten Laufkilometer. In dieser Phase des Rennens wird besonders das höhere Niveau der Elite-AthletInnen gegenüber den verbleibenden Leistungsklassen gut erkennbar. Dies zeigt sich durch geringere muskuläre Müdigkeit, geringeren Energieaufwand und durch die sofortige (Wieder-)Herstellung des korrekten Laufmechanismus (Millet et al., 2000). Je länger das Radfahren dauert, desto mehr Zeit wird für das Wiedererlangen der neuromuskulären und elastischen Effizienz, die für die richtige Lauftechnik unerlässlich ist, benötigt (Migliorini, 2000).

Der Lauf am Ende einer olympischen Distanz dauert um 8 % länger als im erholten Zustand ohne vorhergehende Belastung (Guezennec et al., 1996). Dies kann auf die Müdigkeit und auf Modifikationen in der Laufökonomie zurückgeführt werden, wie etwa eine verringerte Schrittlänge, erhöhte Rumpfflexion und einen verringerten Kniebewegungsbereich (Hauswirth et al., 1997).

In der Zeitspanne/Phase des Trainings und des Wettkampfs, die nach dem Radfahren bis zum Erreichen der richtigen und optimalen Lauftechnik andauert, können die einwirkenden Kräfte auf den Bewegungsapparat von den unteren Extremitäten nicht abgefangen werden

und begünstigen die Übertragung von Stress auf die Lenden-Kreuzbeinregion und das Knie (Migliorini, 1991; Voloshin et al., 1981).

Einerseits stellt der Wechsel von einer konzentrischen (Rad) auf eine verstärkt exzentrische Muskularbeit (Lauf) und andererseits der Übergang von einem auf den Bewegungsapparat geringer einwirkenden Rad- zu einem stark einwirkenden Laufabschnitt eine empfindliche Phase im Triathlon dar (Migliorini, 2000). Das Radfahren führt zu einer gering gelenksbelastenden Position, während das Laufen in aufrechter Position Stoßkräfte des Zwei- bis Fünffachen des eigenen Körpergewichts mit sich bringt (Hausswirth et al., 1997; Qiugley & Richards, 1996). Die TriathletInnen sind daher auf den ersten Kilometern beim Laufen nach dem Wechsel anfälliger für Schmerzen im Lenden- und Kniebereich. Das Radfahren und anschließende Laufen, auch im Training (Koppeltraining), scheinen einen kumulativen Stress auszuüben (Massimino et al., 1988) und heben vor allem das Risiko von Verletzungen im Bereich der Lendenwirbelsäule.

Zur Reduktion der muskulären Ermüdung der Beine nach dem Radfahren sollten die letzten Radkilometer mit einer höheren Trittfrequenz bei leichterer Gangwahl absolviert werden. Das anschließende Laufen sollte mit einer geringeren Grundgeschwindigkeit gestartet werden. Dadurch können mögliche Krämpfe vermieden und dem Körper Zeit gegeben werden, sich an die neuen Anforderungen zu gewöhnen (Hausswirth et al., 1997; Qiugley & Richards, 1996).

In der Studie von Millet und Vleck (2000) wurde der Wechsel vom Radfahren auf das Laufen und der Einfluss des Windschattenfahrens auf die Ermüdung bei Junioren und Elite-TriathletInnen der Olympischen Distanz untersucht. Abgesehen davon, dass die erfolgreichen AthletInnen kurze Wechselzeiten aufweisen müssen, bedarf es auch einer speziellen physiologischen und biochemischen Anpassung vom Radfahren zum Laufen.

Entscheidende Parameter sind dafür die maximale Sauerstoffaufnahme und ein niedriger Energieverbrauch beim Radfahren. Der Anstieg des Energieverbrauchs vom Radfahren zum Laufen erhöht sich generell im Vergleich zu jenem der Kontrollgruppe, die nur einen Laufabschnitt absolvierten. Dieser Anstieg variiert zwischen 1,6 - 11,6 % innerhalb der AthletInnen und reflektiert deren Leistungslevel. Das abschließende Laufen beim Triathlon stellt eine höhere Anforderung als das Laufen als Einzeldisziplin dar. Die TriathletInnen weisen zu Beginn des Laufs eine bereits erhöhte Herz- und Atemfrequenz sowie einen erhöhten Sauerstoffverbrauch auf. Eine durch erhöhte Atemfrequenz induzierte Hyperventilation führt zu schnellerer Erschöpfung der Muskulatur (Millet & Vleck, 2000).

Zusätzlich kommt es zu einer früheren metabolischen Verschiebung bei dem Laufabschnitt während des Triathlons als bei einem reinen Laufbewerb. Diese Verschiebung hat eine frühere Fettoxidation zur Folge. Des Weiteren bewirkt die vorbestehende Dehydratation einen Herzfrequenzanstieg sowie eine intramuskuläre Blutumverteilung bei unterschiedlicher Rad- bzw. Laufbelastung. Aufgrund der Vorbelastung ergeben Koordinationsschwächen im Bereich der Bauch- und Lumbalmuskulatur Affektionen auf

den Laufstil. Der veränderte Becken- und der untere Extremitätengradient bedingen eine vorgeneigte Laufposition (Millet & Vleck, 2000).

Beim Windschattenfahren kommt es zu einer deutlichen Reduzierung der skeletto-muskulären Ermüdung, die sich wiederum positiv auf die Anpassung beim Wechsel vom Radfahren zum Laufen auswirkt (Millet & Vleck, 2000).

Die Positionsveränderung vom Radfahren zum Laufen erfordert eine besondere Adaptionsfähigkeit der sensomotorischen, visuellen und vestibulären Fähigkeiten. Des Weiteren sind taktische Überlegungen wie die Auswahl der optimalen Laufgeschwindigkeit beim Verlassen der Wechselzone entscheidend. Daher empfehlen die AutorInnen, bereits ein variantenreiches Wechselzonen-Training wie ein „back to back“ Training sowie das Setzen von unterschiedlichen sensomotorischen Reizen wie ein Wechselzonentraining mit verbundenen Augen in den Nachwuchsklassen durchzuführen (Millet & Vleck, 2000).

Nachstehend wird auf die häufigsten Überlastungsverletzungen beim Radfahren wie Probleme im Bereich der Lenden- und Halswirbelsäule, der Knie und dem Genitalbereich eingegangen.

4.3.1 Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule

In den westlichen Industriestaaten weist die Bevölkerung generell ein hohes Auftreten von Rückenschmerzen auf. 80 % der Befragten gaben an, zumindest einmal in ihrem Leben Rückenschmerzen verspürt zu haben (George & Delitto, 2002; Trainor & Trainor, 2004). Die Anatomie und Physiologie von Nicht-AthletInnen und AthletInnen ist dieselbe, jedoch sind die Kräfte, die bei Ausdauersportarten auf die Wirbelsäule übertragen werden, in der Praxis viel größer als jene, die Nicht-AthletInnen erfahren. Solche Kräfte können die Belastung sowie die Verletzbarkeit der Wirbelsäule und deren umliegender Gewebe erhöhen (George & Delitto, 2002; Trainor & Trainor, 2004).

Wiederkehrende Symptome oder anhaltende chronische Rückenschmerzen, die länger als drei Monate andauern, sind typischerweise oft auf degenerative Erkrankungen und Verletzungen der Bandscheiben, Spondylolyse, Spondylolisthesis, Facettensyndrom oder Brüche zurückzuführen (Bono, 2004; Trainor & Trainor, 2004; Woolf & Glaser, 2004). Schmerzen von ein paar Tagen weisen meist muskuläre oder ligamentäre Ursachen auf (Tuite, 2010; Villavicencio et al., 2006).

Beim Diagnostizieren von Beschwerden bereitet die Feststellung der eigentlichen Lokalisation der Ursache oft Schwierigkeiten. Im Falle des Lendenbereichs trifft dies besonders zu, da Beschwerden bzw. Störungen der unteren Extremitäten abnormale Kräfte auf die Lendenwirbel ausrichten und Probleme verursachen können. Wirken übermäßige Kräfte auf ein Gelenk ein, resultiert daraus eine Überbelastung im nächsten Gelenk, da die Kräfte sich kranial richten. Verletzungsmuster von TriathletInnen zeigten, dass Lenden-

schmerzen oft in Kombination mit Verletzungen der unteren Extremitäten auftraten (Collins et al., 1989; O'Toole et al., 1989).

Eine exzessive oder repetitive Belastung der Wirbelsäule stellt eine der Hauptgründe für Rückenschmerzen bei AusdauerathletInnen dar. Repetitive Belastungen führen zu einer Schwächung der viskoelastischen passiven Elemente der spinalen Strukturen. Ein Verlust der Möglichkeit, diese geschwächten passiven Elemente zu schützen (ermüdete Muskulatur), macht die Wirbelsäule anfällig für Verletzungen (Parnianpour et al., 1988).

Lendenschmerzen kommen allgemein bei RadfahrerInnen häufig vor, jedoch treten sie vermehrt bei denjenigen RadfahrerInnen auf, die Räder mit sogenannten Auflegern (Aerobars, Tribars) verwenden. Diese spezielle Form der Radgeometrie verwenden vor allem die TriathletInnen (Deakon, 2012).

In der **disziplinspezifischen Literatur** über Freizeit-RadfahrerInnen wurden bis zu 30,3 % Überlastungsverletzungen im Rückenbereich angeführt (Dannenberg et al., 1996; Weiss, 1985; Wilber et al., 1995). Mellion (1994) vermerkte einen höheren Wert von 60 % der Freizeit-RadfahrerInnen. Auslösende Faktoren bei den Männern stellten die Anzahl der gefahrenen Kilometer pro Woche, das Fahren mit schweren Gängen und die geringe Anzahl an Jahren als Radfahrer dar (Wilber et al., 1995).

Bei den Radprofis vermerkten Callaghan und Jarvis (1996) überlastungsbedingte Lendenschmerzen bei 60 % der 71 britischen Elite-RadfahrerInnen. In der Studie von De Bernardo et al. (2012) waren 4 % der traumatischen, 15,1 % der atraumatischen und 10 % der gesamten Beschwerden auf den Lendenbereich zurückzuführen. Barrios et al. (1997) und Barrios et al. (2015) vermerkten einen Wert von 13,7 % bzw. 13,4 % für Gruppe 1 und 12,8 % für Gruppe 2 für überlastungsbedingte Probleme im Lendenbereich.

Bei Clarsen et al. (2010) betrafen 45,7 % der Verletzungen den Lendenbereich. Unter den gesamten Verletzungen, die mindestens für einen Tag eine Trainings- oder Wettkampfpause auslösten, machten sie 17,4 % aus, das sind knappe 10 % der gesamten Lendenverletzungen. 44,2 % der ProfiradfahrerInnen mit Lendenschmerzen verzeichneten Leistungseinbußen in Training und Wettkampf. Bei diesen Werten wurden nur die Verletzungen, die medizinische Hilfeleistung benötigten, vermerkt. Wurden aber jegliche Schmerzen im Lendenbereich - auch jene ohne eine Betreuung durch medizinisches Personal - mit oder ohne ausstrahlenden Schmerz zu den Glutealmuskeln und unteren Extremitäten berücksichtigt, klagten 57,8 % der Athleten in den letzten zwölf Monaten über Schmerzen in diesem Bereich (siehe Tabelle 35). 71,4 % dieser Athleten benötigten medizinische Unterstützung. Nur ein geringer Teil von 5,5 % konnte bei Rennen nicht an den Start gehen. Die professionellen Radfahrer der UCI Pro Tour Teams und der UCI Pro-Continental Teams unterschieden sich hinsichtlich der Lendenbeschwerden nicht.

Tabelle 35: Merkmale von Lendenschmerzen bei professionellen Radfahrern (N = 109) (modifiziert nach Clarsen et al., 2010, S. 6)

Merkmale	n	%
Symptome seit Beginn des Radfahrens	71	65,1
Symptome in den vergangenen 12 Monaten	63	57,8
Dauer der Symptome		
1-7 Tage	21	19,3
8-30 Tage	23	21,1
>30 Tage aber nicht täglich	16	14,7
täglich	3	2,8
Medizinische Betreuung	45	41,3
NSAIDs in den vergangenen 12 Monaten*	15	13,8
Krankenhausaufenthalt	8	7,3
Operation	2	1,8
Trainingsversäumnis in den vergangenen 12 Monaten	12	11,0
Anzahl der versäumten Trainingstage		
1-7 Tage	9	8,3
8-30 Tage	2	1,8
>30 Tage	2	1,8
Rennversäumnis in den vergangenen 12 Monaten	6	5,5
Anzahl der versäumten Rennen		
1-3 Rennen	3	2,8
4-10 Rennen	0	0,0
>10 Rennen	3	2,8
Symptomerkennung		
Glutearregion	5	4,6
Oberschenkel	7	6,4
Knie	7	6,4
Unterschenkel/Fuß	13	11,9

* nonsteroidal anti-inflammatory drugs

Wie in Abbildung 22 ersichtlich ist, traten die Symptome während der Vorsaison bis hin zur Wettkampfphase eindeutig häufiger auf als in der Übergangsphase.

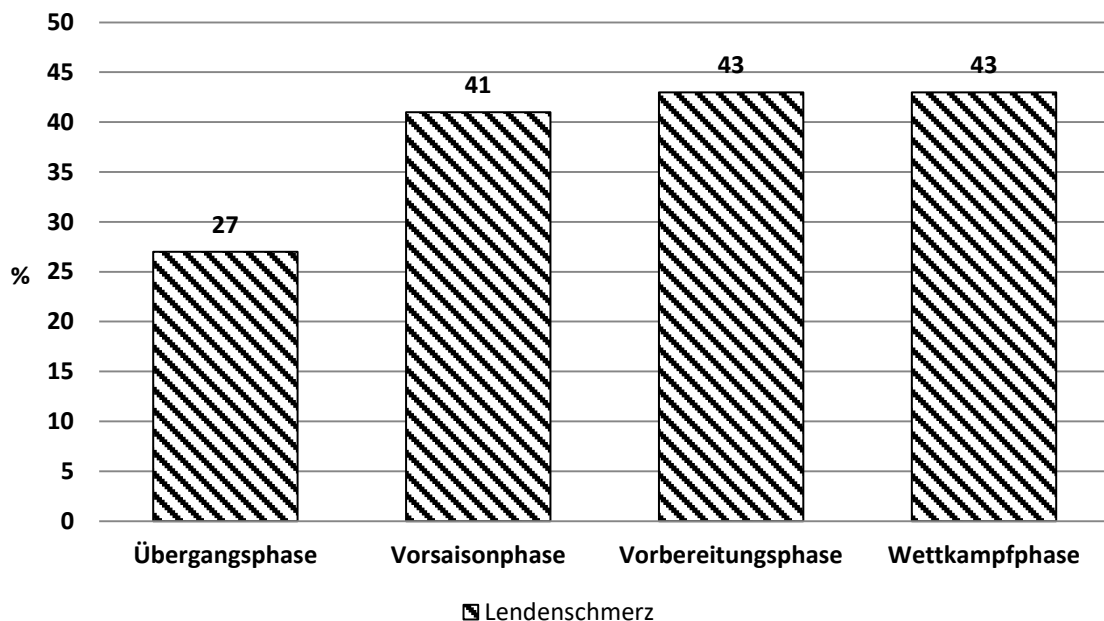


Abbildung 22: Prävalenz von Lendenschmerzen während der Saison bei professionellen Radfahrern (Clarsen et al., 2010, S. 6)

In der **triathlonspezifischen Literatur** werden für TriathletInnen Trainingsumfänge bis zu 1600 Stunden im Jahr angeführt. Dabei werden pro Woche bis zu 30 km dem Schwimmen, 900 km dem Radfahren und bis zu 130 km dem Laufen gewidmet. Diese hohe Anzahl an Stunden und Distanzen stellen extreme Anforderungen an den Stütz- und Bewegungsapparat dar (Engelhardt, 2009; Villavicencio et al., 2006). Es ist schwer zu differenzieren, ob die hohe Trainingsdauer oder Diskopathien verantwortlich für chronische Wirbelsäulenbeschwerden sind (Villavicencio et al., 2006). Egermann et al. (2003) vermerkten, dass TriathletInnen mit mehr als 20 Trainingsstunden pro Woche häufiger unter chronischen Rückenschmerzen litten als jene mit geringerem Trainingsvolumen. 41 % des gesamten Trainings wurde dabei dem Radtraining gewidmet.

Die Position der TriathletInnen auf dem Rad, vor allem eine aerodynamisch ausgelegte, ist prädisponierend für Schmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich. Dies hängt auch mit der Verweildauer auf dem Rad zusammen (Cipriani et al., 1998; Villavicencio et al., 2006). Konkret, um eine korrekte aerodynamische Position einzunehmen und eine korrekte Beugung in der Hüfte für die Generierung der optimalen Kraftübertragung auf die Pedale zu erzielen, werden die Lenden-Kreuzbeinwirbel in eine sehr gebeugte Position gebracht. Wird diese Sitzposition für eine längere Zeit eingehalten, erhöht sich dadurch der intradiskale Druck, der prädisponierend für Lendenwirbelsäulenschmerzen ist (Manninen & Kallinen, 1996). TriathletInnen verbringen während des Wettkampfes auf der Langdistanz bis zu sieben Stunden auf dem Rad. Bei langen Radausfahrten im Training wird genauso viel Zeit auf dem Rad verbracht (Cipriani et al., 1998).

Der Schmerz ist meist auf eine muskuläre oder ligamentäre Ursache zurückzuführen, da er bei 75 % der TriathletInnen in ein paar Wochen nicht mehr vorhanden ist. Die verbleibenden 25 % der AthletInnen haben Radikulopathie oder Schmerzen, die aus Abnormalitäten wie Bandscheiben- oder Gelenksflächenerkrankungen sowie unerkannter Spondylolyse resultieren. SportlerInnen mit oben erwähnten Pathologien leiden meist an Schmerzen über eine Dauer von mehr als drei Monaten (Tuite, 2010). Der Zusammenhang von erhöhtem Risiko von Bandscheiben- oder Gelenksflächenerkrankungen und einer Schmerzdauer von über drei Monaten wurde in mehreren Studien diskutiert und bestätigt (Bono, 2004; Harvey & Tanner, 1991; Mooney, 1989).

Das Radfahren stellt im Triathlon den Hauptfaktor für Lendenschmerzen dar, obwohl diese nur einen Teil, im Bereich von 10 - 29 %, der gesamten Überlastungsverletzungen bei TriathletInnen ausmachen (Andersen et al., 2013; Egermann et al., 2003; Manninen & Kallinen, 1996; Vleck & Garbutt, 1998). Vleck et al. (2010) vermerkten, dass 71 % der Lendenschmerzen bei Kurzstanz-AthletInnen und 33,3 % jener bei Langstanz-athletInnen auf das Radfahren zurückzuführen sind. 100 %, 25 % und 57,1 % waren dies bei Elite-, Developmental- und Club-Athleten auf der Olympischen Distanz (Vleck & Garbutt, 1998). 72 % der Hawaii Ironman TeilnehmerInnen 1986 verspürten überlastungsbedingte Rückenbeschwerden oder ein Ischiassyndrom in dem Jahr vor dem Wettkampf (O'Toole et al., 1989).

In der Studie von Villavicencio et al. (2006) verspürten 67,8 % der TriathletInnen mindestens einmal in ihrem Leben Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule. Davon hatten 81,4 % der Verletzungen sportbezogene Ursachen. Das Radfahren war mit 35,4 % hauptverantwortlich für Verletzungen, die ihre Ursache beim Sport hatten. In der Studie von Manninen und Kallinen (1996) hatten 59 % der TriathletInnen jemals Rückenschmerzen in ihrem Leben, 32 % jährlich und 20 % monatlich. 74 % der Rückenschmerzen waren bedingt durch das Radfahren. Die Schmerzen traten in der Mitte der Vorbereitungsphase mit 44 % und in der Wettkampfphase mit 23 % auf.

In den Studien von Manninen und Kallinen (1996), Villavicencio et al. (2006) und Villavicencio et al. (2007) wird in diesem Kapitel näher eingegangen, da dort Ursachen und Auftreten von vor allem Rückenschmerzen und bei letzterem insbesondere Nackenschmerzen im Triathlon umfangreicher als in anderen Studien beschrieben wurden. Studien, die sich ausschließlich mit Rückenproblemen in der Disziplin Radfahren im Triathlon befassen, sind nicht vorzufinden. Die drei Studien sind retrospektiver Natur. Der Untersuchungszeitraum beträgt bei Villavicencio et al. 2006 und 2007 die gesamte Lebenszeit der AthletInnen und bei Manninen und Kallinen (1996) die vergangenen zwölf Monate. Alle drei Studien wurden auf Basis von Online-Fragebögen durchgeführt. Die Studien von Villavicencio et al. 2006 und 2007 unterlagen demselben Fragebogen, der an TriathletInnen in Boulder, Colorado ausgesendet wurde. Der Stichprobenumfang betrug 87 bzw. 164 AthletInnen. Manninen und Kallinen (1996) untersuchten japanische TriathletInnen mit einer ProbandInnenanzahl von 92. Die ProbandInnen der drei Studien waren hinsichtlich der Disziplinen, von Sprint bis Langdistanz, durchmischt.

In der Studie von Villavicencio et al. (2006) wurden die auftretenden Schmerzen im Lendenbereich hinsichtlich ihrer anhaltenden Schmerzdauer in akute (<7 Tage), subakute (>7 Tage und <3 Monate) und chronische Schmerzen (>3 Monate) eingeteilt. Die TriathletInnen mit akuten Schmerzen, deren Schmerzen auf Sehnen-, Bänder- und Faszienverletzungen ohne große strukturelle Veränderungen zurückzuführen waren, stellten die größte Gruppe dar. 24,3 % dieser AthletInnen vermerkten ischiatische Symptome und ebenfalls 24,3 % dieser Gruppe stoppten ihr Training, um ihre Schmerzen zu lindern. Nur zwei Personen zogen sich ihre Verletzung nicht beim Sport zu.

Nur eine Person der acht AthletInnen mit subakuten Schmerzen klagte über Ischiasprobleme. Alle TriathletInnen dieser Gruppe erhielten konservative und keine operative Behandlung. 50 % der TriathletInnen wiesen auf sportbezogene Verletzungen hin und alle acht SportlerInnen unterbrachen ihr Training während der Schmerzen (Villavicencio et al., 2006).

Es ist anzunehmen, dass die chronische Gruppe vermehrt unter morphologischen Abnormalitäten mit involvierten Bandscheiben litt. Neun TriathletInnen hatten ischiatische Symptome. Alle 14 AthletInnen vertrauten auf konservative und sieben auf eine physiotherapeutische Behandlung. Weitere Behandlungsmethoden waren medikamentös, chiropraktisch und in Form von Massagen. Eine Person ließ sich operieren. 64,3 % der TriathletInnen wiesen auf eine sportbezogene Verletzung hin und 71 % dieser Gruppe legten eine Trainingspause während der Schmerzen ein.

In Tabelle 36 werden einige Merkmale mit der Dauer von Schmerzen im Lendenbereich bei TriathletInnen in Beziehung gesetzt.

Tabelle 36: Merkmale in Beziehung mit der unterschiedlichen Dauer von Schmerzen im Lendenbereich bei TriathletInnen (modifiziert nach Villavicencio et al., 2006, S. 4)

Merkmale	Dauer der Rückenschmerzen		
	akut	subakut	chronisch
Anzahl der AthletInnen	37 (62,7%)	8 (13,6%)	14 (23,7%)
Ø-Alter in Jahren	36,3 (24-68)	36,2 (25-55)	36,9 (22-56)
M/F Ratio	15:22	4:4	5:9
Ø-Schmerzdauer in Jahren	8,7 (3-15)	14,1 (0,25-40)	12,0 (0,75-30)
Ø-Schmerzintensität (VAS score)	4,6 (1-10)	6,2 (3-9)	5,6 (3-10)
Ø-Häufigkeitsanzahl*	3,7 (1-6)	4,3 (1-6)	5,6 (3-6)
Erstes Schmerzerlebnis (Alter)	27,2	22,4	28,2
Ø-Anzahl an Sportverletzungen	1,2 (0-7)	1,5 (0-5)	1,6 (0-5)
Gesamtrainingsstunden/Woche	14,9	17,3	15,0
Ø-Anzahl an Triathlon + Läufe	24,1 (1-150)	24,2 (3-54)	21,4 (2-95)
Sportbezogene Verletzung (%)	94,6	50	64,3
Ischiatische Symptome (%)	24,3	12,5	64,3
Trainingspause (%)	24,3	100	71

* (1 = einmal pro Jahr, 2 = einmal pro 6 Monate, 3 = einmal pro 3 Monate, 4 = einmal pro Monat, 5 = einmal pro Woche, 6 = konstant); Ø = Durchschnitt mit Minimum und Maximum in Klammer

Die Faktoren Alter, Geschlecht, BMI, AthletInnenstatus und Trainingsdauer unterschieden sich in Bezug auf die Dauer der Schmerzen im Lendenbereich nicht. Eine Tendenz war in Bezug auf das Trainingsalter bzw. der Triathlonenerfahrung und der Anzahl an absolvierten Triathlonbewerben gegeben. Eine starke Korrelation bestand zwischen der Anzahl an vergangenen sportbezogenen Verletzungen und dem Auftreten von Lendenschmerzen (Villavicencio et al., 2006).

In der Studie von Manninen und Kallinen (1996) verspürten die TriathletInnen im Durchschnitt mit 23,7 Jahren die ersten Schmerzen im Lendenbereich. Im Jahr vor der Studie hatten 51 % der AthletInnen ein plötzliches oder schleichendes Auftreten von Lendenschmerzen ohne besonderen Grund. 22 % vermerkten ein plötzliches Auftreten, jedoch auf ein bestimmtes Ereignis bezogen. Der Großteil der Schmerzepisoden dauerte mit 54 % bis sieben Tage an, 27 % von einer Woche bis drei Monaten und 19 % über drei Monate. 32 % der AthletInnen mit Rückenschmerzen hatten auch ischiatische Symptome in einem oder beiden Beinen.

TriathletInnen, die im vorangegangenen Jahr unter Schmerzen im Lendenbereich litten, gaben eine durchschnittlich höhere wöchentliche Trainingshäufigkeit der Rumpfflexoren an. Trends für Lendenschmerzen waren durch den Einfluss der durchschnittlichen wöchentlichen Trainingszeit an Flexoren der Rumpfmuskulatur, die durchschnittlichen wöchentlichen Radstunden, den Anteil an niedrigem Intensitätstraining, das Krafttraining und die durchschnittliche wöchentliche Trainingsbelastung zu erkennen. Das Geschlecht, Alter, Berufsaktivität, Beweglichkeit, Arten der Trainingsmethoden, vergangenes Ausüben anderer Sportarten, Sitzposition, Gebrauch von Aerobars sowie das Auftreten und die Anzahl an Verletzungen der unteren Extremitäten in den vergangenen 12 Monaten hatten keinen Einfluss auf Schmerzen im Lendenbereich (Manninen & Kallinen, 1996).

Außerdem gab es bei keinem Faktor eindeutige geschlechtsspezifische Unterschiede, nur in Bezug auf das höhere Auftreten von Lendenschmerzen (lifetime) bei den Männern war ein Trend ($p = 0.0052$) zu erkennen. Dies könnte aus dem hohen Anteil an Krafttraining bei den Männern resultieren (Manninen & Kallinen, 1996). In Studien zur Bevölkerung allgemein wurden ähnliche Ergebnisse für das Auftreten von Lendenschmerzen und ebenfalls keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in diesem Zusammenhang festgestellt (Heliovaara et al., 1989; Pope, 1989).

Die durchschnittlich höhere wöchentliche Trainingshäufigkeit der Rumpfflexoren bei AthletInnen mit vermehrten Lendenschmerzen könnte einerseits auf die inkorrekt durchgeführten Übungen und somit auf erhöht einwirkenden Stress auf die Lendenwirbelsäule zurückzuführen sein. Andererseits könnten die betroffenen TriathletInnen nach dem Verspüren von Lendenschmerzen das Rumpfttraining forciert und öfter pro Woche durchgeführt haben. Des Weiteren könnte ein „Überkräftigen“ der Flexoren im Verhältnis zu den Extensoren Lendenschmerzen bedingen (Manninen & Kallinen, 1996).

In einer deutschen Studie zur Erfassung der Leistungsfähigkeit der Rumpfmuskulatur mittels apparitiv gestützter isometrischer Maximalkraftanalyse bei Langdistanztriathleten wurden deutliche Schwächen und Dysbalancen aufgezeigt. Es wurde jedoch nur eine kleine Stichprobe von 20 leistungsorientiert trainierenden Athleten einer Referenzgruppe von untrainierten, beschwerdefreien Probanden gegenübergestellt. Das muskuläre Profil der Triathleten, detailliert angeführt in der Abbildung 23, wies gute und normgerechte Kraftwerte der Rückenextensoren und der Lateralflexoren der linken Körperseite auf. Die Seitbeugung nach rechts zeigte signifikant höhere Werte als die Referenzgruppe auf. Muskuläre Schwächen waren bei der Bauchmuskulatur vorhanden, besonders in Flexion und in beidseitiger Rotation. Die Triathleten hatten ein starkes muskuläres Kräfteungleichgewicht von Flexion/Extension und ein geringeres in den Rotationsbewegungen (Miltner et al., 2010).

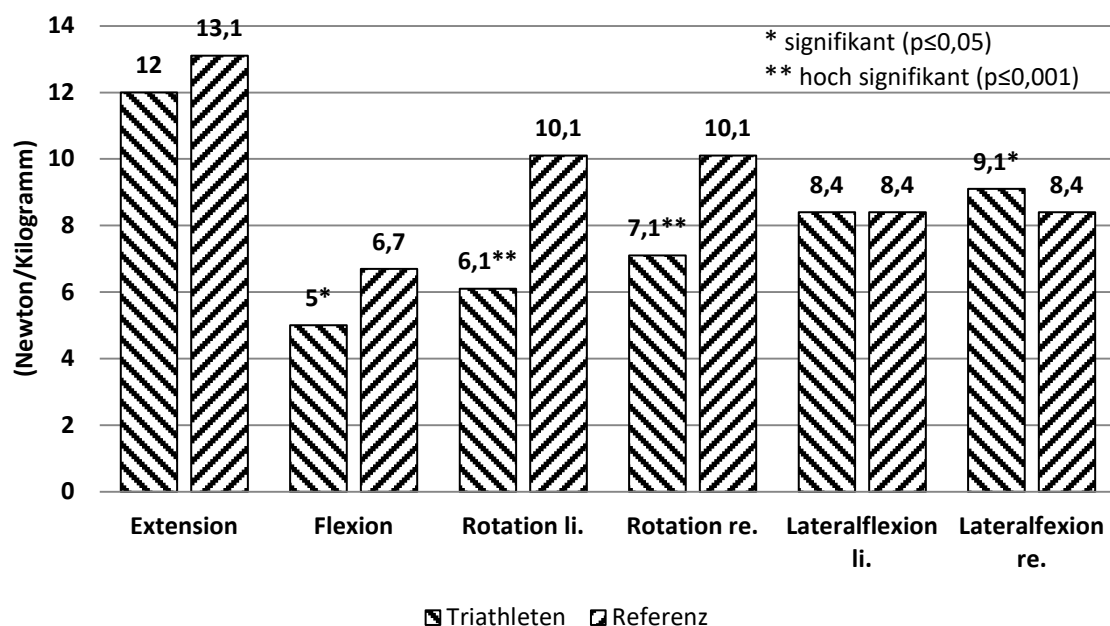


Abbildung 23: Leistungsfähigkeit der Rumpfmuskulatur bei Triathleten und der Vergleichsgruppe (Miltner et al., 2010, S. 659)

In einigen Studien wurde der Einfluss von Kraftwerten der Rumpfmuskulatur auf rezidivierende Beschwerden der Wirbelsäule nachgewiesen (Handa et al., 2000; Harts et al., 2008; Miltner et al., 2001). Andererseits können gezielte und spezielle Übungen bei Wirbelsäulenbeschwerden von AthletInnen sehr wirksam sein (Bartolozzi et al., 1991; Ganzit et al., 1998). Vor allem auf der Langdistanz kommen die motorischen Beanspruchungsformen Ausdauer und Kraftausdauer in den drei Disziplinen zu tragen (Millet et al., 2003). Die Belastung, charakterisiert als gleichmäßige und vorwiegend konzentrische Muskularbeit, ist über eine lange Dauer im Training und im Wettkampf durchzuhalten. Belastungswechsel resultieren aus den drei verschiedenen Sportarten, jedoch sind die Belastungsspitzen – wie bei Miltner et al. (2010) gezeigt – zu niedrig, um sich muskulär in Rumpf widerzuspiegeln (Lepers, 2008).

Auch Studien in den Einzelsportarten erzielten ähnliche Ergebnisse. Ein Lauftraining von einem Wochendurchschnitt über 40 km löste keinen ausreichenden Trainingsreiz für die Rumpfmuskulatur aus. Die Laufgruppe wies ähnliche Werte wie die Referenzgruppe auf (Schmid et al., 2002). Schwimmer ließen eine eindeutige Abschwächung der Extensoren des Rumpfes zur Vergleichsgruppe erkennen (Dalichau et al., 2000). Dies könnte auf die geringere Haltearbeit der dorsalen Rumpfmuskulatur aufgrund des Auftriebs im Wasser zurückzuführen sein. Laut Miltner et al. (2010) ist ein ausschließlich sportspezifisches muskuläres (Rumpf-)Profil von RadspezialistInnen in der Literatur nicht vorzufinden.

4.3.2 Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule

Belastungen von Strukturen der Halswirbelsäule, besonders jene, die von den ersten drei Wirbeln innerviert werden, haben gezeigt, dass diese zervikogene Halsschmerzen verursachen können. Diese Strukturen wie Muskeln, Bänder und Gelenke werden auch beim Nachvorneschauen auf die Straße beim Radfahren sehr beansprucht (Bogduk, 1992).

Nackenschmerzen werden demnach durch diese überbelasteten Strukturen aufgrund der (Über-)Streckung der zervikal-thorakalen Region begünstigt. Aerobars verursachen eine noch größere (Über-)Streckung im Vergleich zu normalen Lenkern (Mellion, 1994). Eine verminderte thorakale Bewegung, besonders in der Extension, wird durch eine vermehrte Überstreckung im Halsbereich ausgeglichen. Dies führt zu einer funktionellen Verschiebung der Halswirbelsäulengelenke und einer anhaltenden statischen Kontraktion der Extensoren im Halsbereich. Diese Kontraktionen, besonders jene der okzipitalen Muskelgruppe, führen zu nackenbedingten (zervikogenen) Kopfschmerzen (Bogduk, 1992; Vincent, 2000).

Des Weiteren tritt eine Parästhesie des Nervus ulnaris, auch bekannt als „handlebar palsy“, häufig bei RadfahrerInnen, die viele Stunden auf dem Rad verbringen, auf. Der Gyon's Kanal, durch den der Nervus ulnaris im Handgelenk läuft, wird durch das andauernde Halten des Lenkers mechanisch durch Druck bearbeitet. Anfängliches Kribbeln und Stechen im Ring- und Kleinfinger äußert sich später in einem Verlust des Gefühls und der motorischen Funktion (Andersen & Bovim, 1997; Patterson et al., 2003).

In der **disziplinspezifischen** Literatur sind Nackenschmerzen unter den RadfahrerInnen häufig und kommen öfter vor als Schmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich (Asplund et al., 2005). 41,7 % (Dannenberg et al., 1996), 48,8 % (Wilber et al., 1995) und 66,4 % (Weiss, 1985) der Freizeit-RadfahrerInnen verspürten überlastungsbedingte Nackenschmerzen, welche die häufigsten Überlastungsverletzungen beim Radfahren darstellten. Die Odds-Ratio der Frauen für Nacken- und Schulterschmerzen waren um das 1,5- und 2,0-fache höher als bei den Männern (Dannenberg et al., 1996). Weiss (1985) und Dannenberg et al. (1996) untersuchten RadfahrerInnen, die an einer jeweils mehrtätigen Radtour teilnahmen. 86 % der 132 TeilnehmerInnen wurden bei Weiss (1985) retrospektiv mittels Fragebogen hinsichtlich Demographie, Raderfahrung und Verletzungen untersucht. In der prospektiven Studie von Dannenberg et al. (1996) wurde das Auftreten von Verletzungen während der Tour und deren Risikofaktoren bei 1638 RadfahrerInnen

ermittelt. 518 RadfahrerInnen beantworteten bei dem von Dannenberg et al. (1996) mittels E-Mail ausgeschickten Fragebogen zur Ermittlung deren Trainingsgewohnheiten und Überlastungsverletzungen.

Bei Profi-Radfahrern vermerkten Callaghan und Jarvis (1996) überlastungsbedingte Nackenschmerzen bei 19 % britischer Elite-Radfahrer. De Bernardo (2012) führte einen Wert von 9,6 % an. Barrios et al. (1997) vermerkten hingegen keinen Fall von Nackenbeschwerden unter den Profiradfahrern. Bei Clarsen et al. (2010) machten Schmerzen im Halswirbel-/Nackenbereich 10,6 % der gesamten Verletzungen aus. Bei den Verletzungen, die mindestens für einen Tag eine Trainings- oder Wettkampfpause auslösten, waren es 8,7 %. 20 % der Verletzungen im Halswirbel-/Nackenbereich führten zu einer Unterbrechung der Radaktivität von zumindest einem Tag, davon verursachte ein Fall eine Zwangspause von mehr als 28 Tagen.

Die höheren Prävalenzen von Nackenschmerzen bei Freizeit- als bei Profi-RadfahrerInnen könnten einerseits darauf zurückzuführen sein, dass Profis die Unannehmlichkeiten im Nackenbereich als Teil des Radsports sehen und diese auch mehr „gewohnt“ sind. Andererseits könnten die über die Jahre hinweg individuell besser angepassten Räder (bike fitting) ausschlaggebend sein, um Beschwerden in den Strukturen des Oberkörpers zu minimieren (Barrios et al., 1997).

In der **triathlonspezifischen** Literatur kommen Nackenschmerzen bei TriathletInnen weniger häufig vor als Schmerzen im Lendenwirbelbereich (Manninen & Kallinen, 1996; Villavicencio et al., 2006). Das Radtraining macht bei den TriathletInnen ungefähr 50 % der Trainingsstunden aus und fördert somit die Dauer in der überstreckten Nackenhaltung (Cipriani et al., 1998; Villavicencio et al., 2006; Villavicencio et al., 2007).

Wie bei den SpezialistInnen werden Nackenschmerzen und Erkrankungen der Bandscheiben im Halsbereich durch das Verharren in der Hyperlordose-Stellung der Halswirbel in der aerodynamischen Position, mit tiefem Oberkörper und Blick nach vorne, begünstigt. Ähnlich wie bei den Schmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich deuten länger als drei Monate anhaltende Nackenschmerzen auf strukturelle Abnormalitäten wie Erkrankungen der Bandscheiben hin. Dies betrifft 10 - 20 % der TriathletInnen mit Nackenschmerzen (Tuite, 2010). Nackenschmerzen mit einer Dauer unter sieben Tagen haben meist muskuläre und ligamentäre Ursachen (Villavicencio et al., 2006; Villavicencio et al., 2007).

In der Studie Villavicencio et al. (2007) hatten 47,6 % der TriathletInnen Nackenschmerzen, 64,1 % waren davon sportbedingt. 60 % der beim Sport zugezogenen Nackenbeschwerden resultierten aus dem Radfahren. Aufgrund des großen Einflusses des Radfahrens auf sportbedingte Nackenschmerzen im Triathlon wird wie bei den triathlonspezifischen Lendenproblemen diese Studie in diesem Kapitel beschrieben. Aufgrund des gleichen Aufbaus wie bei den Lendenbeschwerden wird jedoch nur die Tabelle 37 mit wenigen Ausformulierungen angeführt. Die Studie von 2007 beruht auf den gleichen Daten wie die Studie von 2006, nur mit einer größeren Stichprobe. Im Gegensatz

zur Studie von Villavicencio et al. (2006) ist der Fokus in der Studie von 2007 hauptsächlich auf Nackenschmerzen gerichtet und somit für diese Themenstellung relevanter. In der mittels Online-Fragebogens durchgeführten, retrospektiven Studie von Villavicencio et al. (2007) betrug der Untersuchungszeitraum die gesamte Lebenszeit der 164 TriathletInnen, die aus Boulder, Colorado und hinsichtlich der Disziplinen, von Sprint bis Langdistanz, durchmischt waren.

Mehr als die Hälfte der Episoden von Nackenschmerzen dauerten weniger als sieben Tage an. Radikuläre Symptome, besonders in den chronischen Gruppen, kamen häufig vor. Die in der Tabelle 37 angeführte Studie ist neben der Studie von Villavicencio et al. (2006) die einzige, welche die Häufigkeit und Qualität von Schmerzen im Nackenbereich bei TriathletInnen charakterisiert. 72,4 % der akuten Gruppe verwendeten konservative Behandlungsmethoden wie Medikamente, Chiropraktik, Physiotherapie und Massagen. Eine konservative Behandlung wurde von 87,5 % der TriathletInnen der subakuten und von 100 % der chronischen Gruppe in Anspruch genommen.

Tabelle 37: Merkmale in Beziehung mit der unterschiedlichen Dauer von Schmerzen im Nackenbereich bei TriathletInnen (modifiziert Villavicencio et al., 2007, S. 410)

Merkmale	Dauer der Nackenschmerzen		
	akut	subakut	chronisch
	2007	2007	2007
Anzahl der AthletInnen	58	8	12
Anzahl der AthletInnen (%)	74,4	10,3	15,4
Ø-Alter in Jahren	38,3 (20-68)	35,7 (28-51)	36,9 (22-57)
M/F Ratio	26:32	3:5	2:10
Ø-Schmerzdauer in Jahren	10,4 (0,5-50)	7,6 (1-15)	9,7 (0,5-20)
Ø-Schmerzintensität (VAS score)	4,1 (1-8)	6,1 (3-8)	5,4 (3-9)
Ø-Häufigkeitsanzahl*	3,4 (1-6)	4,5 (3-6)	5,9 (5-6)
Erstes Schmerzerlebnis (Alter)	28,9	27,2	25,9
Ø-Anzahl an Sportverletzungen	1,4 (0-5)	1,6 (0-5)	1,1 (0-4)
Gesamtrainingsstunden/Woche	15,2	14,8	12,5
Ø-Anzahl an Triathlon + Läufe	26,0 (1-268)	34 (3-76)	19,5 (1-74)
Sportbezogene Verletzung (%)	70,7	62,5	33,3
Radikuläre Symptome	6,9	25	33,3
Trainingspause (%)	15,5	62,5	8,3

* (1 = einmal pro Jahr, 2 = einmal pro 6 Monate, 3 = einmal pro 3 Monate, 4 = einmal pro Monat, 5 = einmal pro Woche, 6 = konstant); Ø = Durchschnitt mit Minimum und Maximum in Klammer

Keinen Einfluss auf Nackenschmerzen hatten die Faktoren Alter, AthletInnenstatus, BMI, Trainingsdauer und die Anzahl an Wettkämpfen. Ein starker Zusammenhang war zwischen Halswirbelschmerzen und Trainingsalter bzw. Triathlonenerfahrung zu erkennen. Eine starke Korrelation bestand wie bei den Lendenschmerzen in der Studie von Villavicencio et al. (2006) zwischen der Anzahl an vergangenen sportbezogenen Verletzungen und dem Auftreten von Nackenschmerzen. Die TriathletInnen mit chronischen Nackenschmerzen wiesen einen Rückgang in den wöchentlichen Trainingsstunden und eine geringere

durchschnittliche Anzahl an Wettkämpfen auf (Villavicencio et al., 2006; Villavicencio et al., 2007).

In der allgemeinen Population ist der Faktor Alter im Vergleich prädiktiv für Nackenschmerzen (Hill et al., 2004). Das junge Durchschnittsalter der ProbandInnen, gut 80 % unter 40 Jahre, könnte der Grund dafür sein, dass dies nicht in den Studien von Villavicencio et al. (2006) und (2007) zutrifft. Auch in Studien über Nackenschmerzen bei der Bevölkerung allgemein waren vorangegangene traumabedingte Nackenschmerzen ausschlaggebend für erneute Nackenschmerzen (Croft et al., 2001; Hill et al., 2004).

Die ähnlichen Werte von Nackenschmerzen bei Freizeit-RadfahrerInnen und TriathletInnen sind doch unerwartet, da die TriathletInnen in der Theorie eine doch ausgeglichene Stressverteilung auf die drei Disziplinen haben sollten. Die Anzahl der Radstunden könnte rein für die überlastungsbedingten Nackenschmerzen ausschlaggebend sein. Freizeit-RadfahrerInnen verbringen zwischen 4 und 5 Stunden pro Woche auf dem Rad (Wilber et al., 1995). Die BeginnerInnen unter den TriathletInnen weisen mit durchschnittlich 4,8 Stunden pro Woche ähnlich viele Radstunden auf. Nur die Elite-TriathletInnen sitzen mit durchschnittlich 9,3 Stunden pro Woche doppelt so lange auf dem Rad (Villavicencio et al., 2007).

Einige TriathletInnen gaben an, dass die Nackenschmerzen nicht sportbedingt waren, jedoch Überlastungsverletzungen und stark repetitive Belastungen im Training und Wettkampf diese höchstwahrscheinlich verschlimmern (Villavicencio et al., 2007).

In der Studie von Miltner et al. (2010) wiesen die Langdistanztriathleten eindeutig muskuläre Defizite in allen Bewegungsrichtungen der Halswirbelsäule gegenüber der Referenzgruppe auf. Wie in der Abbildung 24 gezeigt, wiesen die Athleten bei den Flexoren und Extensoren signifikant niedrigere Kraftwerte auf als die Vergleichsgruppe, aber ein ähnliches Flexion/Extension-Verhältnis wie die Vergleichsgruppe. In der Links-/Rechts-Lateralflexion konnte ebenfalls ein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe erkannt werden. Die Seitneigung nach rechts ist bei den Triathleten schwächer als die nach links. In Bezug auf das Verhältnis der Lateralflexion links/rechts zeigten die Athleten eine signifikante Dysbalance gegenüber der Referenz.

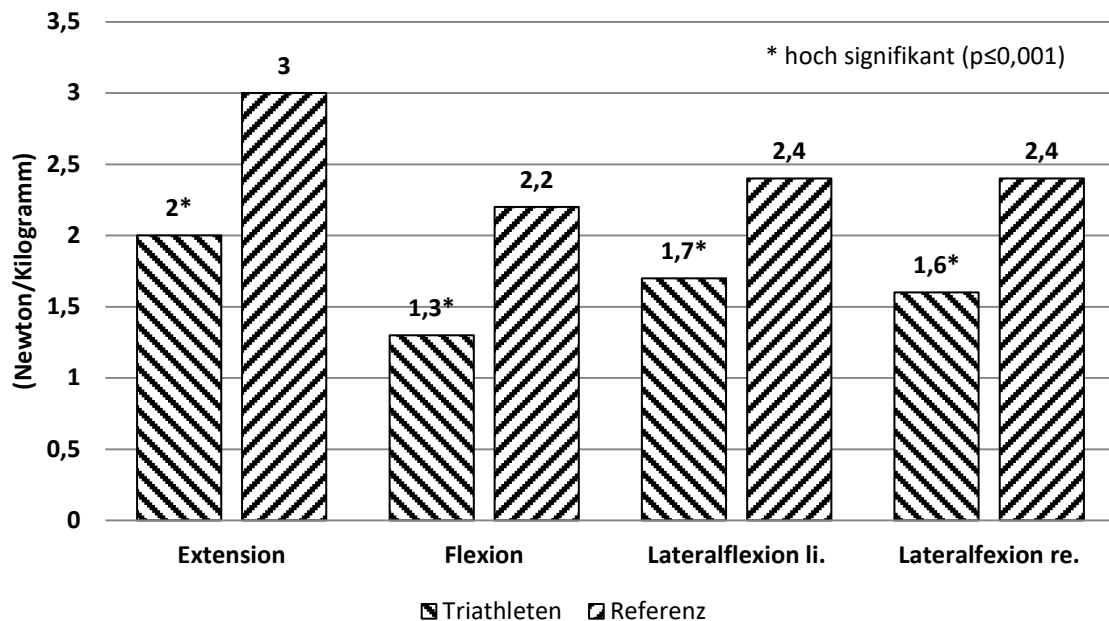


Abbildung 24: Leistungsfähigkeit des Schulter-/Nackengürtels bei Triathleten und der Kontrollgruppe (Miltner et al., 2010, S. 660)

4.3.3 Schmerzen im Kniebereich

In diesem Kapitel werden die häufigsten Kniebeschwerden beim Radfahren beschrieben. Da die TriathletInnen die gleichen Beschwerdebilder wie die RadspezialistInnen aufweisen und die AutorInnen der Triathlonstudien auf jene der Radsportstudien verweisen, werden beide Sportarten in den einzeln angeführten Beschwerdebildern nicht gesondert behandelt. Am Ende werden gesammelt für die einzelnen Beschwerdebilder Unterschiede im Triathlon und Radsport angeführt.

In der **disziplinspezifischen** Literatur bestätigten mehrere Studien, dass Knieschmerzen häufige Beschwerden bei RadfahrerInnen darstellen (Holmes et al., 1991; Holmes et al., 1994; Mellion, 1994). Bei Profiradfahrern stellen Knieschmerzen 16,5 % (De Bernardo et al., 2012), 23,4 % (Clarsen et al., 2010) und 39,5 % (Barrios et al., 1997) der gesamten Verletzungen dar, wobei bei Clarsen et al. (2010) nur überlastungsbedingte Verletzungen untersucht wurden. Bezogen auf die gesamten überlastungsbedingten Verletzungen machen Kniebeschwerden 32,1 % (De Bernardo et al., 2012) und 63,5 % (Barrios et al., 1997) aus. Bei Freizeit-RadfahrerInnen wurden überlastungsbedingte Kniebeschwerden mit 21 - 62 % angeführt (Dannenberg et al., 1996; Weiss, 1985; Wilber et al., 1995).

Nachstehend wird auf die Lokalisation der am häufigsten auftretenden Knieschmerzen und auf deren unterschiedliche Ursachen eingegangen.

Anteriorer Knieschmerz

Die häufigsten Kniebeschwerden stellen anteriore Knieschmerzen dar. Dies ist charakterisiert durch Schmerzen im Bereich der Patella und der Patellasehne. Der Schmerz beginnt gewöhnlich mit dem Treten und verschlimmert sich mit der Zunahme der

Radfahrdauer. Er strahlt meist inferior vom Knie aus und nimmt ebenfalls bei langem Sitzen und Treppensteigen zu (Deakon, 2012).

Clarsen et al. (2010) vermerkten, dass 35,8 % der Profiradfahrer unter anteriorem Knieschmerz in den letzten 12 Monaten litten. 32,7 % und 55,8 % der überlastungsbedingten Verletzungen waren es bei De Bernardo et al. (2012) und Barrios et al. (1997).

Die professionellen Radfahrer der UCI Pro Tour Teams und der UCI Pro-Continental Teams unterschieden sich in der Studie von Clarsen et al. (2010) hinsichtlich des anterioren Knieschmerzes nicht. Diese klinische Diagnose wurde jedoch von den Autoren nicht weiter spezifiziert und unter anderem nicht in Patellaspitzensyndrom oder Patellofemoralgelenk-Beschwerden unterteilt. Unter den gesamten Verletzungen, die mindestens für einen Tag eine Trainings- oder Wettkampfpause auslösten, machten sie jedoch 56,5 % aus, das sind knappe 60 % der gesamten Knieverletzungen. Bei diesen Werten wurden nur die Verletzungen, die medizinische Hilfeleistung erforderten, vermerkt.

Tabelle 38: Merkmale in Bezug auf anterioren Knieschmerz bei professionellen Radfahrern (N = 109) (modifiziert nach Clarsen et al., 2010, S. 6)

Merkmale	n	%
Symptome seit Beginn des Radfahrens	61	56,0
Symptome in den vergangen 12 Monaten	39	35,8
Dauer der Symptome		
1-7 Tage	11	10,1
8-30 Tage	21	19,3
>30 Tage aber nicht täglich	7	6,4
täglich	0	0,0
Medizinische Betreuung	21	19,3
NSAIDs in den vergangen 12 Monaten*	20	18,3
Krankenhausaufenthalt	7	6,4
Operation	3	2,8
Trainingsversäumnis in den vergangen 12 Monaten	29	26,6
Anzahl der versäumten Trainingstage		
1-7 Tage	21	19,3
8-30 Tage	8	7,3
>30 Tage	0	0,0
Rennversäumnis in den vergangen 12 Monaten	10	9,2
Anzahl der versäumten Rennen		
1-3 Rennen	7	6,4
4-10 Rennen	2	1,8
>10 Rennen	1	0,9

Wurden aber jegliche Schmerzen im anteriorem Kniebereich - auch jene ohne eine Betreuung durch medizinisches Personal - berücksichtigt, vermerkten 35,8 % der Radfahrer Schmerzen in den vergangenen zwölf Monaten, davon benötigten 53,8 % medizinische Unterstützung. 74,4 % mussten aufgrund des anterioren Knieschmerzes mindestens ein Training und 25,6 % einen Wettkampf auslassen. In Tabelle 38 werden die Ergebnisse bezüglich der Knieschmerzen zusammengefasst.

In Abbildung 25 wird das Auftreten des anterioren Knieschmerzes über die verschiedenen zeitlichen Abschnitte der Saison dargestellt. Die meisten Beschwerden traten in der Vorsaison auf.

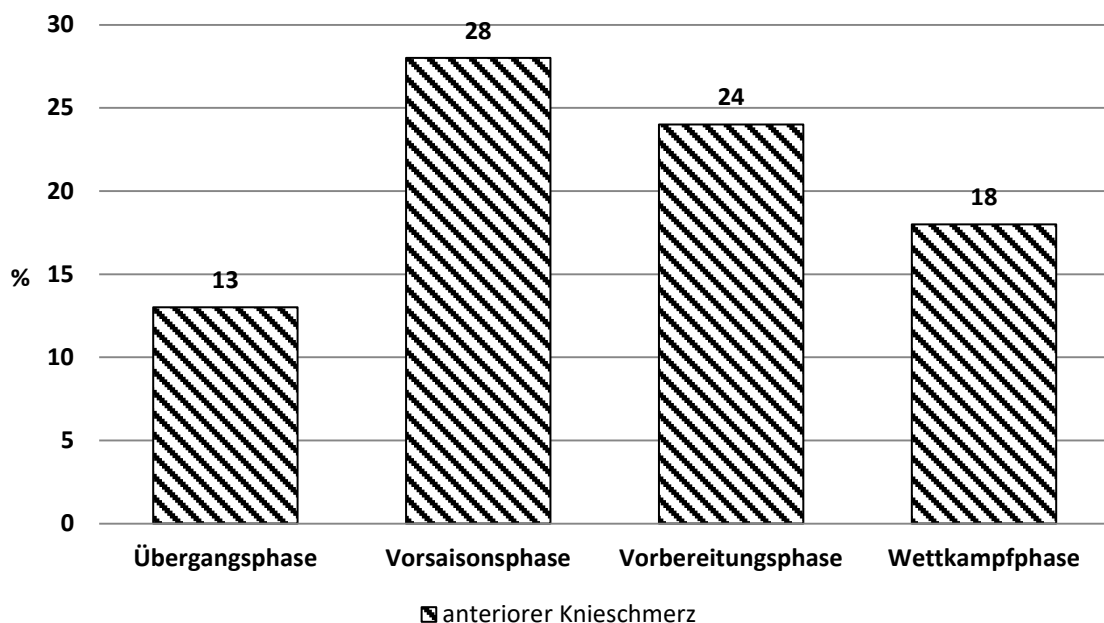


Abbildung 25: Prävalenz von anteriorem Knieschmerz während der Saison bei professionellen Radfahrern (Clarsen et al., 2010, S. 6)

Einige AutorInnen weisen darauf hin, dass hohe Kraftaufwendungen des Quadrizeps wie das Wählen harter Gänge hauptverantwortlich für anterioren Knieschmerz beim Radfahren sind. Bevor diesbezüglich genauer in den nachstehenden drei häufigen Beschwerdebildern, die oft unter dem Begriff „anteriorer Knieschmerz“ zusammengefasst werden, eingegangen wird, werden die in diesem Zusammenhang stehenden Trittfrequenzen und deren Auswirkungen auf die Beinmuskulatur beschrieben.

Mittels Elektromyographie (EMG) wurde nachgewiesen, dass die optimale Trittfrequenz beim Radfahren bei variablen Belastungen mit dem Anstieg der Belastung steigt (MacIntosh et al., 2000). Diese höhere Trittfrequenz führte auch zu einer höheren Rekrutierung der Muskeln der Oberschenkelrückseite und der Streckergruppe in der Hüfte, die Glutealmuskulatur inkludiert (Ericson et al., 1985). Dadurch wird der Anteil des M. quadrizeps femoris an der Gesamtbelastung verringert (Ericson et al., 1985; Neptune et al., 1997; Wozniak Timmer, 1991). Jedoch wurde gezeigt, dass die elektromyographische Aktivität des Quadrizeps mit der ansteigenden Trittfrequenz relativ konstant bleibt und nur

der Beitrag der Muskeln der Oberschenkelrückseite, der Glutealgruppe und des M. gastrocnemius zusätzlich ansteigt (Sarre et al., 2003).

Patellofemoralgelenk-Beschwerden - „Biker's Knee“

Schmerzen mit zugleich knirschendem und schleifendem Auftreten sowie Schmerzen bei der Kniestreckung oder tiefen Kniebeuge lassen auf Beschwerden des Patellofemoralgelenks schließen. Die AthletInnen weisen oft eine vorhergehende Geschichte von anterioren Knieschmerzen auf. In physischen Untersuchungen können prädisponierende Faktoren wie unter anderem Patellahoch- und -tiefstand, ein vergrößerter Q-Winkel (Post, 1999), Patellaschiefstellung, positives J-Zeichen oder ein angespanntes laterales Retinaculum festgestellt werden. Eine Imbalance der Anteile des M. quadriceps femoris mit einem relativen Defizit des M. vastus medialis wird oft bemerkt. In den Untersuchungen kann ein Knirschen im Patellofemoralgelenk aufgedeckt werden. Diese Untersuchungen beinhalten meist positive Comprehension-Tests des Patellofemoralgelenks und positive Apprehension-Tests (Deakon, 2012). Radiographische Analysen sind bei der Diagnostizierung von Patellahoch- und -tiefstand nützlich und ein computer-tomographischer Scan würde einen vergrößerten Winkel von Tuberositas tibiae und Sulcus femoris sowie eine vergrößerte Distanz zwischen den beiden anatomischen Gegebenheiten zeigen (Dejour et al., 1994).

Die Ursache von anteriorem Knieschmerz bei RadfahrerInnen ist meist auf einen Anstieg des patellofemoraleen Kontaktdrucks (Kompressionskräfte) zurückzuführen (Sanner & O'Halloran, 2000). Die zwei Hauptfaktoren für den erhöhten patellofemoraleen Stress sind exzessive Kräfte des M. quadriceps femoris und eine Fehlverteilung der Kräfte über das Kniegelenk bzw. Patellofemoralgelenk aufgrund einer Fehlstellung, malalignment (Deakon, 2012). Dazu gehören Varus- oder Valgus-Beinstellungen, Fehlstellung der Patella, Beinlängendifferenzen sowie Fehlstellungen aufgrund muskulärer Imbalance und schlechter muskulärer Flexibilität im Beckengürtelbereich (Barrios et al., 2015).

Beim leistungsorientierten Radfahren wird mit der Aktivierung des vorderen Oberschenkelmuskels eine hohe repetitive Beanspruchung des Patellofemoralgelenks erzeugt (Mellion, 1994). Beim Radfahren mit härteren Gängen, besonders bei flachem Terrain und Bergabfahren, exzessivem Bergauffahren und falscher Platzierung des Fußes am Pedal kann das Patellofemoralgelenk mit den unterstützenden ligamentären Strukturen aufgrund der hohen repetitiven Beanspruchung verstaucht und gedehnt werden. Durch die benötigte hohe Muskelkraft bei harten Gängen und niedriger Trittfrequenz (rounds per minute - RPM) werden hohe Kräfte über die Patella mit daraus resultierenden anterioren Knieschmerzen übertragen (Holmes et al., 1994). Höhere Trittfrequenzen entlasten die Muskulatur, jedoch verlangt dies vermehrtes Training und Effizienz (Holmes et al., 1993; Holmes et al., 1994).

Weitere wichtige Faktoren in Zusammenhang mit der Verringerung des patellofemoraleen Kontaktdrucks (Kompressionskräfte) stellen ein optimiertes „bike fitting“ und eine gute Radtechnik (Tritt) dar (Sanner & O'Halloran, 2000). Ein zu niedrig eingestellter Sattel und eine falsche Kurbellänge, siehe unter Biomechanik (bike fitting) und Material, wirken sich

ungünstig auf das Knie aus und erzeugen unnötigen patellofemorale Stress. Des Weiteren führen eine Hyperpronation und eine interne Tibiatorsion zu einem effektiven Anstieg im Q-Winkel und zu einer patellofemorale Mehrbelastung. Der Gebrauch von Orthesen (Einlagen) in den Radschuhen sowie die Anpassung der Position und/oder die Neigung der Klips können die abnormalen Kräfte auf das Kniegelenk während des Tretzyklus reduzieren (Ruby et al., 1992).

Patella Tendinitis

Patella Tendinitis resultiert von den hohen Extensionskräften während der Druckphase beim Treten (Bailey et al., 2003). Dies äußert sich gewöhnlich durch einen akut auftretenden Schmerz und hängt mit einer starken Belastung des Mechanismus des Patellofemorale Gelenks zusammen (Holmes et al., 1993; Sanner & O'Halloran, 2000). Dies wird durch niedrige Trittfrequenzen oder bei Verwendung von harten Gängen verursacht und steht oft in Verbindung mit Bergauffahrten sowie mit dem Treten im Stehen. Beim Treten im Stehen wird die Belastung der Kniestrecker während der Druckphase des Tretzyklus eindeutig gesteigert und die Muskelaktivität in der Hubphase verringert (Li & Caldwell, 1998).

Der Schmerz ist gewöhnlich im Bereich der Patellasehne lokalisiert und steigert sich bei vermehrter Knieextension. Dadurch kann dies nicht mit Schmerzen und Beschwerden des Patellofemorale Gelenks zusammenhängen. Bei einer physischen Untersuchung wird eine Druckschmerzhaftigkeit über der Patellasehne, besonders im Sehnenansatz im unteren Pol der Patella festgestellt. Der Bereich der Druckschmerzhaftigkeit ist bei entspannter Patellasehne meist ausgeprägter als unter Spannung (Deakon, 2012).

Quadrizeps Tendinitis

Diese Symptomatik kommt seltener vor, ist aber ähnlich in der Schmerzpräsentation wie eine Patella Tendinitis. In diesem Fall entsteht der Schmerz in der superioren oder superior-lateralen Region der Patellasehne. Gewöhnlich sind die AthletInnen über 40 Jahre alt und weisen einen Enthesopathie-Hintergrund, krankhafte Störungen von meist gelenknahen Sehnenansatzpunkten, auf. Entzündungen des Quadrizeps sind jedoch durch die Schmerzlokalisation von den patellofemorale und iliotibiale Band zu unterscheiden. Der stabile Druckschmerz befindet sich entlang des superioren Pols der Patella, ist aber nicht gleich lokalisiert, wie im Falle einer Patella Tendinitis. Röntgenbilder von chronischen Fällen zeigen häufig eine Verkalkung des Sehnenansatzes im superioren Pol der Patella. Für die Linderung der Beschwerden und Vermeidung der Ursachen beim Radfahren sind die gleichen Faktoren anzuführen wie bei einer Entzündung der Patellasehne (Deakon, 2012).

Lateraler Knieschmerz

Iliotibiales Band-Syndrom

Iliotibiales Band-Syndrom (ITBS) entsteht durch die Friktion der Iliotibiale Bandsehne über den lateralen Condylus femoris bei 10 bis 30° Knieflexion (Farrell et al., 2003). Der Schmerz wird üblicherweise superior der lateralen Gelenkslinie verspürt und wird meist als brennend beschrieben. Er strahlt von der lateralen Seite des Oberschenkels aus. Die

Schmerzintensität erhöht sich normalerweise beim Bergabgehen und -laufen und der Schmerz tritt charakteristisch nach ein paar radgefahrenen, vor allem aber gelaufenen Kilometern auf. In physischen Untersuchungen wird charakteristisch eine punktuelle Druckschmerzhaftigkeit entlang der lateralen Gelenkslinie festgestellt. Der Schmerz ist unterschiedlich zu dem Meniskusschmerz, da der Meniskusschmerz gewöhnlich nicht oberhalb der lateralen Gelenkslinie auftritt. Der Patient/die Patientin verspürt bei Meniskusbeschwerden auch keine punktuelle Druckschmerzhaftigkeit entlang der lateralen Gelenkslinie, aber eine Erhöhung des Schmerzes bei einer Beugung im Knie und ein Klicken im lateralen Kompartiment. Außerdem fällt der McMurray-Test positiv aus. Ein Test nach Ober würde eine zu angespannte Iliotibiale Bandsehne erkennen lassen (Deakon, 2012).

Beim Radfahren wird das Iliotibiale Band-Syndrom durch die hohe Anzahl an Repetitionen des Knies in der „Impingementzone“ durch das Reiben der Iliotibialen Bandsehne am Epicondylus lateralis femoris verursacht. Dies geschieht nahe des Tiefstandes der Trittbewegung bzw. der Kniestreckung. Die Situation wird durch die falsche Sattelleinstellung, zu hoch oder zu weit nach hinten, verschärft (Farrell et al., 2003). Eine adduzierte Hüfte während des Tretzyklus bringt die Iliotibiale Bandsehne auf Spannung und verschlimmert die Situation. Eine unpassende Position des Fußes an den Pedalen und ein Pedal, das keine geringe Ein- und Auswärtsbewegung des Fußes während des Tretzyklus erlaubt, fördert ebenfalls ein Auftreten eines ITBS (Gregor & Wheeler, 1994).

Das Iliotibiale Band-Syndrom (ITBS) machte 14,8 % der überlastungsbedingten Verletzungen bei Profiradfahrern aus und war die häufigste Knieverletzung mit 47,1 % (De Bernardo et al., 2012). Barrios et al. (1997) vermerkte, dass 3,8 % der überlastungsbedingten Verletzungen das ITBS bei Profiradfahrern betrafen. Clarsen et al. (2010) erwähnten hingegen ebenfalls bei Profiradfahrern keine ITBS-Beschwerden. Dieser Unterschied könnte auf falsche Diagnose und auf Unterschätzung dieses Beschwerdebildes unter Mannschaftärzten zurückzuführen sein (De Bernardo et al., 2012). 15 % aller überlastungsbedingter Schmerzen im Kniebereich wurden in einer Studie von RadfahrerInnen unterschiedlichen Niveaus vermerkt (Holmes et al., 1993).

In der **triathlonspezifischen** Literatur betreffen beim Radfahren im Zuge des gesamten Triathlontrainings die meisten Verletzungen das Knie, wovon hauptsächlich ein Iliotibiales Band-Syndrom oder ein anteriorer Knieschmerz vorliegen (Strock et al., 2006). Knieverletzungen waren mit jeweils 33,3 % bei den Langdistanz- als auch bei den Kurzdistanzathleten der britischen Nationalmannschaft auf das Radfahren zurückzuführen (Vleck et al., 2010). Bei den Elite-Athleten und Developmental-Athleten der Olympischen Distanz waren 75 % und 28,6 % der Knieverletzungen bedingt durch das Radfahren (Vleck & Garbutt, 1998). Collins et al. (1989) vermerkten, dass 28,6 % der Radfahrverletzungen das Knie betrafen bzw. 14,3 % der Knieverletzungen radbedingt waren. 22 % der Knieverletzungen waren es bei Clements et al. (1999) und 20 % bei Massimino et al. (1988).

Die Hauptüberlastungsverletzungen beim Knie stellen Entzündungen der Patella, patellofemorales Stresssyndrom und Iliotibiales Band-Syndrom (ITBS) dar. Diese drei Beschwerden treten auch beim Laufen auf (Clements et al., 1999). Das patellofemorale Stresssyndrom tritt häufiger bei Frauen auf. Grund dafür ist der größere Q-Winkel und die daraus resultierenden lateralen Verschiebungskräfte auf die Patella (Tuite, 2010).

90 % der TriathletInnen weisen eine geringe Radfahrerfahrung auf und scheinen besonders für das Fahren mit hohen Gängen, gesteigert durch die Menge an Bergauffahrten, anfällig zu sein. Vor allem TriathletInnen, die ihren Sporthintergrund beim Laufen haben, neigen dazu, eine niedrige Trittfrequenz und harte Gänge zu wählen. Das sogenannte „spinning“, das Fahren mit leichteren Gängen bei höherer Trittfrequenz, erzeugt geringere Kräfte und entlastet das Patellofemoralgelenk und den Quadrizeps. TriathletInnen fahren mit 50 - 80 RPM, während Top-RadfahrerInnen über 100 RPM (90 bis 120 RPM) anschlagen. Niedrige Trittfrequenzen fördern Überlastungsverletzungen, besonders bei anschließendem Lauf im Training oder Wettkampf (Cipriani et al., 1998; Strock et al., 2006).

4.3.4 Schmerzen im Genitalbereich

In diesem Kapitel wird auf das Auftreten von Beschwerden im Genitalbereich eingegangen. Da der Radsport einerseits vorwiegend von Männern ausgeführt wird und andererseits sich der Druck des Sattels auf deren Geschlechtsteil ungünstig auswirkt, wird auf die weiblichen Radfahrer in diesem Zusammenhang nachstehend kaum eingegangen. Außerdem findet sich kaum Literatur über Beschwerden im Genitalbereich bei Radfahrerinnen.

In der **disziplinspezifischen** Literatur tritt im Radsport immer wieder die Diskussion auf, ob Radfahren Impotenz verursacht oder nicht. Dies beschäftigt sowohl die Athleten als auch die WissenschaftlerInnen (Andersen & Bovim, 1997; Desai & Gingell, 1989; Silbert et al., 1991). Der Großteil der AutorInnen vertritt die Meinung, dass die Pundendalnerven vom Schambein durch das Nachvornekippen auf dem Radsattel zusammengedrückt werden (Desai & Gingell, 1989; Goodson, 1981). Verbleibende AutorInnen wie Andersen und Bovin (1997) behaupten, dass der Radsattel die Blutversorgung im und zum Penis verschlechtert. Der Blutfluss bzw. Druck im Penis kann mittels Spektroskopie (Gaskell, 1971), Doppler-Ultraschall (Lue et al., 1985) und Penissauerstoffpartialdruck (pO_2) in Verbindung mit einer modifizierten Eichelelektrode (Nayal et al., 1999) gemessen werden.

Die Impotenzprävalenz bei Amateur-Langstrecken-Radfahrern liegt bei 13,1 %, im Vergleich zu der Gruppe der „Nichtradler“ mit 3,9 % (Schwarzer et al., 1999). Es konnte gezeigt werden, dass die Peniskompression während des Radfahrens den Blutfluss im männlichen Geschlechtsorgan verringert (Nayal et al., 1999).

Die Studie von Schwarzer et al. (2002) sowie die von Sommer et al. (2001) verwendeten die gleiche Messmethodik und den gleichen Versuchsablauf. Es wurde jeweils der transkutane Penissauerstoffdruck (P_{tCO_2}) im Stehen als auch in sitzender Position am stationären Ergometer gemessen. Ebenfalls wurde das gleiche Messinstrument

(Eichelelektrode) zur Bestimmung des P_{tcO_2} verwendet. Schwarzer et al. (2002) untersuchten in diesem Zusammenhang zusätzlich die Auswirkung unterschiedlicher Sattelmodelle.

In der Studie von Schwarzer et al. (2002) wurden 20 junge, athletische Männer im Alter von 21 bis 31 Jahren herangezogen. Zielsetzung war es, den Einfluss von verschiedenen Sattelformen und -designs auf die Penisdurchblutung herauszufinden. Dazu wurde ein transkutanes Messgerät, welches den Sauerstoffdruck misst, verwendet. Dieses Messgerät ist besonders gut zur Bestimmung des transkutanen Sauerstoffdruck (P_{tcO_2})-Levels im Penis geeignet (Nayal et al., 1999).

Eine spezielle Elektrode wurde dabei an der Eichel des Penis angebracht. Zuerst wurde bei allen Männern der P_{tcO_2} im Stehen für 15 Minuten gemessen. Danach mussten die Probanden auf einem stationären Ergometer ein Protokoll fahren, in dem sie nach zwei Minuten 60 - 65 % ihrer maximalen Herzfrequenz (HFmax) erreichten und dieses Niveau konstant für 20 Minuten hielten. Währenddessen wurde ständig der P_{tcO_2} gemessen. Nach der Belastung wurde für weitere 15 Minuten der P_{tcO_2} bestimmt (Schwarzer et al., 2002).

Vier verschiedene Satteltypen wurden für die Untersuchung herangezogen. Die Probanden wurden in vier Gruppen zu je fünf Athleten eingeteilt. In einem wöchentlich wechselnden Intervall wurden die nachstehend beschriebenen und in Abbildung 26 gezeigten Modelle von den vier Gruppen getestet. Satteltyp A war ein schmaler Sattel mit stark gepolsterter Nase, Typ B ebenfalls ein schmaler Sattel mit mittlerer Polsterung und einer V-förmigen Rille in der Sattelnase, Typ C ein breiter ungepolsterter Ledersattel und Typ D war ein spezieller Damensattel mittlerer Polsterung, jedoch ohne Nase (Schwarzer et al., 2002).

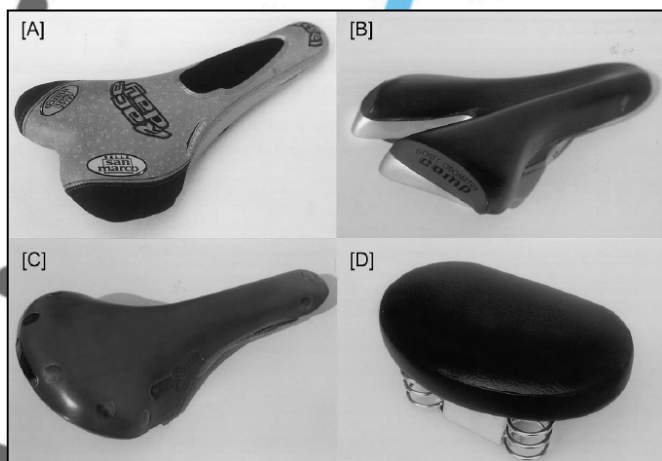


Abbildung 26: Unterschiedlich verwendete Sattelmodelle (Schwarzer et al., 2002, S. 141)

Wie in Tabelle 39 dargestellt, wurde während des Radfahrens ein signifikanter Abfall des Penissauerstoffdrucks ($p < 0,05$) bei allen vier Satteltypen beobachtet, jedoch waren die Unterschiede unerwartet. Mit Sattelform A wurde ein P_{tcO_2} von 11,8 mmHg gemessen und somit die größte Verringerung des Initialsauerstoffdrucks von 82,4 % festgestellt. Satteltyp D reduzierte den Initialsauerstoffdruck um 20,3 % auf 62,3 mmHg und erzielte das beste Ergebnis (Schwarzer et al., 2002).

Tabelle 39: Anfangs- und Endwerte des initialen Penissauerstoffdrucks der jeweils vier getesteten Satteltypen und deren jeweilige Veränderung in Prozent (Schwarzer et al., 2002, S. 142)

	Sattel A	Sattel B	Sattel C	Sattel D
Ø Initial- P _{tcO₂} (mmHg) ± SD	67,1 ± 13,8	75,4 ± 17,1	68,9 ± 18,1	78,3 ± 18,4
Ø P _{tcO₂} (mmHg) ± SD	11,8 ± 16,4	20,8 ± 19,5	25,3 ± 21,6	62,3 ± 20,1
P Wert	2,1 x 10 ⁻⁹	5,1 x 10 ⁻⁷	8,2 x 10 ⁻⁶	1,4x 10 ⁻²
Reduktion Anfangs- P _{tcO₂} (%)	82,4	72,4	63,6	20,3

Nach zehn Minuten Erholung im Stehen wurde bei allen Probanden wieder der Ausgangswert des Sauerstoffdrucks gemessen. Nayal et al. (1999) bewiesen, dass der Wechsel von einer sitzenden in eine stehende Position den Blutfluss im Penis wesentlich verbessert. Dies unterstützt wiederum die Hypothese, dass das Schambein während des Radfahrens die Penisarterien stark komprimiert.

Der entscheidende Faktor, um eine Verringerung der Penisdurchblutung zu vermeiden, ist nicht die Stärke und Art der Sattelpolsterung, sondern die Sattelbreite, welche unterstützend auf die Beckenknochen wirkt und somit eine Verringerung der Durchblutung verhindert. Außerdem verhindert die fehlende Nase bei Satteltyp D ein Einklemmen der Gefäße durch die Schambögen (Schwarzer et al., 2002).

Um präventiv gegen die Einklemmung der Gefäße vorzugehen, könnte die Sattelnase um einige Grade nach unten stehend montiert werden (McDonald, 1987; Solomon & Cappa, 1987). Des Weiteren sollten die Beine bei keiner Kurbelumdrehung komplett durchgestreckt und die Position auf dem Rad (Sitzen/Stehen) alle zehn Minuten gewechselt werden. Schwere bzw. gewichtige Radfahrer neigen wiederum vermehrt dazu, Verletzungen im Genitalbereich zu erleiden (Sommer et al., 2001). Da Radfahren hauptsächlich in sitzender Position ausgeführt wird, ist das Hauptaugenmerk darauf zu legen, ein ergonomisch geformtes Satteldesign zu finden, welches bestmöglich die Verringerung der Penisdurchblutung verhindert (Schwarzer et al., 2002; Sommer et al., 2001).

In einem weiteren Interview wurden 100 männliche Radfahrer, deren wöchentliches Trainingspensum über 400 Kilometer lag, über deren Trainingshäufigkeit, deren Anzahl an Langstreckenwettkämpfe über 100 Kilometer und über jegliche auftretende Symptome im Bereich des Genitalbereichs, wie Taubheit oder erektiler Dysfunktion, befragt. 61 % der Probanden verspürten eine Taubheit, welche mehrere Tage, in einigen Fällen auch Wochen nach Langstreckenwettkämpfen anhielt. 34 % der Radfahrer klagten lediglich über Symptome im Penis, 3 % hatten scrotale Taubheit und 31 % berichteten über beide Beschwerdebilder. 24 % der Männer klagten über erektile Dysfunktion nach Langdistanzwettkämpfen und 19 % bei Trainingsumfängen über 400 Kilometer. Es gab keinen Fall von erektiler Dysfunktion, welche nicht in Verbindung mit Taubheit auftrat. Aber es gab auch einige Fahrer, die an Taubheit im Genitalbereich litten, jedoch keine erektile Dysfunktion hatten (Sommer et al., 2001).

Definitive Informationen in Verbindung mit Prävention oder Behandlung von Impotenz, verursacht durch Radfahren, sind jedoch nicht vorhanden. Der Mechanismus der Impotenz

in Verbindung mit Kompression der Blutgefäße bzw. der Nerven ist noch nicht eindeutig geklärt (Sommer et al., 2001; Weiss, 1994). Es wurde gezeigt, dass der Penissauerstoffdruck in sitzender Radposition stark abnimmt. In Studien wurde gezeigt, dass das Auftreten der Impotenz mit dem Radfahren positiv korreliert (Andersen & Bovim, 1997; Desai & Gingell, 1989; Solomon & Cappa, 1987).

Die Erektion ist ein komplexer, neurovaskulärer Mechanismus, unter Einbezug sympathischer und parasympathischer Aktivitäten (Andersson & Wagner, 1995; Bloch et al., 1998). Arterielle Insuffizienz stellt einen weiteren möglichen Mechanismus von Impotenz bei Radfahrern dar. Permanente Kompression des Penis könnte eine Blutgefäßveränderung mit sich bringen. Diese Veränderungen können die vaskuläre Impotenz verursachen (Nayal et al., 1999).

In einer Studie über Impotenz und Nerveinklemmung im Zuge eines 540 km langen norwegischen Touring Radrennens berichteten 35 (22 %) der 160 männlichen Probanden Symptome/Beschwerden im Genitalbereich, 33 (21 %) verspürten Taubheit im Penis nach der Tour und 21 (13 %) Fahrer klagten über Impotenz. Sowohl Taubheit im Genitalbereich als auch Impotenz korrelierten mit auftretender Schwäche in den Händen nach der Fahrt. Ein Schwächegefühl in den Händen gaben 32 (19 %) der 169 (160 Männer und 9 Frauen) befragten ProbandInnen an. Keine der neun teilgenommenen Frauen vermerkten Beschwerden im Genitalbereich (Andersen & Bovim, 1997).

Bei 11 (7 %) Probanden hielt die Impotenz länger als eine Woche an. Die Impotenz erstreckte sich meist über einen längeren Zeitraum als die Taubheit im Genitalbereich. Die Zeitspanne der Impotenz dauerte mit acht Monaten im Vergleich zu zwei Monaten der Taubheit doch sehr lang. Nur zwei Männer berichteten über Impotenz ohne Taubheitsgefühl im Genitalbereich, im Vergleich zu 14 mit Taubheitsgefühl jedoch ohne Symptome der Impotenz. Die Probanden klagten wesentlich später über Impotenz als über Taubheit in den Händen, die während der Tour bereits auftrat. Kein Teilnehmer vermerkte Probleme im Genitalbereich während der ersten 150 bis 200 km der Tour (Andersen & Bovim, 1997). Anzumerken ist, dass die Amateurradfahrer für diese Tour im Durchschnitt 16 bis 17 Stunden benötigten. Vergleichsergebnisse von professionellen Radfahrern wären dazu sehr interessant.

Die Beziehung zwischen der Erfahrung mit Impotenz und der Beteiligung an der 500 km-Tour zeigten, dass ein lang anhaltender Druck von ein bis zwei Tagen nötig ist, um die Symptome auszulösen. Eine Kombination aus arterieller Insuffizienz und ischämischer Neuropathie stellt einen weiteren pathophysiologischen Mechanismus dar. Die arterielle Anbindung zum Penis kommt durch den Pundental(Scham)nerv, welcher ebenfalls durch den Pundental(Scham)kanal führt. Die arterielle Blockierung steht bilateral zum Einfluss des intrakavernösen Druckes (Aboseif et al., 1989). Von 20 Männern, die an einer 100 Meilen Radausfahrt teilnahmen, vermerkten elf während oder nach der Fahrt sowie von einer vorherigen Radtour einen tauben Penis anhaltend von einigen Minuten bis zu zwei Tagen. Die Symptome traten meist nach 40 oder mehr Meilen auf (Bond, 1975 zit. n. Andersen & Bovim, 1997, S. 237).

Das Körpergewicht und die durch den Antrieb erzeugten Kräfte werden beim Radfahren über wenige Punkte (Füße, Hände und Sitzbeinhöcker) übertragen. Über die Jahre wurden eine Vielzahl an Informationen über das individuelle System Radfahrer/Radfahrerin und Fahrrad gesammelt und diese kommen sowohl bei Elite- als auch AmateurfahrerInnen zur Anwendung (Andersen & Bovim, 1997; Burke, 1994; Mellion, 1994). Weniger als ein Drittel des Körpergewichtes sollte vom Lenkervorbau getragen werden (Gardiner, 1975). Korrekturen von niedrigen Lenkern und zu hohen Sattelhöhen, das Ausrichten der Sattelspitze in eine horizontalere Position und das Anpassen des Satteldesigns an den jeweiligen Fahrer/der jeweiligen Fahrerin stellen meist die besten präventiven Maßnahmen dar (McDonald, 1987; Silbert et al., 1991; Solomon & Cappa, 1987; Weiss, 1985). Ein ständiges Wechseln der Handposition, der Wechsel zwischen sitzender und stehender Position sowie regelmäßig eingeplante Pausen schaffen die beste Abhilfe zur Vermeidung der genannten Beschwerden (Andersen & Bovim, 1997).

Die Zahl der Fälle von Impotenz, Taubheit im Penis, Handschwäche und sensomotorischen Symptomen in den Fingern sind im Radsport häufiger verbreitet als angenommen. Sowohl bei ElitesportlerInnen als auch bei BeginnerInnen. Veränderungen der Hand- bzw. Sitzposition könnte dazu beitragen, chronische Nervenschäden dieser Systeme zu verhindern.

In der **triathlonspezifischen** Literatur sind keine Angaben zu Beschwerden im Genitalbereich bei AthletInnen zu finden. Aufgrund der geringen Unterschiede im Radmaterialektor und des hohen zeitlichen Anteils des Radtrainings am Gesamttraining dürften die gleichen Beschwerdebilder wie bei den EinzelsportlerInnen vorliegen.

4.4 Laufen

Laufen erfreut sich als Sport großer Beliebtheit. Diese Sportart bringt jedoch auch ein gewisses Verletzungsrisiko mit sich. Vor allem während der Sprung- und Landephase kommt es aufgrund einer erheblichen Schockwellenbelastung zu vermehrten Beanspruchungen und Pathologien der unteren Extremitäten und des Lendenbereichs.

In der **disziplinspezifischen** Literatur heißt es in einem Überblicksartikel, dass sich 24 - 65 % der LäuferInnen jährlich bei dieser Sportart verletzen (Macera et al., 1989). Epidemiologischen Untersuchungen zufolge sind meist die Achillessehne, die untere Lendenwirbelsäule, die Plantaraponeurose, die vordere Schienbeinkante und vor allem die Knieregion davon betroffen (Mayer et al., 2001).

In der retrospektiven Studie von Taunton et al. (2002) über Laufverletzungen und deren Risikofaktoren wurden 2002 PatientInnen mit Laufverletzungen im Zeitraum von 1998 bis 2000 am Allan McGavin Sports Medicine Centre (AMSMC) der University of British Columbia untersucht. Der Anteil der verletzten Frauen und der Männer war mit 54% und 46% ausgeglichen. In nachstehender Tabelle 40 werden die von Laufverletzungen am häufigsten betroffenen Körperbereiche aufgelistet. Die Anzahl der Verletzungen je

Körperbereich werden in absoluten und relativen Werten, bezogen auf die Anzahl der gesamten Verletzungen, angegeben.

Tabelle 40: Anzahl der ermittelten Laufverletzungen nach betroffenen Körperregionen (Taunton et al., 2002, S. 96)

Verletzungsregion	N	%
Knie	842	42,1
Fuß/Knöchel	338	16,9
Unterschenkel	257	12,8
Hüfte/Becken	218	10,9
Achillessehne/Wade	129	6,4
Oberschenkel	105	5,2
Unterer Rücken	69	3,4
Andere	44	2,2
Gesamt	2002	100

In Tabelle 41 wird die Anzahl der ProbandInnen der am häufigsten auftretenden Laufverletzungen in absolute und relative Werte aufgelistet. Die häufigsten Überlastungsverletzungen stellten die Knieverletzungen Patellofemorales Schmerzsyndrom (PFSS) und Iliotibiales Band-Syndrom (ITBS) bei 329 der PatientInnen (16,4 %) bzw. 164 der PatientInnen (8,2 %) dar. Plantar fasciitis trat bei 159 (7,9 %), Tibiales Stresssyndrom bei 146 (7,3 %), Meniskusverletzungen bzw. Achillessehne-Tendinopathie bei jeweils 97 (4,8 %) und Patella-Tendinopathie bei je 85 (4,2 %) ProbandInnen auf (Taunton et al., 2002).

Tabelle 41: Häufige Laufverletzungen angegeben in absolute und relative Werte der Anzahl an ProbandInnen (N = 2002) (Taunton et al., 2002, S. 98)

Verletzung n (%)							
PFSS	ITBS	Plantar fasciitis	Tibiales Stresssyndrom*	Meniskus	Achilles-Tendinopathie	Patella-Tendinopathie	Andere
329 (16)	164 (8)	159 (8)	146 (7)	97 (5)	97 (5)	85 (4)	925 (46)

* inkl. tibiale Stressfrakturen (n=54)

Des Weiteren werden diese Verletzungen (PFSS, ITBS etc.) mit den biomechanischen Faktoren (Varus-Stellung, Valgus-Stellung), die häufig bei deren Auftreten vermerkt wurden, in Tabelle 42 ergänzt. Die biomechanischen Faktoren werden ebenfalls in Bezug zur jeweiligen Laufverletzung in absolute und relative Werte angeführt. Die Summe der biomechanischen Faktoren übersteigt die angeführte Gesamtsumme der jeweiligen Verletzungen, da ein Proband, eine Probandin mehrere anatomische Auffälligkeiten aufweisen kann.

Tabelle 42: Biomechanische Variablen von häufigen Laufverletzungen angegeben in absolute und relative Werte der Anzahl an ProbandInnen (N=2002) (Taunton et al., 2002, S. 98)

Biomechanische Variablen	Verletzung N (%)						
	PFSS ¹	ITBS ²	Plantar fasciitis ³	Tibiales Stress-syndrom ^{4,*}	Meniskus ⁵	Achilles-Tendinopathie ⁶	Patella-Tendinopathie ⁷
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Varus-Stellung	106 (32)	54 (33)	28 (18)	43 (29)	28 (29)	28 (28)	19 (22)
Valgus-Stellung	95 (29)	25 (15)	25 (16)	25 (17)	19 (20)	11 (11)	23 (27)
Pes planus	58 (18)	25 (15)	19 (12)	23 (16)	8 (8)	17 (13)	21 (25)
Pes cavus	17 (5)	12 (7)	11 (7)	5 (3)	6 (6)	6 (6)	3 (4)
Patella-Fehlstellung	62 (19)	13 (8)	6 (4)	6 (4)	2 (2)	2 (2)	4 (5)
Großer Q-Winkel	21 (6)	3 (2)	1 (0.6)	2 (1)	0 (0)	0 (0)	5 (6)
Beinlängen-differenz	13 (4)	17 (10)	12 (8)	3 (2)	2 (2)	5 (5)	5 (60)

* inkl. tibiale Stressfrakturen (n=54); Anzahl ProbandInnen je Verletzung (Mehrfachnennungen möglich): 1 = 329, 2 = 164, 3 = 159, 4 = 146, 5 = 97, 6 = 97, 7 = 85

Laufverletzungen entstehen aufgrund extrinsischer Faktoren wie Trainingsfehler und inadäquatem Schuhwerk. Fehlstellungen, schlechte Flexibilität und alte Verletzungen werden bei den intrinsischen Faktoren erwähnt (Macera, 1992; Mayer et al., 2001).

Ungenügende Schockabsorption auf hartem Untergrund und Beinachsfehlstellungen sind ebenfalls häufig auslösende Ursachen von Laufbeschwerden (Clement et al., 1981; D. N. Cowan et al., 1996; Macera, 1992; Ross, 1993). Daher wird empfohlen, auf möglichst weichem Untergrund mit gut gedämpften Schuhen zu laufen. Unebene und unruhige Laufuntergründe gewannen dadurch an Beliebtheit. Der höhere Abstand zwischen Ferse und Boden im Schuh aufgrund der Dämpfungselemente verursacht jedoch längere Hebel und kann zusammen mit dem unruhigen Laufuntergrund vor allem für Achillessehnenbeschwerden verantwortlich sein (Mayer 2001).

Weiter sind Defizite im Bereich der LWS- und hüftübergreifenden Muskulatur prädisponierend für Laufbeschwerden, weshalb eine entsprechende funktionelle Kräftigung als sinnvoll und notwendig erachtet wird (Ogon et al., 1999; Schache et al., 1999). Zudem können Fehler in der Trainingssteuerung, wie die richtige Dosierung der Trainingsinhalte, eine entscheidende Rolle spielen (Brill & Macera, 1995; Macera et al., 1989; Macera, 1992; McCrory et al., 1999). Trainingsumfänge von über 32 km Laufen pro Woche erhöhen das Verletzungsrisiko (Macera et al., 1989; Macera, 1992; Walter et al., 1989). Hingegen erhöhen Laufgeschwindigkeit (Macera, 1992; Walter et al., 1989), Bergläufe, verschiedene Untergründe und Tempoläufe das Verletzungsrisiko nicht (Jacobs & Berson, 1986; Jones et al., 1993; Macera, 1992; Walter et al., 1989).

Eine starke Überpronation und eine veränderte Funktion der subtalaren Gelenksregion mit konsekutiver Innenrotation der Tibia werden ebenfalls häufig als Verletzungsursache angeführt (Clement et al., 1984; Hintermann & Nigg, 1998). In diesem Zusammenhang ist interessant, dass einige LäuferInnen bei starker Überpronation bzw. hoher Pronationsgeschwindigkeit keine Beschwerden entwickeln, andere hingegen bereits bei geringer Pronation (Hintermann & Nigg, 1998).

Die Laufökonomie ist als Rate des Sauerstoffverbrauchs pro Einheit Körpergewicht zur Aufrechterhaltung einer konstanten Geschwindigkeit definiert (Cavanagh & Kram, 1985; Daniels et al., 1978; Williams & Cavanagh, 1987).

Zwei Variablen beeinflussen die Laufökonomie: Einerseits die mechanischen Vorteile der Muskelkraftproduktion (Kraft-Längen-Geschwindigkeitsbeziehung und die Aktivierung der Muskeln beim Laufen) (Martin & Morgan, 1992). Andererseits spielt die Flexibilität der Sehnen und der Aponeurosen eine Rolle (Bobbert, 2001; Hof et al., 2002; Roberts, 2002). Eine bessere Nachgiebigkeit ermöglicht eine Kontraktion der Muskelfasern bei niedrigeren Verkürzungsgeschwindigkeiten (Ettema et al., 1990; Ettema et al., 1990b), und aufgrund der Kraft-Geschwindigkeitsbeziehung wird eine Erhöhung des Krafterzeugungspotentials erreicht (Bobbert, 2001; Hof et al., 1983; Hof et al., 2002). Zusätzlich kann die Dehnungsenergie bei verlängerter Muskel-Sehnen-Einheit (MTU) unabhängig von Stoffwechselprozessen gespeichert werden (Roberts, 2002).

In der **triathlonspezifischen** Literatur wird das Laufen meist als der wichtigste und rennentscheidende Abschnitt eines Triathlons bezeichnet, und ein erfolgreiches Absolvieren hängt von einer guten Laufleistung ab (Strock et al., 2006; Vleck et al., 2006). Das Laufteilstück stellt auch meist den physiologisch anstrengendsten Rennabschnitt dar, in welchem die meisten Überlastungsverletzungen auftreten (Burns et al., 2003; Clements et al., 1999; Egermann et al., 2003; Korkia et al., 1994; Massimino et al., 1988; Vleck & Garbutt, 1998; Wilk et al., 1995; Williams et al., 1988). Dies ist auf die hohen einwirkenden Kräfte auf Beine und Füße während des Auftretens (impact forces) beim Laufen zurückzuführen (Cipriani et al., 1998).

In der triathlonspezifischen Literatur werden Werte für das Auftreten von Verletzungen beim Laufen, die in Tabelle 9 zusammengefasst sind, von 33,7 % (Egermann et al., 2003) bis 72,5 % (Galera et al., 2012) angeführt. Diese Werte beziehen sich je nach Studie auf die Anzahl der Gesamtverletzungen oder der ProbandInnen. Ungefähr 70 % der während des Trainings und des Wettkampfs auftretenden Verletzungen im Triathlon ereignen sich während des Laufens (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989). Collins et al. (1989) berichten sogar, dass alle Stressfrakturen, Plantar fasciitis, Knöchel- und Wadenverletzungen bei TriathletInnen in Verbindung mit dem Laufen stehen.

Mehr als ein Drittel aller Laufverletzungen im Triathlon betreffen das Knie (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Strock et al., 2006). Fuß- und Sprunggelenksverletzungen sind ebenfalls eine häufige Form von Laufverletzungen und machen 15 - 25 % aller Laufverletzungen bei TriathletInnen aus. 10 - 20 % aller Verletzungen bei TriathletInnen

entfallen auf Oberschenkel, Hüfte und Leistenregion und sind meist auf das Lauftraining zurückzuführen (Burns et al., 2003; Korkia et al., 1994; Strock et al., 2006). Stressfrakturen des proximalen Femurs sind ein häufiges Problem bei TriathletInnen und treten entlang des medialen konkaven Abschnittes des Oberschenkelknochens in der Region des Trochanter minor auf. Weitere häufige Beschwerden wie patellafemorale Schmerzen, ITBS, Schienbeinkantensyndrom, Stressfrakturen sowie Achillodynie sind das Resultat einer Vielzahl von Faktoren wie vor allem Training, Biomechanik und verwendete Laufschuhe (Cipriani et al., 1998).

Wettkämpfe bzw. Trainingseinheiten (Koppeltraining) von Radfahren mit Laufen verursachen 5 - 10 % aller Verletzungen (Ireland & Micheli, 1987; Migliorini, 1991). Aufgrund der Stressauswirkungen der zwei vorangegangenen Disziplinen sind die TriathletInnen beim Laufen bereits physisch sowie psychisch vorbelastet. Somit besteht eine wesentlich höhere Verletzungswahrscheinlichkeit während längerer Wettkämpfe und Trainingseinheiten (McHardy et al., 2006). Bei kürzeren Events ist das Auftreten von Laufverletzungen bei TriathletInnen ähnlich jenen von Nicht-TriathletInnen/„reinen“ LäuferInnen (Cipriani et al., 1998).

Laufverletzungen beim Triathlon sind aufgrund der einzigartigen Challenge (Schwimmen, Rad-Lauf-Wechsel und unterschiedliche Muskelaktivierungen) deutlich häufiger als bei den Einzeldisziplinen (Hausswirth & Brisswalter, 2008). Laufverletzungen zwingen 70 % der LäuferInnen zu einer Trainingspause von über einer Woche (Hreljac, 2004). 78 % der verletzten TriathletInnen identifizieren Laufverletzungen als die Hauptursache für Trainingspausen (Korkia et al., 1994).

Nach vorangegangenem Radfahren kann die Muskelermüdung der unteren Extremitäten zu einer Abnahme der Muskelkontraktionsgeschwindigkeit und der Maximalkraft der einzelnen Muskelfasern führen. Besonders betroffen sind die Plantar- und Hüftbeuger. Die Ansammlung von Laktat in der durch das Radfahren einseitig vorbelasteten Muskulatur führt zu verminderter Leistungsfähigkeit beim Laufen. Das Ergebnis ist eine stark verkürzte Schrittlänge, welche sich negativ auf das Lauftempo auswirkt und ein subjektives Gefühl eines härteren Laufs vermittelt (Hausswirth et al., 1997).

In Tabelle 43 wird die Anzahl an verletzten und unverletzten TriathletInnen nach den durchschnittlich zurückgelegten Laufkilometern pro Woche angeführt. Zwei Drittel der 257 TriathletInnen, die beim Seafair Triathlon 1986 in Seattle mittels Fragebogen über das vorangehende Jahr befragt wurden, laufen zwischen zehn und 29 Meilen in der Woche. In diesem Bereich sind auch die höchsten Verletzungsprävalenzen zu finden.

Tabelle 43: Absolute und relative Verteilung von verletzten und unverletzten TriathletInnen (N = 257) nach durchschnittlich absolvierter Laufdistanz pro Woche (Collins et al., 1989, S. 677)

Meilen/Woche	N	mit Laufverletzung	mit anderer Verletzung	ohne Verletzung
		n (%)	n (%)	n (%)
0-9	22	8 (36)	1 (4)	13 (60)
10-19	81	23 (28)	13 (16)	45 (56)
20-29	90	36 (40)	16 (18)	38 (42)
30-39	34	10 (29)	5 (15)	19 (56)
40-49	21	9 (43)	1 (5)	11 (52)
50-59	6	3 (50)	0	3 (50)
≥60	3	1 (33)	0	2 (66)

In Tabelle 44 werden die Laufverletzungen nach den betroffenen Körperbereichen aufgelistet. Das Knie und die Achillessehne stellen dabei die am häufigsten in Mitleidenschaft gezogenen Körperareale dar. Die Achillessehnenverletzungen machen 10 % aller Verletzungen bzw. 13 % der Laufverletzungen aus und sind mit knapp 90 % rein auf das Laufen zurückzuführen.

Tabelle 44: Absolute und relative Verteilung von Laufverletzungen nach betroffenen Körperregionen (Collins et al., 1989, S. 677)

Verletzte Körperbereiche	GV		LV		Anteil (%) LV an GV
	N	%	N	%	
Knie	42	25	33	28	79
Schulter	23	14	1	1	4
Achillessehne	17	10	15	13	88
Sprunggelenk	11	7	11	9	100
Wade	11	7	11	9	100
Plantar fasciitis	10	6	10	8	100
Stressfraktur	9	5	9	8	100
Wade	9	5	6	5	67
Unterer Rücken	7	4	4	3	57
Hüfte	6	4	6	5	100
ITBS	5	3	5	4	100
Leiste	4	2	4	3	100
„Hamstrings“	3	2	2	2	67
Oberschenkel	2	1	0	0	0
Andere	8	5	1	1	13
Gesamt	167	100	118	100	

GV = gesamte Verletzungen (Schwimmen, Radfahren, Laufen, Andere); LV = Laufverletzungen

Die meisten TriathletInnen trainieren mehr als nur eine Disziplin am Tag. Daher sollten auch die anderen beiden Disziplinen in Zusammenhang mit den Laufverletzungen berücksichtigt werden (Wilk et al., 1995). Das Knie und der untere Rücken stellen sowohl beim Radfahren als auch beim Laufen Risikobereiche dar. Jedoch wurde keine Beziehung zwischen der Anzahl an Verletzungen und den Jahren an Triathlon- oder Lauferfahrung gefunden (Vleck & Garbutt, 1998; Wilk et al., 1995), was den Studien von Korkia et al. (1994) und Williams et al. (1988) widerspricht. Ebenfalls konnte der Einfluss des Faktors

Anzahl an Trainingseinheiten im Hinblick auf die Erhöhung von Überlastungsverletzungen beim Laufen nachgewiesen werden. Des Weiteren erhöhen die zurückgelegten Distanzen in den beiden anderen Disziplinen das Risiko für Laufverletzungen (Vleck & Garbutt, 1998).

Die Verletzungen der TriathletInnen können häufig aus biomechanischer Sicht erklärt werden. Meist ist dabei die schlechte Beweglichkeit der Fuß-, Hüft-, Knie-, Becken- und Lendenmuskulatur ausschlaggebend. Eine Erhöhung des Lauf tempos sowie die vermehrte Anzahl an Bergab-Passagen können das Auftreten von Fußverletzungen fördern. Ebenso können eine zu schnelle Zunahme des Trainingsvolumens und der -intensität, falsche Planung der Trainingseinheiten sowie verkürzte Regenerationszeiten Verletzungen begünstigen (Cipriani et al., 1998).

Laut Burns et al. (2003) stellt der Fußtyp wie z. B. ein Senk-Spreizfuß einen hohen Risikofaktor für Laufverletzungen dar. TriathletInnen mit supinierter Fußstellung hatten ein vierfach höheres Verletzungsrisiko während der Wettkampfsaison. Anhand des Fußtyps sollte die Wahl des Laufschuhs erfolgen. Sofern es nötig ist, sollten auch bei medizinischer Indikation Einlagen verwendet werden. Die Einlagen werden so in den Schuhen platziert, dass sie das Bewegungsmuster der Unterschenkel durch eine Kombination aus mechanischer Steuerung und Biofeedback beeinflussen (Asplund & Brown, 2005).

Ein langer Gebrauch des Laufschuhs erhöht das Verletzungsrisiko. Die meisten Laufschuhe verlieren nach etwa 250 gelaufenen Meilen 30 - 50 % ihrer Dämpfungsleistung (Asplund & Brown, 2005). Eine andere Studie zeigt, dass sich die Schockabsorption der Schuhe nach 400 bis 800 Kilometer um etwa 60 % verringert (Cipriani et al., 1998). Infolge dessen sollten die Laufschuhe alle 400 bis 600 Meilen bzw. alle sechs Monate erneuert werden. Es empfiehlt sich, auch während des Trainings verschiedenen Laufschuhe zu verwenden (Asplund & Brown, 2005).

Migliorini (2000) führte die Hauptursachen der Laufverletzungen bei TriathletInnen auf die Faktoren Trainingsfehler, anatomische Gegebenheiten, Biomechanik der drei einzelnen Disziplinen, Trainingsuntergrund, verwendete Laufschuhe und auf die Wechselzone zurück. Im Speziellen nannte er folgende intrinsische und extrinsische Faktoren:

Intrinsische Faktoren:

- Starke Pronation
- Hohlfuß mit verminderter Pronation
- Schlechter bzw. falscher Laufstil (z. B. Vorfußlauf)
- Asymmetrie der Unterschenkel
- Hypermobilität der Gelenke

Extrinsische Faktoren:

- Kälte, Wind und Regen
- Eis, Schnee und Straßenglätte
- Alte oder ebenfalls sehr neue Schuhe
- Beschaffenheit des Untergrundes
- Intensives Training
- Schlechtes Aufwärmen
- Zu wenig Stretching (Bewegungseinschränkung)

In der retro- und prospektiven Studie von Burns et al. (2003) wurden die Verletzungen von 131 TriathletInnen während der Vorbereitungs- und Wettkampfsaison vermerkt. 50,4 % bzw. 37,5 % der TriathletInnen erlitten in der sechsmonatigen Vorbereitungs- und zehnwöchigen Wettkampfphase eine Verletzung, wovon 75 % bzw. 72 % der Verletzungen die unteren Extremitäten betrafen. 68 % bzw. 78 % der Verletzungen in der Vorbereitungs- bzw. Wettkampfsaison waren überlastungsbedingt, 72 % davon waren jeweils auf das Laufen zurückzuführen. Jahrelange Triathlonerfahrung stellte sich als der wichtigste Faktor für Verletzungen in der Vorsaison heraus. Eine Vorgeschichte von Verletzungen und eine hohe Laufleistung erhöhten das Verletzungsrisiko in der Wettkampfsaison. Die in der nachstehenden Abbildung 27 angeführten Werte für die betroffenen Bereiche der unteren Extremitäten beziehen sich hauptsächlich auf Laufverletzungen in der Vorbereitungs- und Wettkampfphase.

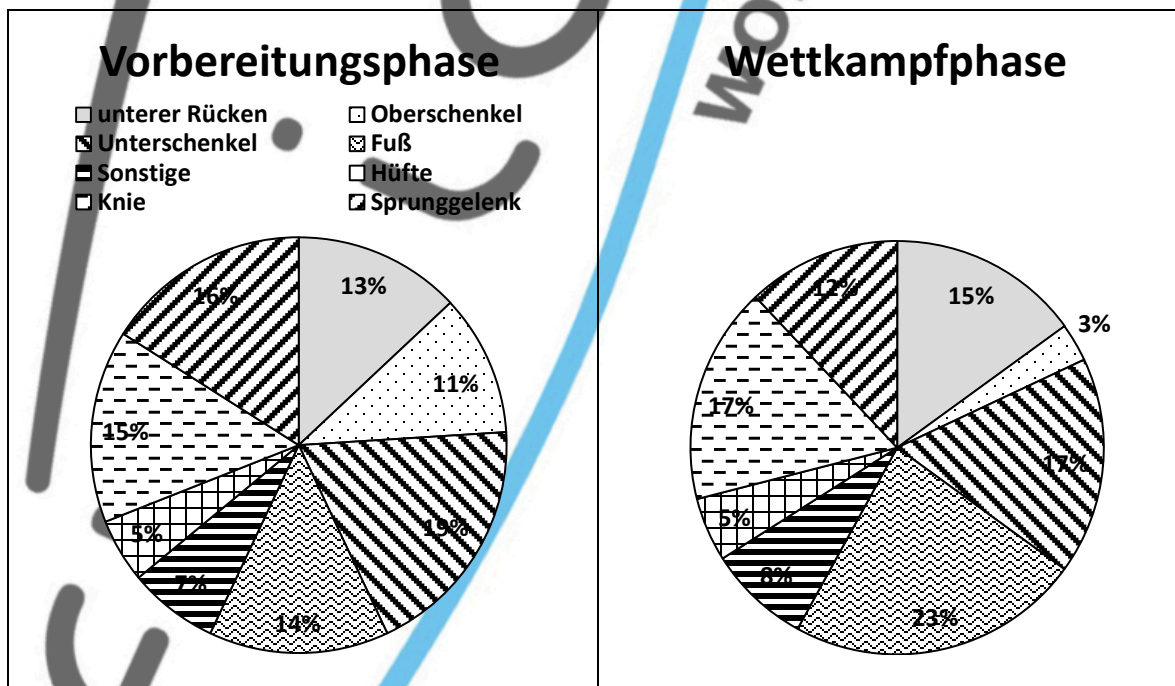


Abbildung 27: Verteilung der betroffenen Körperbereiche in der Vorbereitungs- (N=95) und Wettkampfphase (N=60) bei TriathletInnen (Burns et al., 2003, S. 185)

Nachstehend werden jeweils die häufigsten Beschwerdebilder beim Laufen, sowohl bei den EinzelsportlerInnen als auch bei den TriathletInnen, beschrieben. Aufgrund der geringen Relevanz werden Hüftbeschwerden und Stressfrakturen nur zu Beginn kurz erwähnt.

Das häufigste Beschwerdebild der Hüfte stellt die Bursitis trochanterica dar (Paluska, 2005). Die Symptome sind permanenter Schmerz, der sich beim Liegen auf der affektierten Seite verschlechtert. Ebenso nehmen die Beschwerden während des Laufens, langem Stehen oder Sitzen zu. Die Therapie erfolgt in erster Linie konservativ mit entzündungshemmenden Medikamenten (Williams & Cohen, 2009).

Die bekannteste Stressfraktur ist die Marschfraktur und betrifft das Metatarsale 2 und 3. Tibia- und Femurkopffrakturen sind schwerwiegend, jedoch bei den AthletInnen selten zu finden (Bennell et al., 1996).

4.4.1 Achillodynie

Die Achillessehne stellt die stärkste Sehne des menschlichen Körpers dar und wird durch die Sehnen des M. gastrocnemius und des M. soleus gebildet. Achillodynie ist eine Entzündung der Achillessehne und eine sehr häufige Ursache von Schmerzen im Bereich des Fersenbeins, insbesondere bei Überbeanspruchung der Wadenmuskulatur bei AusdauersportlerInnen wie LäuferInnen und TriathletInnen. In einigen Fällen von Schmerzen am Fersenbein ist auch die Bursa retroachilles calcaneal, welche sich zwischen der Sehne und dem Fersenbein befindet, betroffen und entzündet (Aldridge, 2004).

Achillodynie wird bei 5 - 27 % der LäuferInnen und TriathletInnen, die an Überlastungsverletzungen der unteren Extremität leiden, diagnostiziert (Clement et al., 1984; Cook & Bruce, 2002; Egermann et al., 2003; Kongsgaard et al., 2005; Kujala et al., 2005; Munteanu & Barton, 2011; Sandmeier & Renstrom, 1997; Smart et al., 1980; Taunton et al., 2002; Van Ginckel et al., 2009).

Häufige, in der **disziplinspezifischen** Literatur angeführte Risikofaktoren für eine Tendopathie der Achillessehne sind schlechtes Schuhwerk (Clement et al., 1984; Kvist, 1994; Maffulli & Kader, 2002), vorangegangene Verletzungen (Kujala et al., 2005; Maffulli & Kader, 2002) und die Verwendung bestimmter Medikamente wie Fluorchinolone (van der Linden et al., 2003). Trainingsfehler wie zu viel Laufen auf hartem und unebenem Untergrund sowie Veränderungen des Trainingsmusters wie zu hohe und/oder abrupt ansteigende Umfänge und Intensitäten gelten als die Hauptfaktoren für Achillessehnenprobleme.

Des Weiteren erhöhen das Alter (Taunton et al., 2002) bereits bestehende Sehnenanomalien (Fredberg & Bolvig, 2002), abnormale Biomechanik der unteren Extremitäten wie eine übermäßige Pronationsstellung (Clement et al., 1984; Kvist, 1994; Maffulli & Kader, 2002; Munteanu & Barton, 2011; Rees et al., 2006), veränderte Muskelfunktion der unteren Extremitäten und ein eventueller Mangel an Flexibilität (Arndt

et al., 1998; Casparian et al., 2000; Maffulli & Kader, 2002; McCrory et al., 1999; Rees et al., 2006; West & Gow, 1998; Williams et al., 2008) das Risiko für Achillessehnenbeschwerden.

Exzessive Belastung der Achillessehne durch intensives, physisches Training gilt demnach als Hauptursache für Achillodynie. Beim Laufen wirken zum Beispiel Kräfte, die dem Sechs- bis Zwölfwachen des eigenen Körpergewichts entsprechen, auf die Achillessehne ein (Komi et al., 1992; Maffulli & Kader, 2002; Scott & Winter, 1990). LäuferInnen weisen aufgrund der stark erhöhten Belastungskräfte eine deutlich größere Querschnittsfläche der Achillessehne im Vergleich zu Nicht-LäuferInnen auf (Magnusson & Kjaer, 2003; Rosager et al., 2002). Dies bekräftigt ebenfalls die Hypothese, dass ein langer Dauerlauf (36 km) eine erhöhte Kollagensynthese bedingt, die zu strukturellen Unterschieden führt (Langberg et al., 1999).

Die beiden am häufigsten beschriebenen biomechanischen Faktoren in Verbindung mit einer Tendopathie der Achillessehne sind übermäßige Pronations- und Varusstellung des Fußes (Kvist, 1994; Maffulli & Kader, 2002). Laut Clement et al. (1984) kann eine Überpronation über zwei Mechanismen Achillodynie auslösen. Einerseits verursacht sie eine vermehrte Eversion der Ferse und erhöht dadurch die einwirkenden Kräfte auf die Achillessehne mit möglichen resultierenden Mikrorissen. Andererseits bewirkt eine übermäßige Pronation asynchrone Bewegungen zwischen Knöchel und Fuß während der Standphase. Der resultierende „wringing effect“ kann zu späteren Auswirkungen in Form einer Gefäßfunktionsstörung innerhalb der Achillessehne führen.

Des Weiteren wird angenommen, dass dadurch erhöhte Zugspannung in der Sehne entsteht und folglich zu degenerativen Veränderungen beiträgt (Maffulli & Kader, 2002; Williams et al., 2008). Taunton et al. (2002) vermerkte, dass eine Varusstellung in 28 % der Fälle bei LäuferInnen mit Achillodynie festgestellt wurde.

Dysfunktionen des M. triceps surae, erhöhte Beweglichkeit im Fersenbereich, verringerte Dorsalflexionsgeschwindigkeit des Sprunggelenks und reduzierte Kniebeugung während des Laufens/Gehens wurde bei AthletInnen, die an Achilles Tendinitis leiden, diagnostiziert (Maffulli & Kader, 2002; Munteanu & Barton, 2011).

Andere Risikofaktoren in Bezug auf degenerative Achillessehnenveränderungen wurden bei der Verabreichung von Chinolon-Antibiotika beobachtet. Ähnliche Probleme traten bei gleichzeitiger oraler Anwendung von Kortikosteroiden und bei lokalen Injektionen auf (Carr & Norris, 1989; McGarvey et al., 1996; van der Linden et al., 2003).

Sehnenrupturen können fast immer auf pathologische Veränderungen in Folge von Überlastungserscheinungen und Tendinitis bezogen werden (Aroen et al., 2004; Jozsa et al., 1989; Kannus & Jozsa, 1991).

Klinische Untersuchungen von AthletInnen, die an Fersenschmerzen leiden, sollten mit der Überprüfung der Bein- und Kniestellung in stehender Position beginnen. Ebenfalls sollte

die Fuß- und Fersenstellung untersucht werden, um Deformationen, Fehlstellungen, Verdickungen und Asymmetrien der Sehnen sowie vorangegangene Verletzungen erkennen zu können.

Eine Achillessehnenentzündung äußert sich typischerweise mit Schmerzen und einer Schwellung 2 - 6 cm proximal vom Ansatz der Achillessehne am Calcaneus (DiGiovanni & Gould, 1997; Schepsis et al., 1993). Passive Dorsalflexion des Fußes und Tastung an der betroffenen Stelle erhöhen den Druckschmerz (Schepsis et al., 1993). Die Schmerzen können bei fortschreitendem pathologischem Prozess während des Trainings auftreten, insbesondere zu Beginn und Ende der Trainingseinheit. Bei erhöhtem Schweregrad ist der Schmerz bereits bei Alltagsaktivitäten zu spüren (Rogers & Leach, 1996).

Zu den Behandlungsmöglichkeiten sind die konservative Behandlung (Entzündungshemmer, Massage, Physiotherapie, Dehnen, exzentrisches Training, Ultraschall, Orthosen und Kortison-Injektion), Fersenkeile, Stoßwellen-Therapie (ESWT) und letztlich ein operativer Eingriff zu zählen.

Laut der **triathlonspezifischen** Literatur sind TriathletInnen anfälliger für Achillodynie als reine LäuferInnen, da durch die permanente Plantarflexion-Stellung der Füße beim Kraulschwimmen und wiederholter Krafterzeugung während des Radfahrens die Achillessehnen überstrapaziert und für das Laufen vorbelastet sind (Cipriani et al., 1998). Die beim Laufen viel höher auftretenden Belastungseinwirkungen können die Strukturen dadurch schneller überbelasten bzw. ist eine geringere Stressbelastung erforderlich, um eine Überlastungsverletzung bzw. Entzündung der Achillessehnen auszulösen (Cipriani et al., 1998; O'Toole et al., 2001; Shaw et al., 2004; Vleck & Garbutt, 1998). Achillessehnenprobleme bei TriathletInnen traten meist bei Elite-Athleten auf und sind bei diesen und bei Club-level-Athleten ausschließlich auf das Lauftraining zurückzuführen. Bei Developmental-Athleten wurden 40 % der Achillessehnenbeschwerden beim Lauftraining wahrgenommen (Vleck & Garbutt, 1998).

4.4.2 Schmerzen im Kniebereich

Das Knie stellt den am häufigsten betroffene Verletzungsbereich beim Laufen mit 30 - 50 % aller Laufverletzungen dar (Brunet et al., 1990; Clement et al., 1981; Duffey et al., 2000; Messier et al., 1991; van Mechelen, 1992). Probleme bzw. Schmerzen in der Knieregion können auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Am häufigsten wird in der **disziplinspezifischen** Literatur von Patellofemoralem Schmerzsyndrom (PFSS), Iliotibialem Band-Syndrom (ITBS), Patellofemoraler Arthritis, Stressfrakturen der Patella, Instabilität der Patella, Patella Tendinopathie usw. berichtet. Diese Beschwerden können zur Vereinfachung je nach Ort des Schmerzes im Kniebereich in anteriore und laterale Knieschmerzen unterteilt werden.

Beim Laufen gelten vor allem die kinetischen Faktoren als Auslöser von Knieproblemen, zu denen vor allem Boden- und Kniereaktionskräfte sowie deren Momente zählen (R. I. Ferber et al., 2002). Aufprallkräfte während des Landevorgangs und interne Kräfte im

Knie und Knöchel entsprechen dem 1,5 bis 3-fachen bzw. 5 bis 14-fachen des Körpergewichts (Nigg & Yeadon, 1987; Scott & Winter, 1990). Größere Reaktionskräfte als bei gesunden LäuferInnen wurden bei verletzten LäuferInnen mit Stressfrakturen festgestellt (R. I. Ferber et al., 2002; Grimston et al., 1993). Der vertikale Impuls und die Kräfte der Fortbewegung bei Verletzten waren im Vergleich zu den Nicht-Verletzten größer. Die maximal auftretenden Impulse und die Kräfte der Fortbewegung waren jedoch bei der verletzten Gruppe niedriger als bei der gesunden (Duffey et al., 2000; McCrory et al., 1999; Messier & Pittala, 1988; Messier et al., 1991; Messier et al., 1995).

In Zusammenhang mit den einwirkenden Kräften ist die Muskel-Koaktivierung, die während des Laufens erheblich auftritt, von Bedeutung. Damit ist die Koordination der an der Bewegung beteiligten Muskeln gemeint und diese spielt für das Auftreten von Belastungskräften eine entscheidende Rolle (Belli et al., 2002). Mehrere AutorInnen haben daher Modellierungstechniken verwendet, um die auftretenden Kraftvektoren am Kniegelenk zu bestimmen. In einer Untersuchung wurden anhand dreier gesunder Läufer die unteren Extremitäten modelliert und es wurde festgestellt, dass die Spitzendruckkräfte im Unterschenkel dem 10 bis 14-fachen des jeweiligen Körpergewichts entsprachen (Scott & Winter, 1990).

Des Weiteren wurde unter Verwendung eines weniger komplexen Sagittalebene-Modells gezeigt, dass die patellofemorale Kräfte zwischen dem 4,6 bis 6,9-fachen des Körpergewichts liegen (Flynn & Soutas-Little, 1995). Mit Hilfe eines dreidimensionalen Modells wurden maximale Kniegelenkskräfte von etwa dem 13-fachen des Körpergewichts bei einer Laufgeschwindigkeit von 5 m/s gemessen (Glitsch & Baumann, 1997). Stoßkräfte an den häufig betroffenen, überlastungsbedingten Verletzungsstellen, im Speziellen an den unteren Extremitäten, sind besonders hoch (Scott & Winter, 1990).

LäuferInnen mit einer vorangegangenen Verletzungsgeschichte wiesen eine höhere Belastungseinwirkung auf die unteren Extremitäten (Milner, Ferber et al., 2006; Milner, Davis et al., 2006) und ebenfalls einen größeren Bewegungsbereich des Hüftgelenks auf als unverletzte LäuferInnen (Noehren et al., 2007). Obwohl diese Erkenntnis kein eindeutiges Indiz für Verletzungen ist, scheint es, dass die hohen einwirkenden Kräfte auf das Gewebe der unteren Extremitäten beim Laufen in Verbindung mit später auftretenden Laufverletzungen stehen und damit möglicherweise Mechanismen für Knieverletzung sind (Messier et al., 2008).

Einige AutorInnen widmeten sich der Schrittfolgen-Manipulation und deren Auswirkung auf die Laufmechanik. Bei LäuferInnen wurden die Auswirkungen der Schrittfolgen-Manipulation auf die Laufmechanik und die Stoßkräfte bei einer Erhöhung der bevorzugten Schrittfrequenz von 5 - 10 % untersucht. Sie fanden heraus, dass einige Schlüsselkomponenten der Laufmechanik durch verringertes Abrollen der Ferse, verringerten Bremsimpuls, kürzere Schrittlänge und verringerte vertikale Auslenkung verbessert wurden. Außerdem wurde ersichtlich, dass es bei einer Erhöhung der Schrittfrequenz um 5 % zu einer deutlichen Verminderung der mechanischen Arbeit des Knies kommt (Heiderscheit et al., 2011). Ähnliche Analysen ergaben ebenfalls eine

deutliche Verringerung der Aufprallkräfte bei einer Erhöhung der Schrittgeschwindigkeit (Hobara et al., 2012).

Wie aus Abbildung 28 hervorgeht, können physiologische und verhaltensbedingte Risikofaktoren mit den potentiellen biomechanischen Mechanismen wie Kniegelenkskräften und Momenten in Interaktion treten und Knieverletzungen verursachen. Verhaltensbedingte Risikofaktoren sind unter anderem die Verletzungs- und Trainingsgeschichte, die Kraft und die Flexibilität der Hamstrings und des Quadrizeps und der Quadrizeps-Winkel. Die Höhe des Fußgewölbes gehört hingegen zu den physiologischen Risikofaktoren. Der Quadrizeps-Winkel gibt die Grade zwischen den gedachten Linien, die vom vorderen oberen Wirbelkörper des Schambeins zum Mittelpunkt der Patella und vom Mittelpunkt der Patella zum Tuberositas tibiae verlaufen, an (Messier et al., 2008).

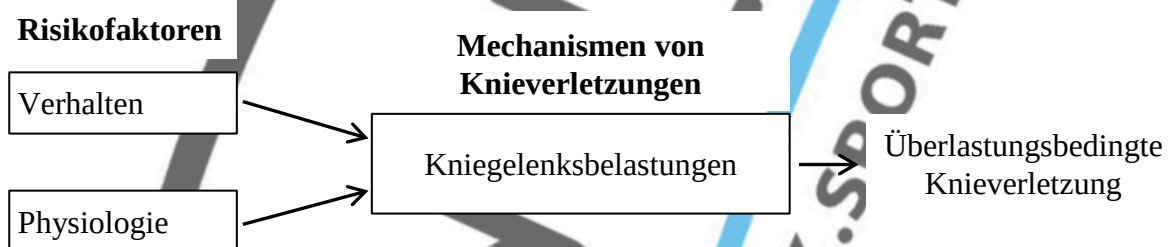


Abbildung 28: Integration von verhaltens- und physiologischbedingten Risikofaktoren mit potentiellen Verletzungsmechanismen resultieren in Überlastungsverletzungen (Messier et al., 2008, S. 1874)

Erhöhte Muskelkraft soll die schockabsorbierenden Fähigkeiten der Muskeln rund um das Knie verbessern und zu geringeren Kniegelenksbelastungen verhelfen. Mit Hilfe eines dynamischen Muskel-Skelett-Modells wurde die Auswirkung der selektiven Stärkung des M. vastus medialis auf die patellofemorale Gelenkskräfte beurteilt. Eine 10 % Erhöhung der Muskelkraft des inneren Schenkelmuskels verringerte die lateralen patellofemorale Lasten um 10N oder 4 %, von 230 auf 220N. Eine Steigerung der Muskelkraft führte zu einer linearen Reduktion der Kniegelenksbelastung (Neptune et al., 2000).

Obwohl in älteren retrospektiven Studien gezeigt wurde, dass Muskelschwäche ein signifikanter Faktor für Verletzungen ist (Duffey et al., 2000; McCrory et al., 1999; Messier & Pittala, 1988; Messier et al., 1991; Messier et al., 1995) und eine Verbesserung der Muskelkraft eine gewisse, präventive Maßnahme für Überlastungsverletzungen darstellt, zeigte die Studie von Messier et al. (2008), dass einem besser gekräftigten Knie höhere Kniegelenksbelastungen widerfahren. Somit stellt sich die Frage, ob ein kräftigeres Knie die Schockabsorption verbessert oder hingegen Kniegelenksbelastungen erhöht und zu Überlastungsverletzungen führt. Des Weiteren vermerkten Messier et al. (2008), dass schlechte Flexibilität der Hamstrings, zu hohes Körpergewicht und zu hohe Laufumfänge zu höheren Kniebelastungen führen.

Anteriorer Knieschmerz

Der anteriore Knieschmerz ist ein Sammelbegriff verschiedener Ursachen im vorderen Bereich des Knies (Witvrouw et al., 2005). Darunter sind unter anderem das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS), Patellainstabilität bzw. -subluxation, Patellofemorale Arthritis, Insertionstendopathien der Patellasehne (Patellaspitzensyndrom/Jumper's Knee) oder der Quadrizepssehne, Bursitis praepatellaris, Patella-Tendopathie, Stressfrakturen der Patella, Plica synovialis und Morbus Osgood Schlatter zu erwähnen (Waryasz & McDermott, 2008).

Zu beachten ist, dass das Iliotibiale Band Syndrom (ITBS) in einigen Studien oder generell im Internet und Zeitschriften zum anterioren Knieschmerz gezählt wird, weil die Beschwerdeursachen in Wechselbeziehung stehen. Des Weiteren steht der gängige Begriff Runner's Knee bzw. Läuferknie im deutschen Sprachraum meist für das ITBS, im anglo-amerikanischen Sprachraum hingegen werden der Begriff Runner's Knee und Iliotibiales Band-Syndrom getrennt. Runner's Knee wird hier als Synonym für das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS) verwendet.

Nachstehend wird in Zusammenhang mit dem anterioren Knieschmerz ausschließlich auf das PFSS eingegangen. Die weiteren zuvor erwähnten Beschwerden sind im Rahmen des Laufsports zu vernachlässigen. Eine Überlastung der Patella bzw. Tendopathie äußert sich meist als eine Entzündung (Tenditis) oder in weiterer Folge als Teilruptur der Patella. Diese Entzündung tritt meist bei AthletInnen auf, die hohen Bodenreaktionskräften z. B. durch Sprünge ausgesetzt sind. Das Patellaspitzensyndrom (Jumper's Knee) ist daher unter anderem bei Basket-, Volley- und HandballerInnen sehr verbreitet. Das Auftreten einer Teilruptur bzw. Ruptur der Patella durch das Laufen ist sehr selten und hat meist degenerative Veränderungen als Ursache. Generell sind Teilrupturen bzw. Rupturen der Patella auf traumatische Ursachen zurückzuführen. Entzündliche Beschwerden des Quadrizeps sind vermehrt bei RadsportlerInnen anzutreffen, weil dort eine höhere Knieflexion unter starker Quadrizepsbelastung (harte Gangwahl) auftritt. Eine Bursitis praepatellaris ist besonders bei langandauernden knienden Belastungen vorzufinden. Diese Beschwerden kommen besonders bei FliesenlegerInnen vor. Beschwerden der Plica synovialis sind nicht auf den Laufsport zurückzuführen, sondern kommen durch das Laufen zum Vorschein. Mit einem operativen Eingriff wird dieses Problem behoben. Morbus Osgood Schlatter ist eine schmerzhaft Reizung der Patellasehne im Bereich des Schienbeinansatzes. Als Ursache wird meist eine trainingsbedingte Überlastung angeführt. Betroffen sind vorwiegend junge Männer im pubertären Alter. Der Schmerz ist belastungsabhängig und kann zu Osteolysen führen. Zumeist ist dieses Beschwerdebild bei adäquater Belastungspause selbstlimitierend.

Patellofemorales Schmerzsyndrom (PFSS) bzw. der Schmerz kann durch erhöhten subchondralen Knochenstress aufgrund von Gelenksproblemen oder von Knorpelläsionen an der Kniescheibe bzw. des distalen Femurs ausgelöst werden (Kettunen et al., 2005). Die posteriore Fläche der Kniescheibe ist aufgrund eines nicht optimalen Anpressdrucks an das Kniegelenk betroffen. Einerseits führt ein zu lascher Aufhängeapparat der Patella, der aus vielen Bändern besteht, zu einem Scheuern der Rückseite der Kniescheibe am Kniegelenk.

Verletzungen und degeneratives Gewebe (Inaktivität der Person) können die Ursache dafür sein. Ein von Natur aus zu straffer Aufhängeapparat, ausgelöst z. B. durch Beinachsabweichung, führt andererseits bei zu häufiger Beanspruchung des Kniegelenks z. B. sportlicher Überbelastung zu vermehrter Reibung an der posterioren Seite der Patella. Bei beiden Fällen kommt es vorwiegend zu einer Abnützung des Knorpels der Patella-Rückseite (Gerbino et al., 2006).

Die Patella ist der größte Sesamoid-Knochen des menschlichen Körpers mit der Funktion, die Beugungseffizienz zu verbessern und das tibiofemorale Gelenk zu schützen (Tecklenburg et al., 2006). Die Kombination der Quadrizepssehne, des lateralen und medialen Retinaculums und der Patellasehne dient der Stabilisierung der Kniescheibe. Da die Kniescheibe während der ersten 0 - 30° Flexion nicht vollständig in die Patellarinne eingedrückt ist, erhöht sich hier die Verletzungsanfälligkeit wie Instabilität und Sub- bzw. Dislokation bei schlecht ausgeprägten Patella-Stabilisatoren oder bei einer Beinachsenfehlstellung (Amis, 2007).

Fast 10 % aller dokumentierten Sportverletzungen bei Klinikbesuchen von körperlich aktiven Personen können dem PFSS zugeschrieben werden (Kannus et al., 1987). Davon werden mehr als zwei Drittel der betroffenen Personen mittels geeigneter Rehabilitationsprogramme erfolgreich behandelt (Kannus et al., 1999; Whitelaw et al., 1989). In der Studie von Taunton et al. (2002) machte PFSS 16 % aller Laufverletzungen aus und stellte die Hauptursache für Laufbeschwerden dar.

Bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen ist zu bedenken, dass PFSS zu patellofemoraler Arthrose im höheren Alter führen kann (Utting et al., 2005). Im Gegensatz zu einer chirurgischen, distalen Neuausrichtung kann durch geeignete Rehabilitationsübungen die patellofemorale Gelenkshomöostase wiederhergestellt werden, obwohl die anatomische Fehlstellung der Patella damit meist nicht korrigiert werden kann (Witvrouw et al., 2005).

In der disziplinspezifischen Literatur wird eine Vielzahl von Risikofaktoren für PFSS angeführt. Nachstehend sind nur jene aufgelistet und beschrieben, deren Einfluss auf das PFSS nachgewiesen wurde.

➤ Neuro-motorische Dysfunktionen

In fünf Studien wurde mittels Elektromyographie (EMG) gezeigt, dass neuro-motorische Dysfunktionen hauptsächlich bei PFSS-PatientInnen im Vergleich zu den Kontrollgruppen vorliegen (S. M. Cowan et al., 2001; S. M. Cowan et al., 2002; Crossley et al., 2004; Thomee et al., 1996; Witvrouw et al., 2000). In diesen Studien wurde im Großteil der Quadrizeps, insbesondere die Mm. vastus medialis und lateralis, untersucht. Es konnte unter anderem gezeigt werden, dass der M. vastus medialis bei PFSS-PatientInnen im Stehen weniger aktiv war als bei der Kontrollgruppe. Dies traf auf den M. rectus femoris nicht zu (Thomee et al., 1996). Unterschiede während der Aktivitäten des täglichen Lebens waren zwischen der PFSS- und Kontrollgruppen ersichtlich (S. M. Cowan et al., 2001; S. M. Cowan et al., 2002). Die Mm. vastus medialis und lateralis der PFSS-PatientInnen antworteten bei der EMG-Untersuchung schneller als die der Kontrollgruppe. Jedoch

antwortete der M. vastus medialis schneller im Vergleich zum M. vastus lateralis bei den ProbandInnen der Kontrollgruppe. Dies würde einer früheren Aktivierung der medialen Kräfte entsprechen, um eine laterale Patellaverschiebung zu verhindern. Die AutorInnen vermerkten, dass eine veränderte „response time“ ein Risikofaktor für PFSS darstellte (Witvrouw et al., 2000).

➤ Verkürzungen im Bereich der Hamstrings, des ITB und des Quadrizeps
Verkürzungen der Hamstrings verursachen leichte Knieflexion während der Aktivitäten oder erfordern höhere Kräfte des Quadrizeps zur Überwindung des passiven Widerstandes des Gegenspielers. Beides löst patellofemorale Gelenksreaktionskräfte aus (Piva et al., 2005). In drei Studien wurde der vordere Knieschmerz bzw. PFSS in Verbindung mit verkürzten Hamstrings gebracht (Kibler, 1987; Piva et al., 2005; Smith et al., 1991) und in der Studie von Witvrouw et al. (2000) wurde dies nicht bestätigt.

Verkürzungen des ITB erhöhen aufgrund anatomischer Zusammenhänge zu dem lateralen Retinaculum und der Patella die lateralen Kraftvektoren auf die Patella während der Flexion (Tyler et al., 2006; Winslow & Yoder, 1995). Eine Verkürzung des ITB bei AthletInnen mit PFSS wurde in drei Studien festgestellt (Kibler, 1987; Puniello, 1993; Winslow & Yoder, 1995). In der Studie von Piva et al. (2005) konnte kein verkürztes ITB bzw. verkürzter M. tensor fasciae latae-Komplex aufgezeigt werden.

Eine Quadrizepsverkürzung bzw. dessen verminderte Flexibilität wird generell meist als Hauptursache für PFSS in der Literatur genannt und löst einen hohen patellofemoralen Stress aus (Fredericson & Yoon, 2006; Witvrouw et al., 2000). Das Auftreten von Quadrizeps-Verkürzungen war in fünf Studien, die Verkürzungen des Quadrizeps bei ProbandInnen mit PFSS untersuchten, vorhanden (Duffey et al., 2000; Kibler, 1987; Piva et al., 2005; Smith et al., 1991; Witvrouw et al., 2000).

➤ Generelle Laxizität des Gelenks-/Bandapparates
Diese Gegebenheit erhöht die allgemeine Mobilität der Patella. Die Bewegung bzw. Bewegungsmuster der Patella wird dadurch verändert und führt somit zu Symptomen (Al-Rawi & Nessim, 1997). Dies wurde in der Studie Al-Rawi und Nessim (1997) und Witvrouw et al. (2000) bestätigt, in der Studie von Fairbank et al. (1984) nicht.

➤ Schlecht ausgeprägte Hüftmuskulatur
Der M. iliopsoas, ein Hüftbeuger und sekundärer Außenrotator, destabilisiert bei vorhandener Schwäche das Becken. Die betroffene Person kompensiert dies durch Entwicklung einer vorderen Beckenkipfung mit innenrotierter Beinstellung (Nicholas et al., 1976; Powers et al., 2003). Der Q-Winkel ist dadurch erhöht und verursacht erhöhten patellofemoralen Gelenkstress (Piva et al., 2005).

➤ Ineffiziente Kraft der Hamstrings und des Quadrizeps
Der Mechanismus hinter den Hamstrings und der Pathogenese von PFSS ist noch nicht ganz geklärt, jedoch wird generell eine geringere Kraft der unteren Extremitäten bei Trainingsprogrammen der LäuferInnen empfohlen, weil die Hamstrings in Kraftaktivitäten

wie vertikalen Sprüngen involviert sind (Duffey et al., 2000). Es konnte nicht gezeigt werden, ob eine reduzierte Muskelkraft der Hamstrings letztendlich in irgendeiner Form Schmerzen im anterioren Kniebereich verursacht bzw. wurden diesbezüglich in keiner Studie Daten veröffentlicht (Kibler, 1987).

Ein diminuerter Quadrizeps, insbesondere der M. vastus medialis im Vergleich zu dem M. vastus lateralis, führt zu lateraler Verschiebung der Patella und verursacht eine Verlagerung des Gelenksdrucks an die laterale Facette (Amis, 2007; McConnell, 2007). In drei Studien wurde der Einfluss eines insuffizienten Quadrizeps auf das PFSS bestätigt (Bennett & Stauber, 1986; Callaghan & Oldham, 2004; Thomee et al., 1995), in zwei hingegen nicht (Messier et al., 1991; Milgrom et al., 1991).

➤ Verschiebung der Patella

Übermäßige laterale Verschiebung der Patella kann zu erhöhtem Stress zwischen den lateralen Facetten der Patella und der Trochlea ossis femoris lateralis führen (Fredericson & Yoon, 2006). Exzessive Verkürzung der lateralen Strukturen verhindert das Wiedereintreten der Patellaauflager bei pathologisch lateraler Verschiebung im Ausmaß von 20° im Zuge der Kniestreckung (Amis, 2007).

Für Faktoren von PFSS wie Fußabnormalitäten (Genu varum bzw. valgum, Hohl- bzw. Plattfuß, etc.), funktionale Faktoren wie Kraftkapazität, Verkürzung des M. gastrocnemius (Duffey et al., 2000; Piva et al., 2005; Witvrouw et al., 2000), Quadrizeps-Winkel (Caylor et al., 1993; Duffey et al., 2000; Haim et al., 2006; Messier et al., 1991; Thomee et al., 1995; Witvrouw et al., 2000) sowie Kompression (Fredericson & Yoon, 2006; Haim et al., 2006; Niskanen et al., 2001) und Mobilität der Patella (Haim et al., 2006; Puniello, 1993; Witvrouw et al., 2000) konnte als Ursache für PFSS nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Duffey et al. (2000) hatten in ihrer Studie das Ziel, spezifische Hypothesen für Risikofaktoren für anterioren Knieschmerz zu erstellen und diese danach in einer prospektiven Beobachtung zu testen. Die kombinierte Analyse ergab, dass LäuferInnen (N=99), die an vorderem Knieschmerz litten, gegenüber der unverletzten Kontrollgruppe (N=70) ein höheres Fußgewölbe (Hohlfuß), schwächere Kniestrecker und geringere Maximalkräfte sowie Belastungswerte beim Auftreten aufwiesen. Außerdem pronierten sie in den ersten 10 % des Auftretens weniger und sie wechselten die Schuhe häufiger als die Kontrollgruppe. Mit Ausnahme des Schuhwechsels, der wahrscheinlich mehr eine Reaktion auf als ein Risikofaktor für anterioren Knieschmerz ist, sollten die anderen angeführten Faktoren bei LäuferInnen mit PFSS gründlich untersucht werden. Dies gilt insbesondere bei den einwirkenden Maximalkräften und Belastungen (impact force), weil diese in der bisherigen Literatur als Ursache für Schmerzen und Verletzungen bei LäuferInnen genannt wurden.

Lateraler Knieschmerz

Das Iliotibiale Band-Syndrom (ITBS), auch Tractussyndrom genannt, stellt die zweithäufigste Ursache von Knieschmerzen (Orava, 1978) und die häufigste von lateralen Knieproblemen mit einer Häufigkeit von 1,6 - 12 % der Laufverletzungen dar (Fredericson et al., 2000; McNicol et al., 1981; Messier et al., 1995; Orava, 1978; Taunton et al., 2002). Des Weiteren macht das ITBS 22 % der Verletzungen an den unteren Extremitäten aus (Linenger, 1992). Im Vergleich zu anderen Sportarten wurde das ITBS auch bei RadfahrerInnen als Überlastungsverletzung am Kniegelenk diagnostiziert (Holmes et al., 1993) und war die häufigste Überlastungsverletzung der unteren Extremitäten bei College Athletinnen, die Fußball, Basketball oder Feldhockey spielten (Devan et al., 2004). Das Auftreten von ITBS wurde auch bei WettkampfruderInnen vermerkt (Rumball et al., 2005).

Das ITB entspringt an den Faszien der Mm. gluteus maximus und gluteus medius sowie des M. tensor fasciae latae und setzt am Gerdy'schen tuberculum des Condylus lateralis tibiae an. Die Funktion des Faszienstreifen Tractus iliotibialis ist, die seitliche Stabilität der Hüfte zu gewährleisten und wirkt der Knieadduktion und Innenrotation während der Standphase des Gangzyklus entgegen (Taunton et al., 2002).

Das ITBS ist eine klassische Überlastungsverletzung und wird durch die Reibung des distalen Teils des Tractus iliotibiales (ITB) oder durch die Kompression der unterliegenden Strukturen (Weichteile) an der seitlichen Femurkondyle bei wiederholter Beugung und Streckung im Knie ausgelöst. Überlastungen und Reizungen der Knochenhaut und des zwischenliegenden Schleimbeutels sind unter anderem die Folge (McNicol et al., 1981). Diese Reibung ist bei 20 - 30° Kniebeugung am größten. Dieser Winkelbereich ist genau jener, der den ersten Abschnitt der Standphase während des Laufens darstellt (Messier et al., 1995).

Dieser Zusammenhang wurde in der Literatur oft diskutiert: Die häufigste Ursache für das ITBS scheint das Abwärts-/Bergablaufen zu sein (Noble, 1980; Orchard et al., 1996), weil es zu einem höheren Grad der Kniebeugung während des Aufsetzens der Ferse führt. Dies erhöht wiederum die Reibung und den Druck im betroffenen Bereich. Allerdings waren keine Unterschiede in der Kniebeugung von LäuferInnen mit ITBS und ohne ITBS beim Laufen am Laufband ersichtlich (Orchard et al., 1996). Diese Erkenntnis wurde auch von Noehren et al. (2007) bestätigt. Basierend auf der Annahme, dass die Biomechanik eines Läufers/einer Läuferin durch auftretende Ermüdung beeinträchtigt wird, wurden ProbandInnen am Ende eines erschöpfenden Laufs untersucht. LäuferInnen mit einer Vorgeschichte von ITBS zeigten tatsächlich einen erhöhten Winkel der Kniebeugung bei Fersenaufsatz als LäuferInnen ohne ITBS-Vorgeschichte (Miller et al., 2007).

In neueren Studien wurde der Fokus auf die frontale und transversale Ebene der Kniemechanik und der unteren Extremität gelegt. Es wurde untersucht, ob diese das ITBS fördern oder sogar die auslösende Ursache sind (Hamill et al., 2008; Noehren et al., 2007). Die Ansätze und die Funktion des ITB während des Ganges scheinen den Fokus auf die frontale und transversale Ebene zu unterstützen (Noehren et al., 2007).

Die Ergebnisse einer Ganganalyse bei Langdistanzläuferinnen mit ITBS wurden mit einer „gesunden“ Kontrollgruppe verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die ITBS-betroffene Gruppe eine eindeutig größere Hüftadduktion und Knieinnenrotation aufwies als die Kontrollgruppe. Die AutorInnen führten dies auf die übermäßige Belastung dieser Kombinationsbewegung auf das ITB zurück. Eine Hüftadduktion mit einhergehender Knieinnenrotation verursacht eine Kompression des distalen Bereichs des ITB gegen die laterale Oberschenkelkondyle (Noehren et al., 2007). Ähnliche Ergebnisse wurden bei Freizeitläuferinnen mit ITBS im Vergleich mit einer Kontrollgruppe gefunden. Die Gruppe mit ITBS wies wiederum höhere Werte in der Hüftadduktion und Knieinnenrotation auf als die gesunde Kontrollgruppe (R. Ferber et al., 2003).

Diese Studien legten nahe, dass atypische Hüft- und Kniemechanik primäre Faktoren für die Entwicklung von ITBS sind. Außerdem wurde festgestellt, dass LäuferInnen mit ITBS eine größere Verformungsgeschwindigkeit des ITB während der Lauf-Ganganalyse zeigten. Dies könnte ein Hinweis auf schnelle, übermäßige oder verringerte Kontrolle der Adduktionsbewegung, des Knies und der unteren Extremitäten sein (Allen, 2014; Hamill et al., 2008).

Es dürften verschiedene Subtypen von ITBS vorliegen. Der erste Typ umfasst Irritationen einer Zyste, eines Schleimbeutels oder einer lateralen synovialen Ausstülpung. Eine Kompression des Bindegewebes, welches sich unterhalb des ITB zwischen der lateralen Kondyle und der Kniegelenkslinie befindet, wird durch den Druck des darüber verlaufenden ITB hervorgerufen und kennzeichnet den zweiten Typ (Lavine, 2010).

AutorInnen stellten sich die Frage, ob tatsächlich eine Entzündung des ITB bei einem ITBS beteiligt ist. Die Symptome des ITBS wurden durch eine chirurgische Ektomie gemildert, was für eine Entzündung des Raums (Bursa) unter dem ITB spricht (Hariri et al., 2009). Bei einem 28-jährigen Läufer war eine große Zyste an der Gelenkscapsel für die lateralen Knieschmerzen verantwortlich (Costa et al., 2004). Eine ähnliche Ursache wurde in einer anderen Studie beschrieben, jedoch mit Bezug auf eine seitliche Ausdehnung der Synovia des Knies (Nemeth & Sanders, 1996). Mittels MRT-Befunde wurde bei weiteren PatientInnen mit lateralem Knieschmerz gezeigt, dass Weichteilveränderungen unmittelbar unterhalb des ITB sowie Knochenmarködeme und subchondrale Knochenerosionen des lateralen Kondylus, ohne Anzeichen einer Entzündung oder Verdickung der Bursa und des ITB selbst, vorlagen (Isusi et al., 2007).

Einige AutorInnen fanden heraus, dass ITBS-Betroffene eine Abduktorenschwäche oder eine erhöhte Adduktion im Hüftgelenk während der Standphase des Laufens oder Gehens aufwiesen. Eine Feststellung, die als Abduktorenschwäche interpretiert werden kann (Fredericson et al., 2000; Noehren et al., 2007). Im Gegensatz wurde in einer Studie mit zehn LäuferInnen mit ITBS keine Schwäche der Hüftabduktion im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe festgestellt (Grau et al., 2008).

Eine weitere Ursache für ein ITBS ist ein verkürztes, einengendes ITB, weil ein verkürztes Band zur Kompression des darunter liegenden Gewebes während jedes Gangzyklus führen

kann. Der Test nach Ober wird am häufigsten zur Beurteilung dieser Dichtheit bzw. Kompression des ITB herangezogen. Jedoch konnten weder der Test nach Ober noch andere Tests zur Bestimmung der Dichtheit des ITB konkrete Ergebnisse liefern. Die meisten AthletInnen mit ITBS weisen ein verkürztes ITB auf, obwohl der Test nach Ober und andere klinische Untersuchungsmaßnahmen dies nicht bestätigen. Die Tests sind in der Praxis nicht sensibel genug, um dies eindeutig feststellen zu können (Lavine, 2010). Anhand veröffentlichter Befunde wurde gezeigt, dass LäuferInnen mit ITBS ein „looser“ ITB hatten. Dieses ist durch eine erhöhte Dehnung bei Belastung sowie einer erhöhten Dehnungsgeschwindigkeit während des Laufens charakterisiert (Hamill et al., 2008).

Ob eine vorhandene Pronationsstellung ein ITBS begünstigt, konnte nicht eindeutig gezeigt werden. Ein häufigeres Auftreten von ITBS und generellen Verletzungen der unteren Extremitäten bei SportlerInnen mit Überpronation (Busseuil et al., 1998) sowie gegenteilige Ergebnisse, dass LäuferInnen mit ITBS weniger Pronation im Fersenbereich im Vergleich zur Kontrollgruppe hatten, sind in der Literatur vorzufinden (Messier et al., 1995; Noehren et al., 2007).

Eine Verdichtung des ITB könnte eine Rolle beim Auftreten eines Patellofemoralen Syndroms spielen (Hudson & Darthuy, 2009; Merican & Amis, 2009; Wilson et al., 2009). PatientInnen mit Osteoarthritis im medialen Bereich des Knies hatten ein hohes Risiko für ITBS. Ein reduzierter, medialer Gelenkspalt erzeugt eine Varus-Knie-Deformation mit folglich zusätzlicher Spannung auf das ITB (Vasilevska et al., 2009). Eine Schleimbeutelentzündung der Hüfte, Bursitis trochanter, könnte ebenfalls auf eine veränderte Biomechanik des ITB zurückzuführen sein (Lavine, 2010). Des Weiteren wurde auch das Auftreten von ITBS infolge von Kreuzbandplastiken festgestellt (Pelfort et al., 2006). Letztlich ist jedoch zu berücksichtigen, dass das häufige Auftreten von verschiedenen Hüft- und Knieproblemen bei SportlerInnen mit ITBS aufgrund der individuellen Manifestationen variiert und demnach keine einheitlichen Verbindungen zwischen ITBS und anderen spezifischen Symptomen gezogen werden können (Lavine, 2010).

Zur Linderung bzw. Prophylaxe von ITBS werden hauptsächlich folgende Möglichkeiten in der Literatur angeführt (Lavine, 2010):

- Stretching des ITB und der anderen betroffenen Strukturen
- Manipulation bzw. Stimulation des Bindegewebes und der einzelnen Faszien
- Stärkung der Hüftabduktoren
- Verbesserte neuromuskuläre Koordination

In der **triathlonspezifischen** Literatur entsprechen die meisten Knieverletzungen beim Laufen denen beim Radfahren. Zu diesen zählen die Patella Tendopathie, das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS) und vor allem das Iliotibiale Band-Syndrom (ITBS). Knieverletzungen wurden in der Studie von Vleck et al. (2010) zu 44 % dem Laufen bei Athleten der Olympischen Distanz zugeschrieben, und bei den unterschiedlichen Leistungsklassen männlicher Elite-, Developmental- und Club level- Athleten dieser Distanz betrafen 75 % bzw. 43 % und 63 % der Knieverletzungen das Laufen (Vleck & Garbutt, 1998). Bei Collins et al. (1989) sind 27 % der Laufverletzungen dem Knie bzw. 67 % der Knieverletzungen dem Laufen zuzuschreiben. Bei Clements et al. (1999) und Massimino et al. (1988) waren 72 % und 58 % der Knieverletzungen laufbedingt.

Für das PFSS wurden in der triathlonspezifischen Literatur keine absoluten bzw. relativen Werte für das Auftreten dieses Beschwerdebildes gefunden. Lediglich dessen mögliche auslösende Faktoren wie Biomechanik beim Laufen, Schuhmaterial, Hügelläufe, schneller Anstieg der Laufkilometer und das Laufen auf hartem sowie unebenem Untergrund wurde angeführt (McHardy et al., 2006; Strock et al., 2006; Tuite, 2010).

Das ITBS wurde nur in der älteren Studie von Collins et al. (1989) explizit in Relation zu den Laufverletzungen gesetzt und machte 4 % aller Laufverletzungen aus. Bei den Elite-AthletInnen wurde diesbezüglich 13,6 % angeführt. Die durch das Laufen verursachten Knieverletzungen bei einem Triathlonbewerb betrafen bei Clements et al. (1999) mit 46,3 % den lateralen und mit 15,4 % den anterior/lateralen Bereich des Knies. Auf den anterioren und medialen Bereich fielen 15,4 % und 23,1 %.

Laut Migliorini (2011) sind die meisten Verletzungen der unteren Extremität bei „Age-Groupern“ dem Iliotibialen Band-Syndrom zugeschrieben. Die TriathletInnen, die vom Schwimmen kommen und dadurch meist eine geringe Hüftabduktion (M. gluteus medius) aufweisen, sowie diejenigen, die beim Radabschnitt ermüden, sind während des anschließenden Laufens für einen Anstieg der Beinadduktion und einer erhöhten Hüftinnenrotation in der Mittelstellung der Standphase mit einer folglich erhöhten Valgusstellung begünstigt. Diese Situation erhöht die Spannung auf das ITB und letztlich das Risiko für ein Impingement am Epicondylus lateralis femoris, vor allem beim Auftreten während der maximalen Abbremsung der absorbierten Bodenreaktionskräfte. Des Weiteren erhöht der Übergang vom Radfahren zum Laufen ebenfalls die Belastung auf das ITB.

ITBS-bezogene Trainingsfehler sind ein starker Anstieg des Trainingsvolumens und der -intensität sowie schräge Laufstrecken und steile Hügel-/Bergläufe (Migliorini, 2000; Tuite, 2010). TriathletInnen mit radsportspezifischem Hintergrund neigen zu Verkürzungen im Hüftbeuger, im M. tensor fasciae latae und ITB (Migliorini, 2011).

4.4.3 Shin Splints

1913 wurde der Begriff Shin Splints erstmals in Verbindung mit LäuferInnen als „Spike Soreness“ definiert. Der Begriff Schienbeinkantensyndrom ist jedoch bis heute umstritten. In diesem Zusammenhang wird der Begriff Mediales Tibia Stress-Syndrom (MTSS) verwendet, womit auf den Ort der Beschwerden hingewiesen wird. Einige AutorInnen sowie Fachpersonal verzichten auf genauere Unterteilungen und fassen die Beschwerden unter den Begriff Shin Splints zusammen (Thacker et al., 2002).

Im Jahr 1966 definierte die American Medical Association (AMA) das Schienbeinkantensyndrom als Schmerzen und Beschwerden im Unterschenkel, ausgelöst von sich wiederholenden Aktivitäten auf hartem Untergrund oder durch starke, übermäßige Beugung des Fußes. Die Diagnosen sollten auf muskuloskelettale Entzündungen begrenzt sein ohne Einbezug von Stressfrakturen und ischämischen Beschwerden (Thacker et al., 2002). Diese Definition der AMA wurde aber nicht überall anerkannt. Der Begriff Schienbeinkantensyndrom wird bei einigen MedizinerInnen für jeden Belastungsschmerz, welcher im Schienbeinbereich entsteht, verwendet (Bates, 1985). Andere KollegInnen sind der Meinung, dass er für einen allgemeinen Überbegriff für Unterschenkelsschmerzen steht, sofern es sich nicht um Stressfraktur, Kompartmentsyndrom und Muskelhernie handelt (Batt, 1995; Benas & Jokl, 1978; Gerow et al., 1993).

Der diffuse Schmerz zeigt sich zu Beginn des Trainings entlang der mittleren-distalen Schienbeinkante und verbessert sich während des Trainings. Mit Dauer der Verletzung bleibt der Schmerz auch nach sportlicher Aktivität für ein paar Stunden bzw. Tage bestehen (Galbraith & Lavalley, 2009; Raissi et al., 2009).

Obwohl die Pathophysiologie des Schienbeinkantensyndroms noch immer unklar ist, gilt es als eines der häufigsten, leistungshemmenden Verletzungen bei AthletInnen bzw. LäuferInnen und TriathletInnen und sollte durch sorgfältige Untersuchungen abgeklärt werden (Thacker et al., 2002).

Die Diagnose Schienbeinkantensyndrom wird gemäß der **disziplinspezifischen** Literatur bei 6 - 16 % aller Verletzungen bei LäuferInnen gemacht (Devereaux & Lachmann, 1983; Gudas, 1980; Kortebein et al., 2000; Lysholm & Wiklander, 1987; Maughan & Miller, 1983; Raissi et al., 2009; Taunton et al., 2002; Yates & White, 2004). Bei 257 LeichtathletInnen von 17 an Wettkämpfen teilnehmenden High School Teams entfielen 19,5 % der 41 aufgezeichneten Verletzungen auf das Schienbeinkantensyndrom während einer 77-tägigen Untersuchungsphase (Watson & DiMartino, 1987). Auch bei Ballettgruppen stellte diese Überlastungsverletzung die häufigste Verletzung dar (Washington, 1978). In Militärsstudien wurden ebenfalls bei 4 - 10 % der RekrutInnen Schienbeinschmerzen während der acht- bis zwölfwöchigen Grundausbildung diagnostiziert (Andrish et al., 1974; Heir, 1998). Schienbeinschmerzen machen sogar bei ausgewählten Zielgruppen wie der Navy bis zu 50 % aller Unterschenkelverletzungen aus (Kortebein et al., 2000; Yates & White, 2004).

ExpertInnen sind sich über die Ursachen von Shin Splints nicht einig. Folglich stellt sich eine effektive Präventionsarbeit ohne explizite Kenntnis der Ursachen als schwierig dar (Bennett et al., 2001; Brukner, 2000; Couture & Karlson, 2002; Reinking & Hayes, 2006). Außerdem konnte die Effektivität eines speziellen Präventionsprogramms für Shin Splints nicht nachgewiesen werden (Craig, 2008; Thacker et al., 2002).

Des Weiteren ist keine Hauptpräventionsmaßnahme für Shin Splints in der Literatur vorgeschlagen. Jedoch zeigten Maßnahmen wie stoßdämpfende Einlegesohlen, pronationsgestützte Einlagen und ein abgestimmtes Laufprogramm bei konsequentem Einsatz eine positive Wirkung (Fredericson et al., 1995; Rome et al., 2005; Thacker et al., 2002; Yeung & Yeung, 2001).

In mehreren Studien wurden mittels stoßabsorbierenden Einlegesohlen weniger Schienbeinverletzungen beobachtet als in den Kontrollgruppen (Rome et al., 2005; Thacker et al., 2002). Jedoch hat keiner der AutorInnen Prozentsätze für die Schockabsorption der Schuhe, die für die Vermeidung von Shin Splints notwendig sind, festgelegt (Craig, 2008).

Abgestimmte Laufprogramme, einschließlich der Einheiten in der Vorsaison, sind akzeptierte Methoden zur Prophylaxe vieler Verletzungen (Couture & Karlson, 2002; Kortebein et al., 2000; Rome et al., 2005; Yeung & Yeung, 2001). Dehnen hingegen konnte Shin Splints nachweislich nicht verbessern bzw. verhindern (Hart, 2005; Rome et al., 2005; Thacker et al., 2004; Yeung & Yeung, 2001).

Solange die Risikofaktoren für das Auftreten von Shin Splints nicht besser bzw. eindeutig erkannt werden, ist der Versuch einer Prävention fast unmöglich (Craig, 2008). Als Risikofaktoren werden unter anderem erhöhte Pronationstellung des Fußes (Bennett et al., 2001; Brukner, 2000; Couture & Karlson, 2002; Delacerda, 1980; Gehlsen & Seger, 1980; Kortebein et al., 2000; Reinking & Hayes, 2006; H. M. Sommer & Vallentyne, 1995; Yates & White, 2004), erhöhte Muskelspannung der Plantarflexoren (Bennett et al., 2001; Gehlsen & Seger, 1980; Reinking & Hayes, 2006; Yates & White, 2004), erhöhte Varus-Tendenz des Vorfußes und/oder der Ferse (Bennett et al., 2001; Reinking & Hayes, 2006; Sommer & Vallentyne, 1995; Yates & White, 2004), strukturelle und funktionelle Differenzen in Fuß und Knöchel (Viitasalo & Kvist, 1983), Beinlängendifferenzen und -fehlstellungen, abrupter Anstieg der Trainingsintensität, zu hohe Dauer und Häufigkeit der Einheiten, unzureichende Kaliumzufuhr, harter und/oder geneigter Laufuntergrund bzw. Berg(ab)läufe, unangepasstes Schuhwerk und vorangegangene Verletzungen (Bennett et al., 2001; Reinking & Hayes, 2006; Richie et al., 1985; Yates & White, 2004) genannt. Zur Pronationstellung des Fußes sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass eine maximale Pronationsgeschwindigkeit eine viel größere Rolle als eine erhöhte Pronation selbst spielen soll. (Messier & Pittala, 1988).

Zusammengefasst scheint der Großteil der AutorInnen sich über zwei ursächliche Komponenten für Shin Splints einig zu sein. Der M. soleus ist auf eine Art und Weise an der Auslösung dieser Beschwerden beteiligt und die Knochen-Remodeling-Fähigkeiten sind nicht ausreichend, um anhaltende Überlastungen der Tibia zu kompensieren

(Kortebein et al., 2000). Überbelastung sind repetitive Belastungen durch Stoßkräfte, die eine exzentrische Ermüdung der M. soleus verursachen. Ein geschwächter oder ermüdeter Muskel kann diese Stoß- bzw. Bodenreaktionskräfte nicht optimal übertragen und ruft eine Überlastung der Remodeling-Kapazitäten des Schienbeins, welche in Zusammenhang mit dem Knochenumbau bzw. -neubau stehen, hervor. Dadurch können diese Kräfte mit einhergehender Erhöhung des Verletzungsrisikos auf den Knochen einwirken (Beck, 1998; Couture & Karlson, 2002; Madeley et al., 2007; Milgrom et al., 2007). Die klinische Bedeutung dieser Komponenten veranlasst das Fachpersonal die Kraft und die Ausdauer des M. soleus bei ihren betroffenen AthletInnen zu steigern (Kortebein et al., 2000), und die Überpronation zur Reduzierung des Stresses der medialen Faszien des M. soleus im Bereich ihres Ansatzes zu kontrollieren (Thacker et al., 2002; Yates & White, 2004). Des Weiteren sind neues Schuhwerk, angemessene Schockabsorption durch Einlegesohlen und eine korrekte Biomechanik des Fußes empfehlenswert. Zusätzlich sind Cross Training sowie wöchentliche Wassereinheiten angebracht, um den Stress auf das Schienbein zu reduzieren und mögliche Knochenumbauprozesse zu ermöglichen (Couture & Karlson, 2002).

In einem systematischen Review von Thacker et al. (2002) über die vergangene Literatur von Shin Splints wurden 199 Artikel analysiert. In diesen wurden hauptsächlich folgende Themenstellungen von Shin Splints untersucht: die Pathophysiologie und die Ätiologie, das Risiko bei verschiedenen Sportarten, die Identifikation von Risikofaktoren und die Methoden der Prävention. Nur vier dieser Studien, die in Tabelle 45 beschrieben werden, untersuchten und verglichen die Methoden der Prävention von Shin Splints, die meist das Schuhmaterial betrafen (Andrish et al., 1974; Benseal & Kish, 1983; Benseal & Kaplan, 1986; Schwellnus et al., 1990). Die ProbandInnen dieser Studien waren Trainees bzw. RekrutInnen der US Army bzw. US Navy. Nur die schockabsorbierenden Neopren-Einlegesohlen konnten das Auftreten einer überlastungsbedingten Verletzung reduzieren und speziell das Tibia Stress-Syndrom verhindern. Alle anderen Präventionsmaßnahmen zeigten keine positive Wirkung zur Verminderung von Shin Splints.

Craig (2008) analysierte die Studien über Shin Splints, die nach Thacker et al. (2002) veröffentlicht wurden, mit dem Ergebnis, dass zukünftige Untersuchungen für ein besseres Verständnis der Ursachen und Prävention von Shin Splints von Nöten sind.

Tabelle 45: Ergebnisse der Studien über Methoden zur Prävention von Shin Splints (Thacker et al., 2002, S. 35)

Andrish et al. (1974) 2777 männliche Navy Seekadetten während 8-wöchigem Basistraining				
Studiengruppen			97 Probanden mit SS	
	n		n (%)	
Schaumstoffersenpolster	344		15 (4,4)	
Dehnen der Achillessehne	300		12 (4,0)	
Schaumstoffpolster + AS-Stretching	463		14 (3,0)	
abgestuftes Laufprogramm	217		13 (6,0)	
Kontrollgruppe	1453		43 (3,0)	
Bensel & Kish (1983) 2074 männliche und 767 weibliche US Army Trainees während 9-wöchigem Basisprogramm				
Studiengruppen			27 ProbandInnen mit SS	
	n _m	n _w	n _m (%)	n _w (%)
Lederstiefel für heißes Wetter	728	342	5 (0,7)	6 (1,8)
Schwarze Standard Lederstiefel	1346	425	8 (0,6)	8 (1,9)
Bensel & Kaplan (1986) 555 weibliche US Army Trainees während 9-wöchigem Basistraining				
Studiengruppen			37 Probandinnen mit SS	
	n		n (%)	
Urethanschaum Einlagen	186		11 (5,9)	
Formgitter-Einlagen	198		14 (7,1)	
Mehrlagige Standard-Netzeinlagen	171		12 (7)	
Schwellnus et al. (1990) 1388 männliche militärische Rekruten während 9-wöchigem Basisprogramm				
Studiengruppen			71 ProbandInnen mit SS	
	n		n (%)	
Neopren-Einlagesohle	237		6 (2,5)	
Kontrollgruppe	1151		65 (5,6)	

(%)-Angaben beziehen sich auf Anzahl der untersuchten ProbandInnen je Gruppe; AS = Achillessehne; m = Männer; w = Frauen; SR = Stressreaktion; SS = Shin Splints

Vorrangig sollten die konservativen Therapieoptionen (Massage, Physiotherapie, Kryotherapie, Dehnen, Ultraschall) gewählt werden. Nur bei Versagen der konservativen Maßnahmen sind invasive Eingriffe zu überlegen (Reinking, 2007).

In der **triathlonspezifischen** Literatur treten Verletzungen des Unterschenkels (Wade/Schienbein/Wadenbein) häufig bei TriathletInnen während des Lauftrainings auf und betreffen etwa 10 % aller Verletzungen im Triathlon (Burns et al., 2003; Korkia et al., 1994; Strock et al., 2006). Entzündungen der Beinhaut machten bei Galera et al. (2011) 4 % aller Verletzungen aus.

Genauere laufspezifische Angaben von Shin Splints sind in der triathlonspezifischen Literatur nicht angeführt.

4.4.4 Fasciitis plantaris

Fasciitis plantaris ist durch muskuloskelettale Beschwerden der Plantarfaszie aufgrund entzündlicher und degenerativer Ursachen gekennzeichnet. Das Tuberculum mediale des Fersenbeins ist der am meisten betroffene Bereich für die klinischen Symptome (Greve et al., 2009; Kwong et al., 1988).

Die Plantarapaneurose ist die statische Struktur, die das Längsgewölbe des Fußes stützt. Sie spannt sich von der Ferse bis zu den Metatarsalköpfchen. Die Fasciitis plantaris entsteht durch wiederholte Mikrotraumata, die zu Entzündungsprozessen führen, welche wiederum fibrotisch degenerativen Umbauprozessen der Plantarapaneurose verursachen. Nicht nur Überbelastung sondern auch nachstehende Faktoren bedingen dieses Beschwerdebild (Chia et al., 2009).

AthletInnen mit Fasciitis plantaris klagen über Schmerzen im antero-medialen Bereich der Ferse, gewöhnlich am Ansatz der Plantarapaneurose am Fersenbein (Wearing et al., 2006). Der Schmerz ist morgens während der ersten Schritte und nach langer Zeit ohne Belastung am intensivsten (Chinn & Hertel, 2010; Cosca & Navazio, 2007) und wird meist durch Barfußlaufen, Treppensteigen oder Gehen auf den Zehenspitzen verstärkt (Chinn & Hertel, 2010; Cole et al., 2005). Der morgendliche Anlaufschmerz stellt ein wichtiges Bewertungskriterium dar (Greve et al., 2009). Der Schmerz nimmt im Zuge von Aufwärmaktivitäten bzw. generell bei Aktivität ab, wird aber intensiver nach Beendigung dieser.

In der **disziplinspezifischen** Literatur wurde in einer retrospektiven Studie gezeigt, dass Fasciitis plantaris die dritthäufigste Verletzung unter 2002 LäuferInnen mit Laufverletzungen war und 7,9 % der Verletzungen ausmachte (Taunton et al., 2002a). In einer älteren Studie wurden 20 % der Laufverletzungen auf das Fasciitis plantaris zurückgeführt (Clement et al., 1981).

Auslösende intrinsische Faktoren einer Fasciitis plantaris sind vor allem Fettleibigkeit (Riddle et al., 2003), Bewegungseinschränkung in der Dorsalflexion (Kibler et al., 1991; Riddle et al., 2003; Warren, 1984), Aufbau des Fußlängsgewölbes (Krivickas, 1997; Kwong et al., 1988; Pohl et al., 2009; Warren & Jones, 1987), Pronation im Fersenbereich (Rome et al., 2001; Shama et al., 1983; Taunton et al., 2002a), Beinlängendifferenz (Taunton et al., 2002), Hohlfuß, Hohlkreuz (Wearing et al., 2006) sowie angespannte Achillessehne und Wadenmuskulatur. (Bedi & Love, 1998; Wearing et al., 2003; Wearing et al., 2007).

In Bezug auf die extrinsischen Risikofaktoren spielen häufiges Laufen mit unzureichender Technik, schlechtes Schuhwerk (Wearing et al., 2006) und wechselnde Trainingsbedingungen der AthletInnen wie Veränderungen in der Lauffrequenz, Distanz und Bodenbeschaffenheit eine Rolle (Chinn & Hertel, 2010).

Einige AutorInnen vermerkten, dass besonders das Fußlängsgewölbe und die Pronation im Rückfuß eine Fasciitis plantaris fördern (Huang et al., 2004; Krivickas, 1997; Kwong et al., 1988; Taunton et al., 2002; Viel & Esnault, 1989). Die Höhe und die Länge des Fußlängsgewölbes könnten dafür ausschlaggebend sein. Mittels Modellen mit unterschiedlichen Ausprägungen der unteren Gliedmaßen wurden die Spannungskräfte, die von der Plantarfaszie absorbiert werden, charakterisiert. Dabei wurden wichtige Funktionen des Längsbogens für die plantare Belastungsverteilung erkannt (Ribeiro et al., 2011). Taunton et al. (2002a) kam ebenfalls zum Ergebnis, dass das Fußlängsgewölbe bei LäuferInnen mit Fasciitis plantaris höher war als bei jenen ohne diese Beschwerde. 55 % der LäuferInnen mit Fasciitis plantaris wiesen außerdem eine übermäßige Pronation im Fersenbereich auf. In anderen Studien konnten diese anatomischen Auffälligkeiten bestätigt werden (Chandler & Kibler, 1993; Krivickas, 1997; Kwong et al., 1988).

Ein erhöhtes Fußgewölbe könnte eine erhöhte Steifheit der Füße induzieren und eine Ineffizienz der Füße im Sinne der Aufnahme und Übertragung auftretender Stoßkräfte begünstigen. Die Plantarfaszie würde dadurch in eine Position mit erhöhtem mechanischem Stress gebracht werden (Krivickas, 1997). Eine übermäßige Pronation könnte zu mehr Belastungen im medialen Bereich des Fersenbeins und höheren Spannungen im Fußsohlenbereich führen (Chandler & Kibler, 1993; Krivickas, 1997; Kwong et al., 1988). Andererseits konnten AutorInnen, die das Längsgewölbe des Fußes und die Fersenausrichtung bei LangstreckenläuferInnen untersuchten, keine eindeutigen Unterschiede hinsichtlich dieser Faktoren im Vergleich zu den Kontrollgruppen feststellen (Rome et al., 2001; Warren, 1984).

Personen mit Fasciitis plantaris vollziehen unbewusst Anpassungen während des Gehens, um die einwirkenden Belastungen auf den Rückfuß zu reduzieren (Wearing et al., 2007). In früheren Ganganalyse-Studien wurde ersichtlich, dass der Schmerzreiz bei ProbandInnen mit Fasciitis plantaris Veränderungen beim Abrollen des Fußes hervorrief. Diese mögliche Schonhaltung durch den Schmerz hat eine Belastungssenkung im Fersenbereich und einen Belastungsanstieg in anderen plantaren Regionen wie dem Mittelfuß zur Folge (Wearing et al., 2007). Diese Anpassungen des Fußes zeigten sich nicht nur in der Absenkung des Fußgewölbes, sondern auch in dessen Erhöhung mit einhergehendem Beginn von Mikrotraumata der Plantaraponeurose (Karr, 1994).

Die Therapieoptionen sind konservative Maßnahmen wie Stoßwellentherapie (ESWT), Taping, Physiotherapie, Massagen, Dehnen, Kryotherapie, Injektionen. Operative Maßnahmen sollten vermieden werden. Der Verlauf der Symptome ist meist selbstlimitierend, fallweise treten jedoch verzögerte Heilungserfolge auf. Hier beträgt die Rekonvaleszenzzeit 6 - 18 Monate (Dyck & Boyajian-O'Neill, 2004).

In der **triathlonspezifischen** Literatur wird die Fasciitis plantaris für die Hälfte der Fuß- und Knöchelverletzungen angeführt (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Strock et al., 2006). Bei Collins et al. (1989) betrafen 8,5 % der überlastungsbedingten Laufverletzungen die Fasciitis plantaris. 2 % waren es bei Galera et al. (2011), bezogen auf alle Verletzungen.

In der triatlonspezifischen Literatur finden sich keine zusätzlichen Faktoren zu den bereits oben angeführten. In den Studien von McHardy et al. (2006) und Collins et al. (1989) wurden als Faktoren die Art des Trainings, verwendetes Schuhmaterial und Laufbiomechanik kurz erläutert.

4.4.5 Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule

Beschwerden im Lendenwirbelsäulenbereich werden im Laufsport eher unterschätzt bzw. es wird gerne von präventiven Maßnahmen abgesehen. Die Ursachen sind hauptsächlich funktionelle Störungen der Lendenwirbelsäule, des lumbo-sakralen Übergangs und des Iliosakralgelenks. Ausgelöst werden diese Störungen meist durch die Aktivität bzw. Belastung, weniger durch strukturelle Störungen. Zusätzlich können bei Beschwerden der unteren Extremitäten Begleitsymptomen im LWS-Bereich auftreten. Diese werden durch Ausweichbewegungen, die den Bewegungsablauf verändern, ausgelöst. Ein insuffizientes oder dysbalanciertes Muskelkorsett mit ungenügender Kompensation der Impactkräfte gilt generell als Hauptursache (Mayer et al., 2001; Schache et al., 1999).

In der **disziplinspezifischen** Literatur wurden Beschwerden des unteren Rückens mit 3,4 % (Taunton et al., 2002) und 7 % (Glick & Katch, 1970) der Laufverletzungen angeführt. 13,6% der FreizeitläuferInnen vermerkten LWS-Beschwerden in einer Studie über das Auftreten, die Verbreitung und mögliche Risikofaktoren von LWS-Beschwerden (Woolf & Glaser, 2004). Ebenfalls in zwei Studien über LWS-Beschwerden bei FreizeitläuferInnen betrafen in etwa 10 % der gesamten Verletzungen den Lendenbereich (Jacobs & Berson, 1986; Taunton et al., 2003).

In der Studie von Cai und Kong (2015) wurden 18 LäuferInnen, 9 Männer und 9 Frauen, mit LWS-Beschwerden einer Kontrollgruppe mit gleicher Anzahl von Männern und Frauen gegenübergestellt. Es wurde untersucht, ob die Muskulatur der Hüfte und der unteren Extremitäten sowie der M. transversus abdominis Einfluss auf die Beschwerden im Lendenwirbelsäulenbereich haben.

Die AutorInnen konnten lediglich zeigen, dass die Knieextensoren und die Mm. multifidi lumbales bei den Männern Auswirkungen auf den LWS-Bereich hatten. Diminuierte Knieextensoren, insbesondere der Quadrizeps, führten zu einer unzureichenden Schockabsorption beim Laufen und letztlich zu einer erhöhten Belastung des LWS-Bereichs. Die Mm. multifidi lumbales waren ausschließlich bei den Männern ein Faktor für LWS-Schmerzen, da die Körpergröße diesbezüglich entscheidend ist (Cai & Kong, 2015).

In der Studie von Hamill et al. (2009) fanden sich drei Gruppen zu je elf TeilnehmerInnen. Die erste Gruppe (LBP) umfasste die LäuferInnen mit seit vier Monaten bestehendem unteren Rückenschmerz, der durch keine medizinische Diagnose bedingt war. In der zweiten Gruppe fanden sich ProbandInnen, die eine einmalige Episode von unterem Rückenschmerz mit der Dauer von zwei Wochen hatten, jedoch seit sechs Monaten schmerzfrei waren. Die Kontrollgruppe umfasste ProbandInnen ohne vorherige Schmerzen im LWS-Bereich. Die Laufstilanalyse zur Messung der Steifigkeit im Bereich Knöchel,

Knie und Hüfte erfolgte am Laufband, ergänzt durch Videoaufzeichnungen und fluoreszierende Marker an ausgewählten Gelenkspunkten. Unter steigender Belastung wurde ein Maximum der Laufleistung von 3,8 m/s gesetzt, um Ermüdungserscheinung bei einer Testdauer von 5 - 10 min zu provozieren. Dadurch mussten die ProbandInnen von ihrem subjektiv gewohnten Lauftempo (2,9 m/s) abweichen.

Es ergaben sich bezüglich der Steifigkeit im Knöchel- und Hüftbereich keinerlei Unterschiede zwischen den drei Gruppen. In der LBP-Gruppe fand sich jedoch eine deutlich erhöhte Steifigkeit im Bereich des Kniegelenks. Die Ursache des unteren Rückenschmerzes in Zusammenhang mit der Steifigkeit des Kniegelenks lag in der verminderten Schockabsorptionsfähigkeit. Eine vermehrte Flexion im Kniegelenk erzielt eine Verbesserung der Schockabsorption. Vertikale Erschütterungen werden direkt von der Fußsohle zum Kopf weitergeleitet. Der untere Rücken, im Besonderen der Bereich von L4 bis S1, dient als Verbindungspunkt der unteren Extremitäten mit dem axialen Skelett. Hier wird auch die vertikal fortgeleitete Schockwelle gedämpft und auf das axiale Skelett weitergeleitet. Aufgrund dieser anatomischen Gegebenheit erklären sich die Schmerzen im Bereich des unteren Rückens bei verminderter Schockabsorption. Durch eine vermehrte Flexion in den Kniegelenken würde es zu einer reduzierten Schockwelle im Bereich des unteren Rückens kommen. Bezüglich des Laufstils bei LäuferInnen mit bestehenden Schmerzen im Bereich des unteren Rückens sollte daher vor allem auf die vermehrte Flexion Acht gegeben werden, um die Schockwelle im LWS- Bereich zu reduzieren und den unteren Rücken zu entlasten (Hamill et al., 2009).

In einer mit Hamill et al. (2009) vergleichbaren Studie befassten sich Seay et al. (2014) mit der Auswirkung vom Beugen und Verdrehen der Hüfte auf den LWS-Bereich. Es wurden ebenfalls drei Gruppen zu je 14 TeilnehmerInnen untersucht. Die Gruppe mit Problemen im unteren Rückenbereich (LBP) wies milde bis moderate Schmerzen in den vorhergehenden vier Monaten auf. In der zweiten Gruppe, resolved pain group (RES), befanden sich seit sechs Monaten beschwerdefreie ProbandInnen. Die dritte Gruppe stellte die beschwerdefreie Kontrollgruppe (CTR) dar. Am Laufband wurde mittels Videoaufzeichnungen und fluoreszierenden Markern an ausgewählten Gelenkspunkten der Laufstil untersucht.

Der untere Rückenschmerz sowie ein erhöhtes Lauftempo führten zu einer vermehrten Innenrotations- sowie Flexionsstellung in der Hüfte. Diese Fehlhaltung führt zu einem verhaltenen Laufstil in der LBP-Gruppe. Es ist jedoch nicht klar, ob dieser „überwachte“ bzw. verhaltene Laufstil auf die Schmerzen zurückzuführen ist, oder ob die Schmerzen den Laufstil bedingen. Eine Veränderung der Winkelposition bzw. des Schnelligkeitsprofils sollten vom Therapeuten beachtet werden. Zusätzlich reicht ein einmaliges Auftreten von LWS-Schmerzen aus, um in den verhaltenen Laufstil zu kippen (Seay et al., 2014).

In der **triathlonspezifischen** Literatur sind nur wenige Angaben für Beschwerden im LWS-Bereich, die explizit mit dem Laufen in Verbindung gebracht werden, angeführt. In der Studie von Villavicencio et al. (2006) wurden 22,9 % der sportbezogenen LWS-Beschwerden dem Laufen zugeschrieben, und 45 % der von LWS-Schmerzen betroffenen

TriathletInnen führten in der Studie von Manninen und Kallinen (1996) das Laufen als Ursache für diese Beschwerden an. 3 % der überlastungsbedingten Verletzungen waren es bei Collins, wobei es 4,5 % in der Elite-Gruppe waren. Bei Triathleten der Olympischen Distanz war das Laufen bei den Developmental-Athleten mit 25 % und bei den Club-level-Athleten mit 57,1 % für die Beschwerden verantwortlich (Vleck & Garbutt, 1998).

Neben den radfahrbedingten Faktoren wie der aerodynamischen Position (Aerobar) und dem Wechsel vom Rad zum Laufen sind vor allem die Asymmetrien in der Rumpfmuskulatur für LWS-Probleme zu erwähnen (Manninen & Kallinen, 1996; Migliorini, 1991). Wie bei den LWS-Schmerzen im Radteil bereits vermerkt, sprechen Manninen und Kallinen (1996) von einem „overpowering“ der Flexoren der Rumpfmuskulatur. TriathletInnen mit LWS-Schmerzen wiesen eindeutig eine höhere Trainingszeit bzw. -häufigkeit der Bauchmuskulatur auf, mit der Annahme, dadurch die LWS-Beschwerden zu lindern. Die AutorInnen konnten jedoch nicht bestätigen, ob dies von der Ausführungsqualität der Übungen herrührt oder ob die betroffenen TriathletInnen erst aufgrund des Auftretens der LWS-Schmerzen mit dem Training der Flexoren der Rumpfmuskulatur begannen.

In der Studie von Miltner et al. (2012) zur Erfassung der muskulären Leistungsfähigkeit der Halswirbelsäule und der Lendenwirbelsäule bei Langstreckentriathleten hingegen kamen im Rumpfbereich eindeutig ein starkes muskuläres Kräfteungleichgewicht von Flexion/Extension zu Ungunsten der Flexoren und ein geringeres Ungleichgewicht in den Rotationsbewegungen zum Vorschein. Diesbezüglich ist anzumerken, dass myogene Balanceverhältnisse (Verhältnis Extensoren/Flexoren, Seitenbalancen in Rotation und Lateralflexion) und ein gutes Maximalkraftniveau der Muskulatur notwendig erscheinen, um Überlastungsschäden vorzubeugen. Außerdem wurde der Einfluss von Kraftwerten der Rumpfmuskulatur auf rezidivierende Beschwerden der Wirbelsäule bereits in einigen Studien nachgewiesen (Handa et al., 2000; Harts et al., 2008; Miltner et al., 2001).

In Zusammenhang mit LWS-Beschwerden ist hier noch der im Radteil bereits erwähnte kumulative Effekt der Radfahr- und Laufbelastung anzuführen. Im Besonderen ist der Wechsel der „off load“-Belastung beim Radfahren zur „on load“-Belastung beim Laufen, der beim Wettkampf bzw. beim Koppeltraining auftritt, zu erwähnen (Migliorini, 2011).

5 Fragestellungen und Hypothesen

Ziel dieser Dissertation war die Evaluierung der häufigsten Verletzungen und Schmerzen im Langdistanztriathlon. Es wurden die Zusammenhänge zwischen trainingsbezogenen Kennzahlen und häufigen Beschwerdebildern bei LangdistanztriathletInnen untersucht. Diesbezüglich wurden folgende spezifische Forschungsfragen gestellt:

- Was sind die häufigsten Verletzungen im Langdistanztriathlon bzw. im Triathlon allgemein und welche Verletzungen treten in den jeweiligen drei Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen häufig auf? Auf diese Ergebnisse aufbauend folgt die Frage: Können Risikofaktoren für das Auftreten von Verletzungen bestimmt werden und wenn ja, welche sind das?
- Können Unterschiede bei den verschiedenen Triathlondistanzen hinsichtlich der Verletzungen und den diesbezüglichen Risikofaktoren festgestellt werden?
- Gibt es verletzungsspezifische Unterschiede im Vergleich von Triathlon, im Speziellen Langdistanztriathlon, mit den jeweiligen Einzeldisziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen? Konkretisiert wird dies mit der Frage: Unterscheiden sich die Verletzungsmuster der Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen im Triathlon gegenüber den Einzeldisziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen?
- In Bezug auf die Erfassung der auftretenden Verletzungen im Triathlon, im Speziellen Langdistanztriathlon, bzw. bei den jeweiligen drei Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen stellen sich zusätzlich zwei Fragen:
 - Treten geschlechtsspezifische Unterschiede auf?
 - Zeigen sich Unterschiede zwischen den Leistungsklassen?

6 Methoden

In den nachstehenden Unterkapiteln werden das Studiendesign, die Stichprobe, das verwendete Messinstrument sowie die statistische Vorgehensweise beschrieben.

6.1 Studiendesign

Die Idee zu dieser Querschnittstudie entstand Ende des Jahres 2010 gemeinsam mit meinem triathlonbegeisterten Freund Ass.Dr. med. univ. Thomas Fladischer, der zu dieser Zeit die Ausbildung zum Facharzt für Chirurgie absolvierte. Das Ziel dieser multivariaten Studie war es, potentielle Risikofaktoren für triathlonassoziierte Verletzungen zu erkennen, um etwaigen Verletzungen bestmöglich vorzubeugen. Die Studienergebnisse können genutzt werden, um im sportmedizinischen/sportwissenschaftlichen Bereich tätigen Personen einen Überblick über die wichtigsten potentiellen Ursachen für typische sportartspezifische Verletzungsmuster zu geben. Unseres Erachtens spielen in der Sportmedizin/Sportwissenschaft auch präventive und beratende Tätigkeiten eine wichtige Rolle, weil durch eine optimale Trainingsplanung und die Minimierung von Risikofaktoren das Auftreten von Verletzungen reduziert werden kann.

Im Jänner 2011 begannen wir, unser Vorhaben praktisch umzusetzen und nahmen die ersten Vorbereitungsarbeiten in Angriff. Die meiste Zeit wurde dabei in die Erstellung des Fragebogens investiert. Einerseits ist damit die Struktur des Fragebogens wie Auswahl der Themenbereiche sowie der Fragestellungen gemeint, andererseits der Transfer des erstellten Fragebogens in eine ökonomische und übersichtliche Online-Version. Um dieses bestmöglich verwirklichen zu können, wurde eigens ein Online-Fragebogen und eine gesamte Website dafür programmiert.

Neben der Erstellung und Umsetzung des Online-Fragebogens und der Homepage von Jänner bis Juli 2011 war die Akquise der ProbandInnen ein wichtiges Thema. Für die Studie sollten nicht nur österreichische TriathletInnen, sondern auch TriathletInnen anderer Länder erreicht werden. Diesbezüglich wurden drei Generierungswege ausgeschöpft:

➤ **Triangle – Ironman Austria**

Entgeltlich wurden die Kontaktressourcen dieses Unternehmens in Anspruch genommen. Ein von uns verfasstes E-Mail wurde über dessen Verteiler an dessen registrierte TriathletInnen verschickt. Laut der Marketing-Abteilung des Unternehmens konnten auf diesem Wege um die 30.000 AthletInnen erreicht werden. Des Weiteren wurde auf der Homepage von Triangle Ironman Austria nach dem Ironman Austria 2011 ein Insert unserer Studie inklusiver Teilnahmeaufforderung eingeblendet.

- Österreichischer Triathlonverband
Ein Bericht über unsere Studie und die damit verbundene ProbandInnenstudie wurde zwei Mal auf der Homepage veröffentlicht. Des Weiteren informierte der Österreichische Triathlonverband per E-Mail die einzelnen Landesverbände darüber und diese – wie uns berichtet wurde – folglich ihre registrierten Triathlonvereine.
- Eigene Kontakte
Uns bekannte Vereine, TrainerInnen, SportlerInnen inner- und außerhalb Österreichs wurden von uns persönlich kontaktiert und um Mithilfe gebeten.

Nach einem Zeitraum von Juli 2011 bis März 2012 erhielten wir 1159 adäquat ausgefüllte Fragebögen aus 43 unterschiedlichen Nationen. Mit den akquirierten Daten haben wir in puncto Ausführlichkeit und hinsichtlich der TeilnehmerInnenanzahl die größte weltweit durchgeführte Studie zu dieser Thematik umgesetzt. Der große Umfang der Studie und die ausführliche Fragestellung bringen die Voraussetzung für eine sinnvolle und aussagekräftige statistische Auswertung mit sich.

6.2 Stichprobenbeschreibung

Im Rahmen der Stichprobenbeschreibung werden in Tabelle 46 zuerst die soziodemographischen Daten und ausgewählten Trainings- und Wettkampfdaten gezeigt. Im Anschluss werden die StudienteilnehmerInnen in Tabelle 47 gesondert nach Herkunft und nach Geschlecht aufgelistet.

Tabelle 46: Soziodemographische Daten und ausgewählte Trainings- und Wettkampfdaten

Variable	Gesamt			Männer			Frauen		
	Spannbreite			Spannbreite			Spannbreite		
	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$	min	max
Alter (Jahre)	40,8	19	79	41,1	19	79	39,5	22	65
Größe (cm)	178,2	147	203	179,9	147	203	167,3	147	188
Gewicht (kg)	73,0	54	119	75,3	54	119	59,7	45	90
BMI	23,0			23,3			21,3		
LD-Teilnahmen insgesamt	3,6	0	44	3,6	0	44	3,5	0	20
LD-Teilnahmen / Jahr	1,2	0	8	1,2	0	8	1,2	0	6
Trainingsjahre	6,5	0	44	6,4	0	44	6,8	0	25
Gesamtzeit (hh:mm)	11:31	08:22	16:23	11:24	08:22	15:40	12:10	09:28	16:23
Schwimmzeit (hh:mm)*	01:12	00:47	02:11	01:11	00:47	02:11	01:14	00:50	01:53
Radzeit (hh:mm)*	05:47	04:33	08:20	05:44	04:33	08:20	06:10	04:55	08:14
Laufzeit (hh:mm)*	04:12	02:48	07:00	04:10	02:48	07:00	04:26	03:21	06:40

BMI (Body Mass Index) = (Gewicht in kg/Körpergröße in m²); $\bar{x}$ = Mittelwert; min = Minimum; max = Maximum; * Angegebene Zeiten beziehen sich auf die beste Zeit des Athleten, der Athletin je Disziplin. Die erzielten Zeiten für das Schwimmen, Radfahren und Laufen können bei unterschiedlichen Langdistanzwettbewerben erzielt worden sein.

Tabelle 47: Herkunft der Studienteilnehmer/innen

Herkunft	Gesamt	Männer	Frauen
Deutschland	425	360	65
Österreich	222	195	27
Frankreich	95	92	3
Großbritannien	78	69	9
Italien	50	44	6
USA	36	21	15
Spanien	32	32	0
Belgien	28	28	0
Schweiz	26	21	5
Kanada	22	10	12
Schweden	18	14	4
Irland	15	14	1
Niederlande	14	12	2
Dänemark	13	10	3
Neuseeland	11	5	6
Israel	9	7	2
Slowenien	8	7	1
Australien	7	4	3
Tschechien	5	5	0
Norwegen	5	4	1
Luxemburg	4	4	0
Mexiko	4	4	0
Slowakei	4	3	1
Chile	3	3	0
Südafrika	3	2	1
Finnland	2	1	1
Marokko	2	2	0
Polen	2	2	0
Portugal	2	2	0
Algerien	1	1	0
Andorra	1	0	1
Argentinien, Brasilien, Costa Rica, Kroatien, Ghana, Griechenland, Guadeloupe, Japan, Litauen, Serbien	1	1	0
Total	1159	990	169

Unter <http://www.triathlon-research.com> können weitere Ergebnisse zu den nachstehenden Bereichen eingeholt werden:

- Training
- Technik
- Regeneration
- Material
- Nahrungsergänzungsmittel
- Verletzungen

6.3 Messinstrument

Ziel dieser Querschnittsstudie war es, einen großen, internationalen Stichprobenumfang zu erzielen. Aus ökonomischen und organisatorischen Gründen eignet sich im heutigen Zeitalter das Internet am besten dafür. Um die Daten optimal speichern und statistisch auswerten zu können sowie eine Anonymisierung der TeilnehmerInnen zu gewährleisten, wurde eigens ein Online-Fragebogen programmiert.

Da es sich erfahrungsgemäß bei den TriathletInnen um eine engagierte Zielgruppe handelt, wurde es riskiert, einen umfangreicheren Fragebogen mit einer Ausfülldauer von 20 - 30 Minuten ins Netz zu stellen.

Der Online-Fragebogen stand/steht den TriathletInnen auf der Homepage www.triathlon-research.com weltweit in fünf Sprachen zur Verfügung. Neben der deutschen Sprache können zusätzlich Englisch, Spanisch, Französisch und Italienisch ausgewählt werden. Der Fragebogen, der 87 Hauptfragen mit unterschiedlich vielen Unterfragen beinhaltet, wurde in nachstehende vier große Hauptbereiche gegliedert und ist vollständig im Anhang einzusehen:

- **Intrinsische Faktoren: Allgemeine Informationen, Anthropometrie (Frage 1-14)**
Größe, Gewicht, Nation, anatomische Auffälligkeiten, Splitzeiten, Anzahl Triathlonjahre, Anzahl an Triathlonveranstaltungen pro Jahr...
- **Extrinsische Faktoren: Trainingsgewohnheiten (Frage 15-57)**
Anzahl an Trainingsstunden/-kilometer und an Stabilitäts-/Ausgleichstraining pro Disziplin, Regenerationsmaßnahmen, individuell angepasste Trainingsgeräte...
- **Nahrungsergänzungsmittel (Frage 58-63)**
Welche Mikronährstoffe und welche Dosierung, Beweggründe zur Einnahme, von wem empfohlen...
- **Verletzungen (Frage 64-87)**
Vergleich der Verletzungen vor und ab dem Triathlontraining, Gliederung nach traumatisch, atraumatisch, akut, chronisch, akut chronisch und nach Beschwerdebildern, Disziplinen, Behandlungsmethoden, Regenerationszeiten...

Die Struktur dieses Fragebogens mit den unterschiedlichen Bereichen ermöglicht Verknüpfungen, die bis dato in dieser Art und Weise in Sport-Umfragen kaum Verwendung gefunden haben. Einerseits ist dies auf den enormen Umfang bzw. auf die vielen Bereiche mit den dazugehörigen Fragestellungen zurückzuführen. Andererseits werden bei den Verletzungsfragen durch die programmierten Loops detaillierte Aufschlüsse zu den unterschiedlichen betroffenen Strukturen (Sehne, Schleimbeutel, Gelenkscapsel...) des jeweils abgefragten Beschwerdebildes (Knie, Schulter...) ermöglicht. Informationen, ob die Verletzung im Training oder im Wettkampf geschah, traumatischen (Sturz, Zusammenstoß...) oder atraumatischen Ursprungs (Überbelastung/-beanspruchung) war, sich aus dem Technik- oder Materialsektor (angepasstes oder nicht angepasstes Rennrad oder Laufschuh) generierte, wie die Verletzung behandelt (operativ,

konservativ, alternativ...) wurde und wie lange letztlich pausiert werden musste, können damit zusammengetragen werden.

Des Weiteren können durch diese Loops mehrmalige (unterschiedliche) Verletzungen an einem Körperteil separat erfasst sowie Verletzungen vor und ab dem Triathlontraining gesondert ausgewertet und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Der Einbau von Drop-down-Buttons und einer mitlaufenden Prozentanzeige der bereits beantworteten Fragen ermöglichen eine gute Übersicht und Orientierung.

6.4 Statistische Analysen

Die Datenanalyse wurde mit dem Programm Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) durchgeführt. Im Zuge der Fertigstellungsdauer dieser Arbeit wurden die Versionen 20.0, 22.0 und 24.0 verwendet.

Aufgrund der sorgfältigen Beantwortung des Fragebogens durch die teilnehmenden TriathletInnen musste in Relation zur Anzahl der zu beantwortenden Fragebögen nur eine geringe Anzahl an Fragebögen von der statistischen Auswertung ausgenommen werden. Insgesamt wurden 1159 von 1209 beantworteten Fragebögen in die Analyse aufgenommen.

In einem ersten Schritt wurden bivariate Analysen durchgeführt. Hierfür wurden die abhängigen Variablen jeweils dichotomisiert in Schmerzen/Verletzung vorhanden vs. nicht vorhanden (siehe Tabelle 48). Die unabhängigen Variablen wurden je nach der Antwortverteilung dichotomisiert oder drei- bzw. mehrfach geteilt (siehe Tabellen 50 - 60). Ob es Unterschiede zwischen den Gruppen gibt, wurde mit dem Chi-Quadrat-Test überprüft.

Unter Verwendung der binären logistischen Regressionsanalyse wurden jene unabhängigen Variablen gesucht, die Einfluss auf die jeweilige abhängige Variable haben. Wie von Hosmer und Lemeshow (1989) vorgeschlagen wurden nur diejenigen unabhängigen Variablen in die multivariate Analyse (binäre logistische Regressionsanalyse) miteinbezogen, die in der bivariaten Analyse einen p-Wert kleiner als 0,25 aufwiesen.

Im multivariaten Modell wurden die für die jeweilige Disziplin bedeutsamen unabhängigen Variablen wie Alter (Altersklassen) und anatomische Auffälligkeiten fix in das Modell aufgenommen (Einschluss), weil sie durch das Training (fast) nicht verändert werden können. Die verbleibenden unabhängigen Variablen der Bereiche Training, Technik, Erholung, Level und Verletzungsprophylaxe wurden mit dem Modellauswahlverfahren „Rückwärtsselektion“ dem Modell hinzugefügt, um deren Auswirkung auf die jeweilige abhängige Variable zu überprüfen. In die endgültigen Modelle wurden alle unabhängigen Variablen mit einem p-Wert kleiner als 0,05 einbezogen.

In den nachstehenden Tabellen 48 und 49 wird ein Überblick über die jeweiligen disziplinspezifischen abhängigen und unabhängigen Variablen gegeben. Weitere Informationen bezüglich dieser Variablen können aus dem im Anhang befindlichen Fragebogen entnommen werden.

In den Tabellen 50 bis 60 sind jene unabhängigen Variablen der Bereiche Training, Technik, Erholung, Level und Verletzungsprophylaxe aufgelistet, die in den entsprechenden bivariaten Analysen einen p-Wert kleiner als 0,25 aufwiesen und somit in die multivariate Analyse (binäre logistische Regressionsanalyse) miteinbezogen wurden. Die fixen, unabhängigen Variablen „Alter“ und „anatomische Auffälligkeiten“ wurden nur dann nicht in das jeweilige multivariate Modell aufgenommen, wenn die Anzahl an ProbandInnen in einzelnen Zellen zu gering war.

Wie in Tabelle 50 zu sehen ist, wurden die unabhängigen Variablen Achsabweichungen, Beinlängendifferenzen, Pronations- und Supinationsstellung (Fuß) des ersten Bereichs „Alter und anatomische Auffälligkeiten“ aufgrund theoretisch mangelnder Relevanz in Bezug auf Schulterschmerzen nicht in das multivariate Modell aufgenommen.

Tabelle 48: Abhängige Variablen der binär logistischen Regressionsmodelle

Schwimmen	Radfahren	Laufen
Schulterschmerzen	Schmerzen im LWS-Bereich	Achillodynie
	Schmerzen im HWS-Bereich	Schmerzen im Kniebereich*
	Schmerzen im Genitalbereich	Shin Splints
	Schmerzen im Kniebereich	Fasciitis plantaris
		Schmerzen im LWS-Bereich

* unterteilt in Runner's Knee (PFSS) und Iliotibialen Band-Syndrom (ITBS)

Tabelle 49: Überblick unabhängiger Variablen in den logistischen Regressionsmodellen

Schwimmen		Radfahren		Laufen	
Fixe unabhängige Variablen (Einschluss)					
Bereich: Alter + anatomische Auffälligkeiten	Alter (Altersklassen)				
	Haltungsschäden				
	Achsabweichungen				
	Beinlängendifferenzen				
	Pronationsstellung (Fuß)				
	Supinationsstellung (Fuß)				
unabhängige Variablen (Rückwärtsselektion)					
Bereich: Training Trainingsbezogene Kennzahlen pro Woche	Gesamttraining (h)				
	Kilometer				
	Stunden				
	intensive Einheiten (>85% der max. Leistung)				
	Oberkörper-Krafteinheiten				
	Rumpf-Krafteinheiten				
	Unterkörper-Krafteinheiten				
	spezielle disziplinspezifische Dehn-/Beweglichkeitseinheiten				
	spezielle disziplinspezifische Stabilisations-/ Ausgleichskrafteinheiten				
	Anteil Schwimmpaddels		Anteil in Aero-Position		Anteil hügeliger km
	Anteil Widerstandstraining		Koppeltrainingseinheiten		
	Anteil Pull-Buoy				
	Anteil Schwimmpaddels mit Pull-Buoy				
Bereich: Technik	disziplinspezifisches Techniktraining				
			angepasstes Rennrad	Art des Laufbelags	
			angepasster Laufschuh		
Bereich: Erholung	Art des Fußaufsatzes				
	Regenerationseinheiten pro Woche				
	Pausengestaltung – individuell angepasst				
	Pausengestaltung – subjektiv ausreichend				
Ber.: Level	Art der Trainingseinstellung				
	Langdistanzteilnahmen insgesamt				
	Performancelevel				
B.: VP	Schwimmpformance		Radperformance		Laufperformance
	allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche				
	präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr				

B. oder Ber. = Bereich; VP = Verletzungsprophylaxe

Tabelle 50: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schulterschmerzen im Schwimmen bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
Schulterschmerzen (m)	1 Altersklassen (Jahre)	2	≤40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	3	≤10 h / 11-15 h / ≥16 h
	Kilometer pro Woche	2	≤6 km / >6 km
	Stunden pro Woche	2	≤2 h / >2 h
	Anteil intensive Einheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	Rumpf-Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	2 spezielle Dehn-/Beweglichkeitseinheiten	2	0 EH / ≥1 EH
	spezielle Stabilisations-/Ausgleichskrafteinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	Anteil Widerstandstraining (%)	2	0 % / >0 %
	Anteil Pull-Buoy (%)	3	0 % / 1-10 % / >10 %
	Anteil Schwimmpaddels mit Pull-Buoy (%)	2	0 % / >0 %
	3 Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	4 Regenerationseinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	5 Langdistanzteilnahmen insgesamt	2	≤1 TN / ≥2 TN
Schulterschmerzen (w)	Schwimmpformance (hh:mm)	3	high = <01:00 / middle = 01:00-01:14 / low = ≥01:15
	1 Altersklassen (Jahre)	2	≤40 / ≥41
	Haltungsschäden	2	ja; nein
	Kilometer pro Woche	3	<6 km / 6-10 km / >10 km
	Stunden pro Woche	2	≤2 h / >2 h
	Anteil intensive Einheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche	2	≤1 EH / ≥2 EH
	spezielle Stabilisations-/Ausgleichskrafteinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	Langdistanzteilnahmen insgesamt	2	≤1 TN / ≥2 TN
	5 Performance level (hh:mm)	2	high = <10:30 / low + middle = ≥10:30
	allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	2	≤1 EH / ≥2 EH
	6 präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr	2	0 Mal / ≥1 Mal

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 51: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für LWS-Schmerzen beim Radfahren bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
LWS-Schmerzen (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Kilometer pro Woche	3	≤150 km / 150-300 km / >300 km
	Anteil intensive Einheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	2 Oberkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	Unterkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	Anteil in Aero-Position (%)	4	≤10 % / 11-30 % / 31-50 % / >50 %
	4 Pausengestaltung – individuell angepasst	2	ja / nein
	Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	5 Performance level (hh:mm)	2	middle + high = <13:00 / low = ≥13:00
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	4	0 EH / 1 EH / 2 EH / ≥3 EH
LWS-Schmerzen (w)	Altersklassen (Jahre)	3	≤30 / 31-40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	3 Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	Regenerationseinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	4 Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 52: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für HWS-Schmerzen beim Radfahren bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
HWS-Schmerzen (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	3	≤10 h / 11-15 h / ≥16 h
	2 Kilometer pro Woche	2	≤150 km / >150 km
	Stunden pro Woche	3	≤5 h / 6-8 h / ≥9 h
	3 angepasstes Rennrad	2	ja / nein
	Pausengestaltung – individuell angepasst	2	ja / nein
	4 Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	Langdistanzteilnahmen pro Jahr	2	≤1 TN / ≥2 TN
	5 Performance level (hh:mm)	2	middle + high = <13:00 / low = ≥13:00
	Radperformance (hh:mm)	3	high = <05:05 / middle = 05:05-05:59 / low = ≥06:00
HWS-Schmerzen (w)	Altersklassen (Jahre)	3	≤30 / 31-40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	2 spezielle Dehn-/Beweglichkeitseinheiten	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	3 Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	Pausengestaltung – individuell angepasst	2	ja / nein
	4 Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	3	≤1 EH / 2 EH / ≥3 EH

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 53: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im Genitalbereich beim Radfahren bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
Genital-Schmerzen (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	Achsabweichungen	2	ja / nein
	1 Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	2 Unterkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	spezielle Dehn-/Beweglichkeitseinheiten	2	0 EH / ≥1 EH
	4 Regenerationseinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	Art der Trainingseinstellung	2	strikt nach Trainingsplan / Trainingsplan nach Gefühl abändern
	5 Performance level (hh:mm)	2	middle + high = <13:00 / low = ≥13:00
Genital-Schmerzen (w)	Altersklassen (Jahre)	3	≤30 / 31-40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	Achsabweichungen	2	ja / nein
	1 Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	3	≤10 h / 11-15 h / ≥16 h
	Stunden pro Woche	2	≤8 h / ≥9 h
	2 Anteil intensive Einheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche	2	≤1 EH / ≥2 EH
	spezielle Dehn-/Beweglichkeitseinheiten	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	3 Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 54: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im Kniebereich beim Radfahren bei den Männern

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
Knie-Schmerzen (m)	Altersklassen (Jahre)	3	≤30 / 31-40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	3	≤10 h / 11-15 h / ≥16 h
	2 Anteil intensive Einheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche	2	≤1 EH / ≥2 EH
	spezielle Stabilisations-/Ausgleichskrafteinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	4 Pausengestaltung – individuell angepasst	2	ja / nein
	5 Radperformance (hh:mm)	3	high = <05:05 / middle = 05:05-05:59 / low = ≥06:00
	allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	3	≤1 EH / 2-3 EH / ≥4 EH
	6 präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr	3	0 Mal / 1 Mal / ≥2 Mal

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer

An dieser Stelle können für Schmerzen im Kniebereich beim Radfahren bei den Frauen aufgrund der in Kapitel 7.2.3 erklärten Sachlage keine Werte angeführt werden.

Tabelle 55: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Achillessehnenschmerzen beim Laufen bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
Achillodynie (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	2 Koppeltrainingseinheiten	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	3 Art des Laufuntergrunds	2	Asphalt, Laufbahn / weicher Laufuntergrund
	angepasster Laufschuh	2	ja / nein
	4 Regenerationseinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	6 präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr	3	0 Mal / 1 Mal / ≥2 Mal
Achillodynie (w)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Kilometer pro Woche	3	≤30 km / 31-50 km / >50 km
	Oberkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	2 Rumpf-Krafteinheiten pro Woche	3	≤1 EH / 2 EH / ≥3 EH
	Unterkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	Koppeltrainingseinheiten	2	≤1 EH / ≥2 EH
	3 angepasster Laufschuh	2	ja / nein
	5 Langdistanzteilnahmen pro Jahr	2	≤1 TN / ≥2 TN
	Performance level (hh:mm)	2	high = <10:30 / low + middle = ≥10:30
	6 präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr	2	0 Mal / ≥1 Mal

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 56: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im anterioren Kniebereich beim Laufen bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
Runner´s Knee (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	3	≤10 h / 11-15 h / ≥16 h
	2 Oberkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	Rumpf-Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	3 Unterkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	angepasster Laufschuh	2	ja / nein
	4 Art des Fußaufsatzes	3	Ballen / ganzer Fuß / Ferse
	Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	5 Langdistanzteilnahmen pro Jahr	3	0 TN / 1 TN / ≥2 TN
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	4	0 EH / 1 EH / 2 EH / ≥3 EH
Runner´s Knee (w)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	1 Haltungsschäden	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Kilometer pro Woche	2	≤30 km / ≥31 km
	Stunden pro Woche	2	≤5 h / ≥6 h
	2 Anteil hügeliger Kilometer	2	≤10 % / ≥11 %
	Rumpf-Krafteinheiten pro Woche	3	<2 EH / 2 EH / ≥3 EH
	3 Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	4 Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	5 Performance level (hh:mm)	3	high = <10:30 / middle = 10:30-13:39 / low = ≥13:40
	Laufperformance (hh:mm)	3	high = <03:40 / middle = 03:40-04:43 / low = ≥04:44
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	3	≤1 EH / 2-3 EH / ≥4 EH

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 57: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im lateralen Kniebereich beim Laufen bei den Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
ITBS-Schmerzen (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Stunden pro Woche	2	≤5 h / ≥6 h
	2 Anteil intensive Einheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	3 angepasster Laufschuh	2	ja / nein
	Pausengestaltung – individuell angepasst	2	ja / nein
	4 Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	Langdistanzteilnahmen pro Jahr	2	≤1 TN / ≥2 TN
	5 Laufperformance (hh:mm)	3	high = <03:30 / middle = 03:30-04:29 / low = ≥04:30
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	4	0 EH / 1 EH / 2 EH / ≥3 EH
ITBS-Schmerzen (w)	präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr	3	0 Mal / 1 Mal / ≥2 Mal
	Altersklassen (Jahre)	2	≤40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	3	≤10 h / 11-15 h / ≥16 h
	2 Kilometer pro Woche	2	≤30 km / ≥31 km
	Anteil hügeliger Kilometer	2	≤10 % / ≥11 %
	Performance level (hh:mm)	2	middle + high = <13:40 / low = ≥13:40
	5 Laufperformance (hh:mm)	2	middle + high = <04:44 / low = ≥04:44
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	3	≤1 EH / 2 EH / ≥3 EH

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 58: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im anterioren Schienbeinbereich beim Laufen bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
Shin Splints (m)	Altersklassen (Jahre)	3	≤30 / 31-40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Achsabweichungen	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	3	≤10 h / 11-15 h / ≥16 h
	Kilometer pro Woche	3	≤30 km / 31-50 km / ≥51 km
	Stunden pro Woche	2	≤5 h / ≥6 h
	2 Anteil intensive Einheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	spezielle Dehn-/Beweglichkeitseinheiten	4	0 EH / 1 EH / 2 EH / ≥3 EH
	Anteil hügeliger Kilometer	3	≤10 % / 11-20 % / >20 %
	Koppeltrainingseinheiten	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	3 Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	angepasster Laufschuh	2	ja / nein
	4 Pausengestaltung – individuell angepasst	2	ja / nein
	5 Performance level (hh:mm)	3	high = <10:00 / middle = 10:00-12:59 / low = ≥13:00
	Laufperformance (hh:mm)	3	high = <03:30 / middle = 03:30-04:29 / low = ≥04:30
Shin Splints (w)	Altersklassen (Jahre)	3	≤30 / 31-40 / >40
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	1 Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	2 spezielle Stabilisations-/Ausgleichskrafteinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	4 Regenerationseinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	3	≤1 EH / 2 EH / ≥3 EH

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 59: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im Fußsohlenbereich beim Laufen bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
Fasciitis plantaris (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	1 Haltungsschäden	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	2 Koppeltrainingseinheiten	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	3 Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	angepasster Laufschuh	2	ja / nein
	5 Laufperformance (hh:mm)	3	high = <03:30 / middle = 03:30-04:29 / low = ≥04:30
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	4	0 EH / 1 EH / 2 EH / ≥3 EH
Fasciitis plantaris (w)	Altersklassen (Jahre)	2	≤40 / >40
	1 Haltungsschäden	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Gesamttraining (h) pro Woche	2	≤15 h / ≥16 h
	Stunden pro Woche	2	≤5 h / ≥6 h
	2 spezielle Stabilisations-/Ausgleichskrafteinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	Techniktraining	2	ja (block- + regelmäßig) / nein
	3 Art des Laufuntergrunds	2	Asphalt, Laufbahn / weicher Laufuntergrund
	angepasster Laufschuh	2	ja / nein
	6 präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr	2	0 Mal / ≥1 Mal

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

Tabelle 60: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im LWS-Bereich beim Laufen bei Männern und Frauen

	unabhängige Variablen	Gruppenanzahl	Gruppenbeschreibung
LWS-Schmerzen (m)	Altersklassen (Jahre)	4	≤30 / 31-40 / 41-50 / >50
	Haltungsschäden	2	ja / nein
	Achsabweichungen	2	ja / nein
	1 Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Supinationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Kilometer pro Woche	3	≤30 km / 31-50 km / >50 km
	2 Unterkörper -Krafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	spezielle Stabilisations-/ Ausgleichskrafteinheiten pro Woche	2	0 EH / ≥1 EH
	3 Art des Laufuntergrunds	2	Asphalt, Laufbahn / weicher Laufuntergrund
	Art des Fußaufsatzes	3	Ballen / ganzer Fuß / Ferse
	4 Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	Art der Trainingseinstellung	2	strikt nach Trainingsplan / Trainingsplan nach Gefühl abändern
LWS-Schmerzen (w)	Altersklassen (Jahre)	2	≤40 / >40
	1 Haltungsschäden	2	ja / nein
	Beinlängendifferenzen	2	ja / nein
	Pronationsstellung (Fuß)	2	ja / nein
	Kilometer pro Woche	3	≤30 km / 31-50 km / >50 km
	Stunden pro Woche	2	≤5 h / ≥6 h
	2 Oberkörper -Krafteinheiten pro Woche	2	≤1 EH / ≥2 EH
	spezielle Dehn-/Beweglichkeitseinheiten	3	≤1 EH / 2 EH / ≥3 EH
	spezielle Stabilisations-/ Ausgleichskrafteinheiten pro Woche	3	0 EH / 1 EH / ≥2 EH
	Koppeltrainingseinheiten	2	≤1 EH / ≥2 EH
	4 Regenerationseinheiten pro Woche	2	≤1 EH / ≥2 EH
	Pausengestaltung – subjektiv ausreichend	2	ja / nein
	6 allgemeine Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche	3	≤1 EH / 2-3 EH / ≥4 EH
	präventive Besuche bei SportmedizinerIn pro Jahr	2	0 Mal / ≥1 Mal

1 = Bereich Alter und anatomische Auffälligkeiten; 2 = Bereich Training; 3 = Bereich Technik; 4 = Bereich Erholung; 5 = Bereich Level; 6 = Verletzungsprophylaxe; m = Männer; w = Frauen

7 Ergebnisse

Die Beschwerdebilder der jeweiligen Disziplinen wurden in zwei Gruppen unterteilt: Erstens Beschwerden, die durch ein Trauma wie Sturzgeschehen bzw. Zusammenstoß entstanden sind, zweitens Beschwerden atraumatischen Ursprungs, welche meist auf Überbelastung und Überbeanspruchung zurückzuführen sind.

In dieser Arbeit wird vorwiegend auf die atraumatischen Verletzungen eingegangen, weil sie meist auf „falschem“ Training oder auf menschlicher Unwissenheit beruhen und daher die Ursachen veränderbar sind. Stürze und Zusammenstöße geschehen unerwartet und sind von dem Sportler/der Sportlerin unbeabsichtigt. Daher werden ihre Auswirkungen nur in einem kurzen Überblick vorgestellt.

Des Weiteren kann generell zwischen akuten und chronischen Verletzungen oder Erkrankungen unterschieden werden. Unter akut versteht man einen Zeitraum von Stunden und Tagen, bei chronisch hingegen kann es sich um Wochen und Monate handeln. Hierbei darf nicht übersehen werden, dass langjährig durch Training „gezüchtete“ chronische Erkrankungen zuerst akut auftreten.

7.1 Schwimmen

In diesem Unterkapitel werden die Probleme im Schwimmen beschrieben. Hier werden zu Beginn kurz die häufigsten Beschwerden angeführt und auf die Schulter näher eingegangen, da sie jenen Körperbereich darstellt, der beim Schwimmen am häufigsten in Mitleidenschaft gezogen wird.

Die nachstehende Tabelle 61 und Tabelle 62 verschaffen einen Überblick über die häufigsten Beschwerdebilder bezüglich Verletzungen und Krankheiten, die laut den ProbandInnen auf das Schwimmen zurückzuführen sind.

Tabelle 61: Häufige Verletzungen beim Schwimmen (N = 989 Männer; N = 168 Frauen)

Beschwerdebilder	Männer (%)	Frauen (%)	Gesamt (%)
Schulterschmerzen	18,7	21,4	19,1
Schmerzen im Bereich der HWS	2,3	1,8	2,2
Schmerzen beim Ellbogen(gelenk)	2,0	1,8	2,0
Schmerzen am Oberarm	1,1	2,4	1,3

Tabelle 62: Häufige Krankheiten beim Schwimmen (N = 989 Männer; N = 168 Frauen)

Beschwerdebilder	Männer (%)	Frauen (%)	Gesamt (%)
Fußpilz	10,5	8,9	10,3
Chronischer Schnupfen	9,5	6,0	9,0
Chlorallergie	7,5	16,1	8,7
Ohrenbeschwerden*	7,4	14,3	8,4

* z. B. Mittelohrentzündung

7.1.1 Schulter

Wie in Tabelle 61 zu sehen ist, treten Beschwerden am häufigsten im Schulterbereich auf. Daher wird im Folgenden nur die Schulter untersucht und die anderen Beschwerdebilder außer Acht gelassen.

Bei den Männern haben 84,9 % und bei den Frauen 76,5 % der Schulterbeschwerden einen atraumatischen Ursprung. Welche Strukturen der Schulter durch diese Überbeanspruchung und Überlastung in Mitleidenschaft gezogen wurden, wird in nachstehender Tabelle 63 gezeigt.

Tabelle 63: Anteil betroffener Strukturen bei Schulterbeschwerden (N = 142 Männer; N = 24 Frauen)

Betroffene Strukturen	Männer (%)	Frauen (%)	Gesamt (%)
Sehne	47,9	54,2	48,8
Muskel	38,7	50,0	40,4
Gelenkscapsel	14,8	12,5	14,5
Sehnenscheide	14,1	12,5	13,9
Schleimbeutel	9,9	12,5	10,2
Band	9,9	4,2	9,0
Knorpel	2,8	4,2	3,0

In Tabelle 64 werden die Faktoren bzw. die unabhängigen Variablen, die einen signifikanten Zusammenhang mit Schulterschmerzen aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet und nachstehend ausformuliert.

Tabelle 64: Zusammenhang zwischen Schwimmtraining und Schulterschmerzen

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Schwimmtechniktraining	835			
	ja	413	1		
	nein	422	0,69	0,47 – 1,00	0,048
	Widerstandstraining	835			
	0 % Anteil beim Schwimmen	722	1		
	>0 % Anteil beim Schwimmen	113	1,68	1,04 – 2,69	0,033
w	Rumpf-Krafttraining	835			
	>1 Einheit/Woche	278	1		
	1 Einheit/Woche	326	0,91	0,60 – 1,37	0,656
	0 Einheiten/Woche	231	0,55	0,33 – 0,91	0,021
	Schwimmkilometer/Woche	154			
	<6 Kilometer	63	1		
	6-10 Kilometer	69	4,00	1,45 – 10,99	0,007
	>10 Kilometer	22	4,84	1,34 – 17,40	0,016

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

Die Athleten, die kein Schwimmtechniktraining absolviert haben, leiden weniger an Schmerzen (OR = 0,69) als die Gruppe, die an Schwimmtechniktrainings teilnahmen. Die Männer, die ein Widerstandstraining beim Schwimmen durchführen, haben mehr Schmerzen (OR = 1,68) im Schulterbereich als diejenigen, die auf diese Trainingsmethode verzichten. Bei den Triathleten, die kein Rumpf-Krafttraining absolvieren, ist das Auftreten von Schulterschmerzen (OR = 0,55) signifikant geringer als bei ihren Sportkollegen, die mehr als einmal pro Woche ihren Rumpf kräftigen.

Frauen

Bei den Gruppen der Athletinnen, die zwischen sechs und zehn (OR = 4,00) und über zehn Kilometer (OR = 4,84) pro Woche schwimmen, ist die Chance, an Schulterschmerzen zu leiden, viermal so hoch, wie in der Vergleichsgruppe, die pro Woche weniger als sechs Kilometer schwimmen.

7.2 Radfahren

Beim Radfahren wurden die Beschwerdebilder traumatischer Natur in drei Kategorien hinsichtlich der betroffenen Strukturen eingeteilt. In den Tabellen 66, 67 und 68 werden die am meisten betroffenen Körperbereiche der Kategorien „Knochenbruch“, „Prellung/Verstauchung/Bandverletzung“ und „muskuläre Verletzung“ angeführt. Zu Beginn werden die Werte der zuvor genannten Tabellen in Tabelle 65 kumuliert und somit einen Gesamtüberblick der am häufigsten durch ein Trauma in Mitleidenschaft gezogenen Körperregionen beim Radfahren verschafft. Die absoluten und relativen Werte in den Tabellen beziehen sich auf die Anzahl der ProbandInnen n (%), die sich zumindest einmal am jeweiligen Körperbereich Verletzungen zugezogen haben. Mehrfach Verletzungen der ProbandInnen an demselben Bereich pro Kategorie wurden nicht erfasst.

Da TriathletInnen sich Verletzungen an mehreren Körperbereichen pro Kategorie zugezogen haben könnten, ist es nicht möglich aufzuzeigen, wie viele AthletInnen keine Verletzungen pro Kategorie hatten. Dies kann nur für jeden Körperbereich pro Kategorie bestimmt werden. Ein Beispiel zum besseren Verständnis nachstehender Tabellen: Von den 989 männlichen Probanden wiesen z. B. 70 Triathleten (7,1 %) Frakturen im Schulterbereich auf, davon betrafen 58,6 % das Schlüsselbein.

Tabelle 65: Rad – Beschwerden insgesamt (N = 989 Männer; N = 168 Frauen)

Gesamt (Tabelle 66, 67, 68)					
Betroffene Bereiche	Männer		Frauen		Gesamt
	n	(%)	n	(%)	n (%)
Schulter	196	19,8	30	17,9	226 19,5
davon Schlüsselbein	60	30,6	8	26,7	68 30,1
Hand	126	12,7	24	14,3	152 13,1
davon Handgelenk	48	38,1	8	33,3	56 36,8
Knie	102	10,3	25	14,9	127 11,0
Oberschenkel	98	9,9	16	9,5	114 9,9

Insgesamt wurden bei den Triathleten und Triathletinnen 1165 und 211 traumatische Verletzungen vermerkt. Der Anteil der Schulter betrug 16,8 % bzw. 14,2 % und der des Handbereichs 10,8 % bzw. 14,4 %. Das Knie und der Oberschenkel machten jeweils 8,8 % bzw. 11,8 % und 8,4 % bzw. 7,6 % aus.

Tabelle 66: Rad – Knochenbruch (N = 989 Männer; N = 168 Frauen)

Kategorie Knochenbruch						
Betroffene Bereiche	Männer		Frauen		Gesamt	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Schulter	70	7,1	10	6,0	80	6,9
davon Schlüsselbein	41	58,6	6	60,0	47	58,8
Hand	61	6,2	10	6,0	71	6,1
davon Handgelenk	30	49,2	4	40,0	34	47,9
Brustkorb	27	2,7	6	3,6	33	2,9
Ellbogen(gelenk)	18	1,8	7	4,2	25	2,2

Die Männer und Frauen wiesen 299 bzw. 52 Frakturen auf. Davon betrafen hauptsächlich 23,4 % bzw. 19,2 % den Schulterbereich und 20,4 % bzw. 19,2 % den Handbereich. 9,0 % bzw. 11,5 % und 6,0 % bzw. 13,5 % machten der Brustkorb und das Ellbogen(gelenk) aus.

Tabelle 67: Rad – Prellung/Verstauchung/Bandverletzung (N = 989 Männer; N = 168 Frauen)

Kategorie Verstauchung/Prellung/Bandverletzung						
Betroffene Bereiche	Männer		Frauen		Gesamt	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Schulter	98	9,9	18	10,7	116	10,0
davon Schlüsselbein	19	19,4	2	11,1	21	18,1
Hüfte	73	7,4	14	8,3	87	7,5
Knie	60	6,1	14	8,3	74	6,4
Knöchel/Sprunggelenk	47	4,8	15	8,3	62	5,4

In dieser Kategorie waren 627 bzw. 121 Verletzungen auf die Athleten und Athletinnen zurückführen. Die am häufigsten betroffenen Bereiche stellten die Schulter mit 15,6 % bzw. 14,9 %, die Hüfte mit je 11,6 %, das Knie mit 9,6 % bzw. 11,6 % und der Knöchel/Sprunggelenk-Bereich mit 7,5 % bzw. 12,4 % dar.

Tabelle 68: Rad – Muskuläre Verletzung (N = 989 Männer; N = 168 Frauen)

Kategorie Muskuläre Verletzung						
Betroffene Bereiche	Männer		Frauen		Gesamt	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Oberschenkel	51	5,2	6	3,6	57	4,9
Unterschenkel	47	4,8	4	2,4	51	4,4
Knie	28	2,8	9	5,4	37	3,2
Schulter	28	2,8	2	1,2	30	2,6

Die Triathleten und Triathletinnen wiesen 239 bzw. 38 muskuläre Verletzungen auf. 21,3 % bzw. 15,8 % waren dem Oberschenkel zuzuschreiben, 19,7 % bzw. 10,5 % dem Unterschenkel. Das Knie und die Schulter betrafen 11,7 % bzw. 23,1 % und 11,7 % bzw. 5,3 %.

Aus den obigen Tabellen ist eindeutig ersichtlich, dass jene Körperregionen, die beim Sturz den Körper abstützen oder gewollt/ungewollt „auffangen“, am häufigsten beeinträchtigt werden. Dazu gehören das Handgelenk und das Schlüsselbein, die den Hauptanteil der Knochenbrüche im Hand- und im Schulterbereich ausmachen.

Zu den häufigsten Bereichen hingegen, die atraumatische Probleme und Schmerzen bereiten, gehören:

- Bereich der Lendenwirbelsäule
- Bereich der Halswirbelsäule
- Genitalbereich
- Knie

In Tabelle 69 wird die relative Anzahl der Männer und Frauen, die Beschwerden in den obigen vier genannten Zonen haben, gezeigt. Daran anschließend wird genauer auf die einzelnen Beschwerdebilder eingegangen.

Tabelle 69: Häufig betroffene Körperregionen mit atraumatischen Beschwerden beim Radfahren

Beschwerdebild	Männer n (%)	Frauen n (%)	Gesamt n (%)
Lendenwirbelsäule (N _m =979; N _w =165)	358 (36,6)	58 (35,2)	416 (36,4)
Halswirbelsäule (N _m =975; N _w =167)	275 (28,2)	60 (35,9)	335 (29,3)
Genitalbereich* (N _m =988; N _w =168)	161 (16,3)	53 (31,5)	214 (18,5)
Knie (N _m =988; N _w =168)	67 (6,8)	13 (7,7)	80 (6,9)

* 25 männliche Probanden mit Erektionsstörungen/Impotenz wurden hier nicht miteinbezogen.

N_m = Anzahl Männer; N_w = Anzahl Frauen

7.2.1 Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule

In Tabelle 70 werden die Risikofaktoren, die einen signifikanten Zusammenhang mit LWS-Schmerzen aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet und nachstehend ausformuliert.

Tabelle 70: Zusammenhang zwischen Haltungsschäden und Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule beim Radfahren (N = 610)

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	nein	475	1		
	ja	135	1,58	1,05 – 2,38	0,029

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich

Männer

Triathleten mit vermerkten Haltungsschäden haben mehr Schmerzen (OR = 1,58) als jene, die keine solche anatomische Auffälligkeit besitzen.

Frauen

Für dieses Beschwerdebild liegen bei den Frauen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der abhängigen Variable „Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule“ und den unabhängigen Variablen vor.

7.2.2 Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule

In Tabelle 71 werden die Faktoren/unabhängigen Variablen, die einen signifikanten Zusammenhang mit LWS-Schmerzen aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet und nachstehend ausformuliert.

Tabelle 71: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule beim Radfahren

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Angepasstes Rennrad	607			
	ja	525	1		
	nein	82	1,74	1,06 – 2,85	0,028
w	Radtechniktraining	128			
	ja	23	1		
	nein	105	3,98	1,19 – 13,37	0,025

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

Die Sportler, die ihr Rennrad nicht an ihre Körperproportionen angepasst haben, klagen mehr über Schmerzen im Halswirbelsäulenbereich (OR = 1,74) als ihre Sportkollegen, die mit einem angepassten Rennrad fahren.

Frauen

Die Athletinnen, die kein Radtechniktraining absolviert haben, leiden mehr an Schmerzen (OR = 3,98) als die Gruppe, die an Radtechniktrainings teilnahmen.

7.2.3 Schmerzen im Kniebereich

In Tabelle 72 werden die Faktoren/unabhängigen Variablen, die einen signifikanten Zusammenhang mit Schmerzen im Kniebereich aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet. Des Weiteren werden diese Variablen nachstehend ausformuliert.

An dieser Stelle muss jedoch erwähnt werden, dass die Schmerzen im Kniebereich beim Radfahren nicht wie die LWS-, HWS- und Genitalschmerzen explizit in einer Hauptfrage gesondert abgefragt wurden. Die Werte bezüglich Knieschmerzen wurden aus einer der Antwortmöglichkeiten von Frage 72 entnommen und weisen daher nicht den Umfang an Personen auf wie die unabhängigen Variablen LWS-, HWS- und Genitalschmerzen. Im Sinne der Vollständigkeit werden die Ergebnisse der Knieschmerzen beim Radfahren im Kapitel 7.2 trotzdem angeführt.

Tabelle 72: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Kniebereich beim Radfahren

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Dehnen/Stretchen	832			
	>3 Einheiten	130	1		
	2-3 Einheiten	275	2,51	1,29 – 4,90	0,007
	≤1 Einheit	427	1,79	0,93 – 3,43	0,082

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich

Männer

Bei Triathleten, die zwei bis drei Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche absolvieren, ist das Risiko mehr als doppelt so hoch (OR = 2,51) an Runner's Knee zu erleiden im Vergleich zu denjenigen, die mehr als drei solcher Einheiten einplanen.

Frauen

Für dieses Beschwerdebild liegen bei den Frauen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der abhängigen Variable „Schmerzen im Kniebereich“ und den unabhängigen Variablen vor.

7.2.4 Schmerzen im Genitalbereich

In Tabelle 73 werden die Faktoren/unabhängigen Variablen, die einen signifikanten Zusammenhang mit Schmerzen im Genitalbereich aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet und nachstehend ausformuliert.

Tabelle 73: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Genitalbereich beim Radfahren

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Haltungsschäden	735			
	nein	564	1		
	ja	171	1,66	1,05 – 2,62	0,030
	Unterkörper-Krafteinheiten	735			
	>1 Einheit	144	1		
	1 Einheit	233	1,09	0,57 – 2,09	0,786
	0 Einheiten	358	1,90	1,05 – 3,45	0,035
	Regeneration	735			
w	≥ 1 Einheit	398	1		
	0 Einheiten	337	0,57	0,37 – 0,88	0,010
	Intensive Radfahreinheiten	145			
	≤ 1 Einheit	110	1		
	>1 Einheit	35	3,45	1,32 – 9,05	0,012
	Radtechniktraining	145			
	ja	25	1		
	nein	120	3,59	1,00 – 12,89	0,050

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

Bei den Triathleten mit Haltungsschäden ist die Chance doppelt so groß Schmerzen im Genitalbereich zu bekommen (OR = 1,66) im Vergleich zu Triathleten ohne Haltungsprobleme. Die Sportler, die nicht den Unterkörper kräftigen, verspüren signifikant mehr Schmerzen (OR = 1,90) als diejenigen, die mehr als eine Krafteinheit für den Unterkörper pro Woche absolvieren. Jene Athleten, die keine regenerativen Einheiten pro Woche durchführen, geben weniger Schmerzen an (OR = 0,57) als jene Sportler, die mindestens einmal pro Woche eine regenerative Einheit durchführen.

Frauen

Athletinnen, die mehr als eine intensive Radfahreinheit pro Woche durchführen, berichten häufiger über Schmerzen (OR = 3,45) im Genitalbereich als diejenigen, die keine oder eine intensive Einheit im Trainingsprogramm haben. Die Sportlerinnen, die kein Radtechniktraining absolviert haben, leiden mehr an Schmerzen (OR = 3,59) als die Gruppe, die an Radtechniktrainings teilnahmen.

7.3 Laufen

Im Gegensatz zu den anderen zwei Disziplinen Schwimmen und Radfahren wirken beim Laufen die höchsten Kräfte auf den aktiven und passiven Bewegungsapparat (Stützapparat) ein. Die aufkommenden Bodenreaktionskräfte kommen vor allem in der Beinmuskulatur zum Tragen.

In Tabelle 74 werden die häufigsten Beschwerdebilder, die auf das Laufen zurückzuführen sind, angeführt und zum besseren Verständnis anschließend bei dem jeweiligen Beschwerdebild kurz erklärt.

Tabelle 74: Häufige atraumatische Beschwerdebilder beim Laufen

Beschwerdebilder	Männer n (%)	Frauen n (%)	Gesamt n (%)
Achillodynie (N=968 M; 161 W)	347 (35,8)	40 (24,8)	387 (34,3)
Runner's Knee (N=978 M; 164 W)	275 (28,1)	51 (31,1)	326 (28,5)
ITBS (N=969 M; 165 W)	268 (27,7)	53 (32,1)	321 (28,3)
Shin Splints (N=967 M; 161 W)	158 (16,3)	34 (21,1)	192 (17,0)
Fasciitis plantaris (N=967 M; 164 W)	126 (13)	32 (19,5)	158 (14,0)
Lendenwirbelsäule (N=976 M; 164 W)	113 (11,6)	28 (17)	141 (12,4)
Stressfraktur MK* (N=988 M; 168 W)	31 (3,1)	9 (5,4)	40 (3,5)

* Stressfraktur Mittelfußknochen nicht ausgewertet, nur der Vollständigkeit halber angeführt

7.3.1 Achillodynie

In Tabelle 75 werden die Faktoren/unabhängigen Variablen, die einen signifikanten Zusammenhang mit Achillessehnschmerzen aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet und nachstehend ausformuliert.

Tabelle 75: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Bereich der Achillessehnen beim Laufen

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Alter	828			
	≤30 Jahre	104	1		
	31-40 Jahre	275	1,45	0,86 – 2,45	0,168
	41-50 Jahre	352	2,13	1,28 – 3,54	0,003
	>50 Jahre	97	2,82	1,52 – 5,21	0,001
	Beinlängendifferenzen	828			
	nein	646	1		
	ja	182	1,44	1,01 – 2,05	0,042
	Koppeleinheiten	828			
	0 Einheiten	145	1		
	1 Einheit	441	0,62	0,42 – 0,93	0,021
	>1 Einheit	242	0,72	0,46 – 1,12	0,145
w	Regeneration	828			
	>1 Einheit	147	1		
	1 Einheit	307	1,58	1,03 – 2,42	0,036
	0 Einheiten	374	1,03	0,67 – 1,59	0,886
	Präventiver SportmedizinerInnen-Besuch	828			
	>1 Mal	161	1		
	1 Mal	233	0,63	0,41 – 0,98	0,038
	0 Mal	434	0,67	0,45 – 1,00	0,047
	Alter	134			
	≤30 Jahre	26	1		
	31-40 Jahre	56	0,11	0,02 – 0,53	0,006
	41-50 Jahre	38	0,43	0,10 – 1,78	0,244
	>50 Jahre	14	0,55	0,10 – 3,14	0,503
	Laufkilometer	134			
	≤30 Kilometer	43	1		
	31-50 Kilometer	71	3,15	0,97 – 10,19	0,056
	>50 Kilometer	20	9,50	2,00 – 45,05	0,005
	Oberkörper-Krafttraining	134			
	0 Einheiten/Woche	25	1		
	1 Einheit/Woche	60	2,66	0,58 – 12,25	0,208
	>1 Einheit/Woche	49	6,70	1,40 – 32,06	0,017
	speziell angepasster Laufschuh	134			
	ja	66	1		
	nein	68	0,23	0,07 – 0,74	0,014

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

Im Vergleich zu den 30-Jährigen und Jüngeren hat die Gruppe der Männer zwischen 41 - 50 Jahren ($OR = 2,13$) und die Gruppe über 50 Jahren ($OR = 2,82$) signifikant häufiger Achillessehnenbeschwerden. Bei Athleten mit Beinlängendifferenzen ist die Chance einer Achillodynie größer ($OR = 1,44$) als bei Triathleten ohne Beinlängendifferenzen. Weiters zeigt das Modell, dass im Vergleich zu den Sportlern, die kein Koppeltraining abhalten, die Athleten, die eine Koppereinheit pro Woche absolvieren, signifikant weniger Schmerzen ($OR = 0,62$) im Bereich der Achillessehne verspüren. Jene Athleten, die eine regenerative Einheit pro Woche durchführen, haben mehr Schmerzen ($OR = 1,58$) als jene Sportler, die mehr als einmal pro Woche eine regenerative Einheit durchführen. Triathleten, die nie ($OR = 0,67$) oder einmal im Jahr ($OR = 0,63$) einem Sportmediziner, einer Sportmedizinerin einen Besuch abstatten, ohne dabei an einer Verletzung zu leiden (präventiv: z. B. Leistungsdiagnostik, Beratung), verspüren seltener Schmerzen als Athleten, die mindestens zweimal pro Jahr präventive Besuche bei Sportmedizinern/ Sportmedizinerinnen machen.

Frauen

Triathletinnen der Altersgruppe 31 - 40 Jahren haben weniger Probleme mit der Achillessehne ($OR = 0,11$) als die Vergleichsgruppe der 30-Jährigen und Jüngeren. Athletinnen, die mehr als 50 Kilometer ($OR = 9,50$) in der Woche laufen, weisen signifikant mehr Schmerzen auf als jene, die unter 30 Kilometer in der Woche Laufen trainieren. Die Triathletinnen, die mehr als eine Krafteinheit für den Oberkörper pro Woche durchführen, verspüren signifikant mehr Schmerzen ($OR = 6,70$) als diejenigen, die kein derartiges Training absolvieren. Athletinnen, die keinen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh verwenden, haben eine reduzierte Chance Achillodynie zu entwickeln ($OR = 0,23$) im Vergleich zu Athletinnen mit empfohlenem Schuhwerk.

7.3.2 Schmerzen im Kniebereich

Hier wird jeweils das am häufigsten auftretende Beschwerdebild des anterioren und lateralen Knieschmerzes, Runner's Knee (PFSS) und Iliotibiales Band-Syndrom (ITBS), beim Laufen angeführt.

Runner's Knee

In Tabelle 76 werden die im signifikanten Zusammenhang mit Schmerzen im anterioren Kniebereich stehenden Faktoren/unabhängigen Variablen getrennt nach Geschlecht aufgelistet. Des Weiteren werden diese Variablen nachstehend ausformuliert.

Tabelle 76: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im anterioren Kniebereich beim Laufen

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Alter	706			
	≤30 Jahre	93	1		
	31-40 Jahre	246	0,67	0,40 – 1,12	0,127
	41-50 Jahre	289	0,47	0,28 – 0,78	0,003
	>50 Jahre	78	0,34	0,16 – 0,70	0,004
	Art des Fußaufsatzes	706			
	Ferse (Fersenläufer)	275	1		
	Ganzer (voller) Fuß	326	0,95	0,66 – 1,38	0,803
	Vorderfuß (Ballenläufer)	105	0,52	0,30 – 0,93	0,026
	Dehnen/Stretchen				
w	≥3 Einheiten	706	1		
	2 Einheiten	143	1,56	0,92 – 2,64	0,100
	1 Einheit	196	1,45	0,89 – 2,36	0,138
	0 Einheiten	186	2,17	1,33 – 3,54	0,002
	Pause subjektiv ausreichend	706			
	ja	622	1		
	nein	84	0,56	0,31 – 1,00	0,049
	Rumpf-Krafttraining	130			
	>2 Einheiten/Woche	26	1		
	2 Einheiten/Woche	44	0,23	0,06 – 0,84	0,026
	<2 Einheiten/Woche	60	0,37	0,11 – 1,29	0,119
	Dehnen/Stretchen	130			
	>3 Einheiten	28	1		
	2-3 Einheiten	49	0,26	0,08 – 0,82	0,022
	≤1 Einheit	53	0,45	0,14 – 1,43	0,177
	Pause subjektiv ausreichend	130			
	ja	113	1		
	nein	17	6,14	1,67 – 22,57	0,006
	Performance-Level - Laufen	130			
	low performance	24	1		
	middle performance	64	0,33	0,12 – 0,91	0,033
	high performance	42	0,68	0,20 – 2,36	0,548

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

In Bezug auf das Alter stellt die Altersklasse ≤ 30 Jahren die Vergleichsgruppe dar. Bei der Altersklasse 41 - 50 (OR = 0,47) und bei der Altersklasse > 50 (OR = 0,34) ist das Auftreten der Schmerzen statistisch signifikant geringer im Vergleich zu den 30-Jährigen und jünger. Die Sportler, die mit dem Vorderfuß (Ballenläufer) beim Laufen aufsetzen, leiden weniger an Schmerzen (OR = 0,52) im Bereich der Kniescheibe als diejenigen, die mit der Ferse als erstes aufsetzen (Fersenläufer). Die Athleten, die keine Dehn-/Stretcheinheit pro Woche durchführen (OR = 2,17), verspüren häufiger das Runner's Knee als jene, die mindestens drei Mal pro Woche dehnen/stretchen. Die Männer, die das Ausmaß an Pausen zwischen den einzelnen Trainingseinheiten subjektiv als nicht ausreichend empfinden, haben eine fast doppelt so geringe Chance (OR = 0,56) Schmerzen im Knie zu spüren als die Männer, die ihre Pausengestaltung als ausreichend empfinden.

Frauen

Die Sportlerinnen (OR = 0,23), die zwei Einheiten Rumpf-Krafttraining in der Woche durchführen, klagen seltener über Schmerzen im Knie als diejenigen, die mehr als zwei solcher Einheiten absolvieren. Triathletinnen, die zwei bis drei Dehn-/Stretcheinheiten pro Woche absolvieren (OR = 0,26), haben ein geringeres Risiko an Runner's Knee zu erleiden als diejenigen, die mehr als drei solcher Einheiten einplanen. Die Frauen, die das Ausmaß an Pausen zwischen den einzelnen Trainingseinheiten subjektiv als nicht ausreichend empfinden, haben eine höhere Chance (OR = 6,14) Schmerzen im Knie zu spüren als die Frauen, die ihre Pausengestaltung als ausreichend empfinden. Athletinnen der middle performance-Gruppe haben eine geringere Oddsratio (OR = 0,33) als low performance-Sportlerinnen.

Iliotibiales Band-Syndrom (ITBS)

In Tabelle 77 werden die Faktoren/unabhängigen Variablen, die einen signifikanten Zusammenhang mit lateralen Knieschmerzen aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet und nachstehend ausformuliert.

Tabelle 77: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im lateralen Kniebereich beim Laufen

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Alter	676			
	≤30 Jahre	89	1		
	31-40 Jahre	237	0,96	0,56 – 1,66	0,896
	41-50 Jahre	275	0,55	0,31 – 0,95	0,031
	>50 Jahre	75	0,62	0,30 – 1,27	0,190
	Laufstunden	676			
	≤5 Stunden	451	1		
	>5 Stunden	225	0,54	0,36 – 0,81	0,003
	speziell angepasster Laufschuh	676			
	ja	213	1		
	nein	463	0,64	0,43 – 0,94	0,022
	Dehnen/Stretchen	676			
w	≥3 Einheiten	172	1		
	2 Einheiten	140	1,45	0,86 – 2,42	0,161
	1 Einheit	183	0,92	0,56 – 1,51	0,748
	0 Einheiten	181	0,56	0,33 – 0,94	0,029
	Haltungsschäden	145			
	nein	110	1		
	ja	35	0,36	0,13 – 1,00	0,051
	Dehnen/Stretchen	145			
	≥3 Einheiten	53	1		
	2 Einheiten	33	0,68	0,26 – 1,81	0,442
	≤1 Einheit	59	0,32	0,13 – 0,82	0,017
	Performance-Level - Laufen	145			
	low performance	49	1		
	middle + high performance	96	0,27	0,12 – 0,60	0,001

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

In Bezug auf das Alter stellt die Altersklasse ≤ 30 Jahren die Vergleichsgruppe dar. Bei der Altersklasse 41 - 50 ist das Auftreten der Schmerzen (OR = 0,55) statistisch signifikant geringer im Vergleich zu den 30-Jährigen und jünger. Triathleten, die mehr als fünf Laufstunden pro Woche absolvieren, beschreiben seltener Schmerzen (OR = 0,54) als jene, die bis zu fünf Stunden pro Woche laufen. Sportler, die keinen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh verwenden, klagen seltener über Probleme (OR = 0,64) als diejenigen, die einen empfohlenen Schuh tragen. Athleten, die keine Dehn-/Stretcheinheiten in der Woche nachgehen, haben eine geringere Chance (OR = 0,56) Schmerzen an der äußeren Seite des Knies zu spüren als die Gruppe, die mindestens dreimal pro Woche dehnen/stretchen.

Frauen

Athletinnen mit Haltungsschäden haben seltener Schmerzen (OR = 0,36) als Sportlerinnen ohne Haltungsschäden. Betreffend das Dehnen/Stretchen ist die Klasse mit drei und mehr Einheiten pro Woche die Vergleichsgruppe. Die Triathletinnen, die nie oder einmal (OR = 0,32) pro Woche dehnen/stretchen, zeigen signifikant weniger Schmerzsymptome als die Vergleichsgruppe. Das Auftreten der Schmerzen ist bei Athletinnen, die die Laufstrecke (Marathon) $\leq 04:43$ h (OR = 0,27) absolvieren, seltener im Vergleich zu Sportlerinnen mit einer geringeren Laufleistung ($> 04:43$ h).

7.3.3 Shin Splints

In Tabelle 78 werden die im signifikanten Zusammenhang mit Schmerzen im anterioren Schienbeinbereich stehenden Faktoren/unabhängigen Variablen getrennt nach Geschlecht aufgelistet. Des Weiteren werden diese Variablen nachstehend ausformuliert.

Tabelle 78: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im anterioren Schienbeinbereich beim Laufen

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Alter	683			
	≤30 Jahre	88	1		
	31-40 Jahre	218	0,61	0,33 – 1,12	0,112
	>40 Jahre	377	0,33	0,18 – 0,60	0,000
	Achsabweichungen	683			
	nein	592	1		
	ja	91	1,86	1,03 – 3,36	0,039
	Laufkilometer	683			
	≤30 Kilometer	226	1		
	31-50 Kilometer	330	2,08	1,18 – 3,69	0,012
	>50 Kilometer	127	3,54	1,84 – 6,80	0,000
	Koppeleinheiten	683			
	0 Einheiten	119	1		
	1 Einheit	367	0,42	0,23 – 0,76	0,004
	>1 Einheit	197	0,59	0,31 – 1,10	0,097

w	Alter	139			
	≤30 Jahre	24	1		
	31-40 Jahre	61	0,79	0,23 – 2,74	0,708
	>40 Jahre	54	0,12	0,03 – 0,56	0,007
	Supinierte Fußstellung	139			
	nein	128	1		
	ja	11	6,83	1,39 – 33,56	0,018
	Spez. Stabilisation /Ausgleichskräftigung	139			
	≥1 Einheit/Woche	67	1		
	0 Einheiten/Woche	72	3,31	1,78 – 9,32	0,023

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

In Bezug auf das Alter stellt die Altersklasse bis 30 Jahre die Vergleichsgruppe dar. Bei der Altersklasse > 40 Jahre ist das Auftreten der Schmerzen (OR = 0,33) geringer im Vergleich zu den 30-Jährigen und Jüngeren. Die Athleten mit Achsabweichungen haben eine fast doppelt so hohe Chance (OR = 1,86) Schienbeinschmerzen zu entwickeln als diejenigen ohne Varus- oder Valgustellung. Die Gruppen der Triathleten, die zwischen 31 - 50 (OR = 2,08) und mehr als 50 Kilometer (OR = 3,54) in der Woche laufen, leiden signifikant häufiger an Schienbeinschmerzen als die Sportler, die im Vergleich dazu nur bis zu 30 Kilometer pro Woche laufen. Die Männer mit einer Koppereinheit pro Woche (OR = 0,42) haben weniger Schmerzen im Schienbeinbereich als diejenigen, die auf diese Trainingsmethode verzichten.

Frauen

Die Triathletinnen mit einem Alter über 40 Jahren (OR = 0,12) klagen seltener über Schmerzen als die 30-jährigen und jüngeren Triathletinnen. Athletinnen mit einer supinierten Fußstellung haben signifikant mehr Schmerzen (OR = 6,83) als die Damen ohne solch eine anatomische Auffälligkeit. Die Sportlerinnen, die auf eine spezielle Stabilisation /Ausgleichskräftigung verzichten, weisen signifikant häufiger (OR = 3,31) dieses Beschwerdebild auf als die Vergleichsgruppe mit zumindest einer solch durchgeführter Einheit pro Woche auf.

7.3.4 Fasciitis plantaris

In Tabelle 79 werden die Faktoren/unabhängigen Variablen, die einen signifikanten Zusammenhang mit Schmerzen an der Fußsohle aufweisen, getrennt nach Geschlecht aufgelistet und nachstehend ausformuliert.

Tabelle 79: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Fußsohlenbereich beim Laufen

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
m	Koppeleinheiten	869			
	0 Einheiten	155	1		
	1 Einheit	456	0,58	0,35 – 0,96	0,033
	>1 Einheit	258	0,41	0,22 – 0,75	0,004
	speziell angepasster Laufschuh	869			
	ja	291	1		
	nein	578	0,40	0,26 – 0,61	0,000
w	Performance level - Laufen	869			
	low performance	253	1		
	middle performance	484	1,25	0,76 – 2,05	0,372
	high performance	132	2,44	1,29 – 4,59	0,006
	Gesamttrainingsstunden	150			
	≤15 Stunden	93	1		
	≥16 Stunden	57	2,31	0,99 – 5,39	0,052
	Laufuntergrund	150			
	Weicher Untergrund	48	1		
	Asphalt/Laufbahn	102	3,01	1,04 – 8,68	0,041

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; m = männlich; w = weiblich

Männer

Sportler, die eine (OR = 0,58) oder mehr (OR = 0,41) Koppeleinheiten pro Woche in ihr Training einplanen, klagen weniger über Schmerzen als diejenigen, die kein Koppeltraining pro Woche durchführen. Bei den Männern, die keinen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh tragen, ist das Auftreten von Schmerzen (OR = 0,40) geringer als bei den Triathleten, die auf diesen Zusatz Wert legen. Des Weiteren weisen Athleten der high performance-Gruppe (OR = 2,44) beim Laufen ein deutlich höheres Risiko für Schmerzen im Bereich der Fußsohle auf als die Athleten der low performance-Gruppe.

Frauen

Bei den Damen, die auf ein Gesamttrainingsvolumen von über 15 Stunden in der Woche kommen, ist ein Trend zu erkennen, dass das Auftreten von Schmerzen (OR = 2,31) höher als bei der Vergleichsgruppe mit bis zu 15 Laufstunden pro Woche ist. Die Frauen, die hauptsächlich auf hartem Untergrund (Asphalt/Laufbahn) laufen, haben eine höhere Chance (OR = 3,01) Schmerzen im Fußsohlenbereich zu spüren als die Frauen, die ihr Training vorwiegend auf weichem Laufuntergrund absolvieren.

7.3.5 Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule

In Tabelle 80 werden die im signifikanten Zusammenhang mit Schmerzen im LWS-Bereich stehenden Faktoren/unabhängigen Variablen getrennt nach Geschlecht aufgelistet. Des Weiteren werden diese Variablen nachstehend ausformuliert.

Tabelle 80: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule beim Laufen

Geschlecht	Variable	N	OR	95% CI	p-Wert
w	Haltungsschäden	129			
	nein	97	1		
	ja	32	4,04	1,42 – 11,49	0,009
	Dehnen/Stretchen	129			
	>3 Einheiten	29	1		
	2-3 Einheiten	49	0,14	0,04 – 0,53	0,004
	≤1 Einheit	51	0,26	0,08 – 0,86	0,027

OR = odds ratio; CI = Konfidenzintervall; w = weiblich

Männer

Für dieses Beschwerdebild liegen bei den Männern keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der abhängigen Variable „Schmerzen im LWS-Bereich“ und den unabhängigen Variablen vor.

Frauen

Bei Triathletinnen mit Haltungsschäden ist das Risiko viermal so hoch (OR = 4,04), Schmerzen im Bereich der LWS zu haben wie bei Triathletinnen ohne vermerkte Haltungsschäden. Betreffend das Dehnen/Stretchen ist die Klasse mit mehr als drei Einheiten pro Woche die Vergleichsgruppe. Die Sportlerinnen, die nie oder einmal (OR = 0,26) oder zwei bis drei Mal (OR = 0,14) pro Woche dehnen/stretchen, zeigen signifikant weniger Schmerzsymptome als die Vergleichsgruppe.

8 Diskussion

Die Diskussion ist wie folgt aufgebaut. Bevor die Ergebnisse diskutiert werden, werden zum besseren Verständnis im Unterkapitel 8.1 generell die Probleme und Mängel der Untersuchungen im Triathlon sowie die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit der einzelnen Triathlon-Studien erläutert. Ebenfalls wird im Unterkapitel 8.2 auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der eigenen Studie mit denen der triathlon- bzw. disziplinspezifischen Studien eingegangen.

Anschließend werden in den Unterkapiteln 8.3 bis 8.5 die Ergebnisse der eigenen Studie mit denen der triathlonspezifischen und disziplinspezifischen Literatur verglichen und diskutiert. Unter den triathlonspezifischen Resultaten sind die der jeweiligen Disziplin im Triathlon und unter den disziplinspezifischen die der jeweiligen Einzelsportart (Schwimmen, Radfahren und Laufen) gemeint.

8.1 Besonderheiten und Kennzahlen in Bezug auf Verletzungen im Triathlon

Die methodologischen Einschränkungen der Verletzungserfassung in den Studien schaffen eine schwierige Ausgangslage für die Darstellung der Ursachen für und Arten von Verletzungen im Triathlon. Gosling et al. (2008a) analysierten diese Problematik und deren Ergebnisse bilden die Grundlage dieses Unterkapitels.

Die Defizite in Bezug auf die Qualität der erhobenen Daten sind bei den Untersuchungen auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- die lückenhafte oder verzerrte Erinnerung (retrospektive Informationen) der AthletInnen hinsichtlich der Verletzung
- einen erforderlichen Erinnerungszeitraum größer als ein Jahr
- das Fehlen einer Validierung der von den AthletInnen selbst angegebenen Daten zu Verletzungen im Vergleich zu einer angemessenen Diagnose durch medizinisches Personal
- die Unfähigkeit der Differenzierung zwischen den im Training und Wettkampf auftretenden Verletzungen
- das Potential des Vermischens von wiederkehrenden oder multiplen Verletzungen
- selektive Auswahl der ProbandInnen aufgrund fachspezifischer Präferenzen der StudienleiterInnen
- Fokussierung auf atraumatische Verletzungen bzw. Ausschluss von traumatischen Verletzungen
- die Aufnahme der Verletzungen von TriathletInnen, die an unterschiedlichen Renndistanzen teilgenommen haben, ohne dabei einen Vergleich zwischen den Bewerbungsgruppen zu erstellen

- eine vergleichsweise zu geringe Anzahl an ProbandInnen bzw. zu geringe Rücklaufquoten der untersuchten Zielgruppen/Bevölkerung bei den Fragebogenerhebungen
- die Einbeziehung von TriathletInnen unterschiedlicher Leistungsniveaus wie „elite“ vs. „age group“, ohne Vergleiche zwischen den Gruppen zu erstellen
- Geschlechtsvergleiche basierend auf einer unverhältnismäßig geringen Anzahl an weiblichen Probanden
- auf das Fehlen von standardisierten Definitionen von Verletzungen und Darstellungen der Ergebnisse

Des Weiteren ist die Identifikation der Verletzungsursachen im Triathlon kompliziert aufgrund folgender Aspekte:

- der Kombination von Schwimmen, Radfahren und Laufen
- der unterschiedlichen Längen der Wettbewerbsstrecken (Art des Bewerbs)
- des Ausübens/der Teilnahme beider Geschlechter
- des großen Altersbereichs der Ausübenden/TeilnehmerInnen
- der Unterschiede der Trainingssysteme bzw. in der Trainingssteuerung

Neben den angeführten Limitationen ist es schwierig zu bestimmen, ob die Unterschiede zwischen den verletzten und unverletzten TriathletInnen präexistent oder das Ergebnis der Verletzung waren.

8.2 Herausforderungen beim Ergebnisvergleich der triathlon- bzw. disziplinspezifischen Studien

Nachstehend wird auf die mangelnde Vergleichbarkeit der Ergebnisse der triathlon- bzw. disziplinspezifischen Studien eingegangen. Die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit der Studien ist multifaktoriell. Einige Studien weisen generell eine geringe Anzahl an ProbandInnen auf, sodass diese Studien nicht aussagekräftig bzw. repräsentativ genug sind. Eine geringe Stichprobe tritt vor allem – wenn vorhanden – bei Differenzierungen nach weiblichen Probanden sowie ProbandInnen verschiedener Alters- und Leistungsklassen und unterschiedlicher Disziplinen auf. Diese Differenzierungen wurden jedoch kaum durchgeführt und wenn, dann wurden meist Häufigkeiten und keine statistischen Vergleiche oder Korrelationen erstellt. Die repräsentative Menge in den Triathlonstudien ist daher vorwiegend inhomogen und dementsprechende Verallgemeinerungen der AutorInnen kritisch zu hinterfragen.

Hinsichtlich der Leistungsklassen müssen ProfiathletInnen gegenüber den Amateur- und HobbyathletInnen mit unterschiedlichen Anforderungen zurechtkommen bzw. können auf eine andere Infrastruktur zurückgreifen. Hier sind das höhere Trainingsvolumen bzw. die höhere Trainingsintensität sowie die sportmedizinische Versorgung und die

unterschiedlichen Trainingsmöglichkeiten zu erwähnen. Die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Voraussetzungen auf die Gesundheit und die Leistungen der AthletInnen können nicht generalisiert werden. Leichte Beschwerden gehören einerseits bei den ProfiathletInnen zum Berufsalltag und werden nicht explizit erwähnt. Andererseits reagieren genau diese AthletInnen sehr sensibel auf nicht erwünschte kleine Veränderungen. HobbyathletInnen vermerken hingegen aufgrund des geringeren Fachwissens und der geringeren Erfahrung jegliche Beschwerden, oder sie unterschätzen bzw. ignorieren aufgrund dessen ernstzunehmende Symptome, da der Sport für sie eben nur ein Hobby und nicht die Gewährleistung ihres Lebensunterhaltes darstellt.

In Zusammenhang mit den Leistungsklassen können die Crossover-Effekte, die in der Triathlonliteratur oft beschrieben und für die höhere Verletzungshäufigkeit der TriathletInnen gegenüber den AthletInnen der jeweiligen Einzelsportart verantwortlich gemacht werden, nicht für alle TriathletInnen verallgemeinert werden. Diese Crossover-Effekte kommen, nach Meinung des Autors, erst ab einem gewissen Trainingsvolumen zu tragen. Die Abwechslung durch die drei Disziplinen im Triathlon reduziert bei dementsprechend moderatem Trainingsvolumen das Verletzungsrisiko, da der gesamte Körper ausgeglichen und nicht einseitig belastet wird. Mit Erhöhung des Trainingsvolumens und der Dichte der jeweiligen Einheiten pro Woche können sich die Belastungen einzelner Disziplinen bei zu geringen Regenerationszeiten negativ auf die anderen Disziplinen auswirken.

Des Weiteren werden bei den wenigen Studien, die eine Leistungseinteilung vornahmen, die Klassen nach Zeitintervallen, z. B. <10 h high-, 10 - 13 h middle- und >13 h low-performance-AthletInnen oder nach Bezeichnungen ohne zeitliche Angabe z. B. elite-, sub-elite-, developmental-, club-level-athletes angegeben. Vergleiche mit Studien unterschiedlicher Angaben und Bezeichnungen sind daher nicht möglich. Erschwerend kommt noch hinzu, dass es unterschiedliche Distanzen (Bewerbe) für die Klassifikation nach der Zeit gibt. Zusätzlich lassen die Bezeichnungen ohne zeitliche Angaben ein subjektives breites Leistungsspektrum je Leistungsklasse und einen Freiraum für eine subjektive Interpretation der Leistungsstärke zu. Außerdem gestaltet sich ein Vergleich mit anderen Bezeichnungen wie z. B. age-group oder fun-athletes schwierig.

In den einzelnen Studien werden die verschiedenen Wettkampfdistanzen meist nicht separat erfasst, sondern die TriathletInnen unterschiedlicher Präferenzen (Bewerbe) werden gemischt hinsichtlich ihrer Verletzungen befragt/untersucht. Unterschiedliche Distanzen verlangen unterschiedliche Trainingsumfänge bzw. -intensitäten sowie Trainingsmethoden und Adaptionen an das Material. Diese externen Faktoren sind wiederum ausschlaggebend für Verletzungen. Zum Beispiel verursacht eine erlaubte Verwendung eines Aerobar-Lenkers ab der Mitteldistanz andere Belastungen bei den TriathletInnen im Wettkampf und Training als bei jenen, die sich ausschließlich auf Bewerben bis zur Olympischen Distanz vorbereiten. Hier wären insbesondere die Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule zu erwähnen.

Die Nomenklatur der Bewerbe Sprintdistanz und Kurzdistanz führt vor allem in der englischsprachigen Triathlonliteratur zu Verwechslungen. Wird in einer Studie für die Kurzdistanz der ebenfalls gebräuchliche Begriff Olympische Distanz verwendet, kommt es vor, dass anstatt der kürzeren Sprintdistanz „sprint“ der Begriff „short distance“ (Kurzdistanz) herangezogen wird. Dies führt zu Fehlinterpretationen und Verwirrungen. Ein Grund dafür und für die nachstehenden Beispiele von Fehlinterpretationen bei der Nomenklatur könnten das Fehlen einer einheitlichen Wahl und Verwendung der Termini sowie Mängel der englischen Sprachkenntnisse der AutorInnen sein, vor allem bei denen, deren Muttersprache nicht Englisch ist.

Auch wird die Bezeichnung „acute“ mit der Bezeichnung „traumatic“ gleichgesetzt. Es treten jedoch auch atraumatische Verletzungen wie Überlastungsreaktionen zuerst akut auf, ohne traumatisch zu sein.

Verwendete Begriffe in Zusammenhang mit Verletzungen wie „incidence“, „occurrence“, „prevalence“, „aetiology“, „mechanism“, „type of injury“ und „nature of injury“ verleiten zu Fehlern bei der Analyse und Interpretation. Diese Bezeichnungen haben unterschiedliche Bedeutungen, werden aber von den AutorInnen nicht einheitlich verwendet bzw. gerne untereinander substituiert. Der Begriff „incidence“ wird gerne als Sammel- bzw. Überbegriff gebraucht.

In Bezug auf die Angabe von Verletzungshäufigkeiten wird oft die Unterteilung in „upper body“ und „lower body“ gewählt. Jedoch zählen einige AutorInnen die Hüfte, Leiste und Becken zu dem Unterkörper hinzu, einige wiederum nicht bzw. führen dies gesondert unter Rumpf an. Außerdem ist es bei einer verwendeten Einteilung in Unterkörper, Oberkörper, Rumpf und Kopf nicht ersichtlich, wo der Körperbereich beginnt bzw. endet. Ähnliches trifft bei der Einteilung „upper body“ auf die Körperregion Schulter zu. Die Schulter wird von den AutorInnen zum Rumpf oder zu den oberen Extremitäten gezählt. Diese Unterschiede in der Einteilung der Körperbereiche stellen Schwierigkeiten im Vergleich von Verletzungshäufigkeiten verschiedener Studien dar, weil die Bezugsgröße nicht dieselbe ist.

Des Weiteren steht der gängige Begriff Runner's Knee bzw. Läuferknie im deutschen Sprachraum meist für das Iliotibiale Band-Syndrom (ITBS), welches Schmerzen im lateralen Bereich des Knies verursacht. Im anglo-amerikanischen Sprachraum hingegen werden der Begriff Runner's Knee und Iliotibiales Band-Syndrom getrennt. Runner's Knee wird hier als Synonym für das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS), welches für Schmerzen im anterioren Bereich des Knies sorgt, verwendet. Somit ist ein Vergleich der Häufigkeiten unterschiedlicher Kniebeschwerden bzw. generell die Schmerzlokalisation im Kniebereich schwierig. Außerdem stellt generell die Verwendung des Begriffs Runner's Knee für unterschiedliche Beschwerdebilder bei Befragungen von ProbandInnen (Fragebogen) eine Fehlerquelle im Sinne der Klassifikation von Beschwerden dar. Zusätzliche Angaben zum Ort des Schmerzauftretens (anterior, lateral) würden eine bessere Orientierungshilfe schaffen.

Die Hauptursache für eine mangelnde Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Verletzungen der eigenen Studie mit denen der triathlon- bzw. disziplinspezifischen Studien ist die Bezugsgröße. Die Ergebnisse einer Verletzungsart beziehen sich generell entweder auf die ProbandInnen oder auf die Verletzungen. Ein Beispiel wäre 15 % der TriathletInnen haben Knieschmerzen oder 15 % aller Verletzungen betreffen das Knie.

Diese beiden Hauptbezugsgrößen werden aber meist von den AutorInnen detaillierter bzw. spezifischer angegeben. Zum Beispiel wurden bei der Einzelsportart Radfahren in den Studien über Radprofis nur männliche Probanden befragt. Bei den Studien über Freizeitradfahrern und Triathlon wurden Daten von Frauen und Männern erhoben. Die Verletzungsangaben bei den Radprofis bezogen sich auf alle Radfahrer (verletzt und unverletzt), bei den TriathletInnen teilweise nur auf die Personen, die an Überlastungsverletzungen litten und bei den FreizeitradfahrerInnen ausschließlich auf die verletzten RadfahrerInnen (traumatisch und atraumatisch).

Bei der Bezugsgröße Verletzungen kann neben den gesamten Verletzungen wiederum in traumatische und atraumatische Verletzungen unterteilt werden. In weiterer Folge können diese drei Unterteilungen verschiedenen Körperregionen zugeordnet werden: Ober- und Unterkörper bzw. in obere und untere Extremität, Rumpf und Kopf. Die obere und untere Extremität kann weiters wieder in einzelne Abschnitte wie Fußgelenksbereich und Ober- und Unterschenkel gegliedert werden.

Anhand des Beispiels der Achillodynie soll die Problematik der unterschiedlichen Bezugsgrößen veranschaulicht und die in der Literatur verwendeten Angaben vorgestellt werden. Die Aussagen werden aus den verwendeten Studien entnommen, wobei die Prozentangaben für dieses Beispiel einheitlich mit 15 festgelegt werden.

- 15 % der AthletInnen haben Achillodynie
- 15 % der verletzten AthletInnen haben Achillodynie
- 15 % der AthletInnen mit Überlastungsbeschwerden haben Achillodynie

- 15 % aller Verletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller Überlastungsverletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller Laufverletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller überlastungsbedingten Laufverletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller Muskel- und Sehnenverletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller Sehnenverletzungen betreffen die Achillodynie

- 15 % aller Verletzungen des Unterkörpers betreffen die Achillodynie
- 15 % aller atraumatischen Verletzungen des Unterkörpers betreffen die Achillodynie
- 15 % aller Laufverletzungen des Unterkörpers betreffen die Achillodynie
- 15 % aller atraumatischen Laufverletzungen des Unterkörpers betreffen die Achillodynie

- 15 % aller Verletzungen der unteren Extremität betreffen die Achillodynie
- 15 % aller atraumatischen Verletzungen der unteren Extremität betreffen die Achillodynie
- 15 % aller Laufverletzungen der unteren Extremität betreffen die Achillodynie
- 15 % aller atraumatischen Laufverletzungen der unteren Extremität betreffen die Achillodynie
- 15 % aller Unterschenkelverletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller atraumatischen Unterschenkelverletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller laufbedingten Unterschenkelverletzungen betreffen die Achillodynie
- 15 % aller atraumatischen Unterschenkelverletzungen beim Laufen betreffen die Achillodynie

Würde diese Auflistung z. B. anhand der Schulter durchgeführt werden, würden die angeführten Verletzungsangaben noch zusätzlich zu den atraumatischen in traumatische Verletzungen unterteilt werden. Bei den traumatischen Verletzungen würden noch Angaben wie 15 % aller Radstürze betreffen die Schulter, 15 % aller traumatischen Schulterverletzungen betreffen das Schlüsselbein etc. hinzukommen.

Auch Vergleiche zwischen Häufigkeiten von Stürzen sind anhand unterschiedlich gewählter Bezugsgrößen wie Jahr pro Fahrer, Fahrer, 1000 km oder pro Wettkampftag pro Jahr schwierig. Bei den Triathlonstudien wurden z. B. bei Zwingenberger et al. (2014) Radstürze pro 1000 Stunden angeführt und bei Egermann et al. (2003) auf die Lebenszeit bezogen. In den Triathlonstudien werden auch Häufigkeitsangaben wie „60 % der TriathletInnen erlitten zumindest einen Radsturz im vorgegeben Untersuchungszeitraum“ verwendet. In diesem Zusammenhang vermerkten Egermann et al. (2003), dass bei den Elite-TriathletInnen Radstürze häufiger auftreten als bei den übrigen Leistungsklassen. Jedoch behaupten andere AutorInnen wiederum, dass Elite-TriathletInnen bzw. Elite-Radfahrer über eine bessere Radfahrtechnik und Radfahrererfahrung verfügen als die übrigen Leistungsklassen. Wegen der mangelnden Vergleichbarkeit aufgrund der unterschiedlichen Bezugsgrößen ist das Sturzverhalten schwierig zu interpretieren bzw. ist nicht einfach der höheren Risikobereitschaft zuzuschreiben.

Nachstehend werden die Ergebnisse (Schwimmen, Radfahren und Laufen) der eigenen Studie mit denen der triathlonspezifischen und der disziplinspezifischen Literatur verglichen und diskutiert. Aufgrund der genannten Probleme, insbesondere durch die unterschiedlichen Bezugsgrößen, können manche Vergleiche, vor allem jene der atraumatischen Verletzungen, nicht erstellt werden. Durchführbare Vergleiche wurden mit den traumatischen und atraumatischen Verletzungen in den drei Disziplinen der eigenen Studie und jener der Triathlon-Literatur sowie mit den jeweiligen Einzelsportarten inklusive ihrer jeweiligen auslösenden Faktoren erstellt.

8.3 Schwimmen

In einem Triathlonbewerb ist die Zeit, die mit dem Schwimmen verbracht wird, kürzer als im Vergleich zum Radfahren und Laufen. Bei einem Sprinttriathlon macht die Schwimmzeit ungefähr 17 % und bei einem Langdistanzbewerb 10 % der Gesamtzeit aus. Generell herrscht der Trend, je länger die Distanz, desto weniger spielt die Zeit beim Schwimmen eine Rolle. Besonders auf dem Elite- und dem professionellen Niveau gilt der Slogan: Du kannst das Rennen beim Schwimmen nicht gewinnen, aber verlieren! Damit ist gemeint, dass beim Schwimmen eine günstige Ausgangsposition für das anschließende Radfahren geschaffen werden sollte. Bei erlaubtem Windsschattenfahren beim Radfahren ist dies besonders wichtig.

Der spezifische Bewegungsablauf und die daraus entstehenden Schulterbeschwerden im Schwimmsport werden in der Literatur oft gemeinsam mit denen der Überkopfdisziplinen zusammengefasst. Zu diesen Disziplinen gehören unter anderem: Tennis, Baseball, Volleyball, Handball, Wurf- und Stoßdisziplinen. Man spricht daher von Schulterbeschmerzen bei Überkopfsportarten oder Überkopfbelastungen, von denen etwa 24 % behandlungsbedürftig sind (Schmidt-Wiethoff & Schneider, 2003, S. 3). In Tabelle 81 wird ein genauerer Aufschluss über die Häufigkeiten von Schulterverletzungen gegeben.

Der Bewegungsablauf des Schwimmzuges wird mit dem des Wurfes gerne gegenübergestellt und daher werden Beschwerden in der Schulter auch teilweise gemeinsam unter dem Begriff Werferschulter verwendet. Die Überkopfbelastung der Schulter stellt jedoch die einzige Gemeinsamkeit dar, weil die unterschiedliche Körperposition und Einwirkung der Schwerkraft während des Wurfes eine andere Ausgangslage verschafft im Vergleich zum Schwimmzug (Petrone, 1985). Die Schulter befindet sich beim Schwimmen für längere Zeit in der Impingementgefährdeten Position (Adduktion, Innenrotation) als in der Wurfbewegung, bei welcher es nur in der „follow through“ Phase zur gefährdeten Position des Einengens der Außenrotatoren kommt (Hawkins & Kennedy, 1980; Richardson, 1983). Außerdem werden beim Schwimmen aufgrund des Wasserwiderstandes nie so hohe Geschwindigkeiten des Armes erreicht, wie bei der peitschenartigen Wurfbewegung. Im Schwimmen finden mehr kontinuierliche und progressiv steigende Bewegungen statt (Perry, 1983; Richardson, 1983).

Tabelle 81: Analyse von 758 Sportverletzungen der Schulterregion, 5 % von insgesamt 15212 Verletzungen bei 13296 Sportlern (Steinbrück & Lehmann, 1996, S. 358). Die relativen Häufigkeiten bei den verschiedenen Sportarten beziehen sich auf den Anteil der Schulterverletzungen unter allen Verletzungen.

Sportdisziplin	Schulter (%)
Ringen	21,1
Judo	19,2
Rugby	15,7
Radfahren	13,1
Reiten	10,6
Gewichtheben	9,7
Schwimmen	7,9
Leichtathletik	7,7
Skilauf	6,7
Handball	6,4
Fußball	3,7

Jegliche Beschwerden und Schmerzen im Schulterbereich werden ohne genauere Hinweise zu den Ursachen bei Leistungsschwimmern im Alltag und in der Fachliteratur meist unter dem Begriff „Schwimmerschulter“ zusammengefasst (McMaster, 1986; McMaster et al.,

1998; Stocker et al., 1995). Verschiedene Ursachen wie Instabilität oder Impingement können für die Beschwerden und Schmerzen verantwortlich sein. Diese Ursachen können wiederum durch verschiedenste Faktoren (exogene oder endogene) ausgelöst werden. Die daraus resultierenden Verstrickungen der Faktoren, Ursachen und Folgen der Schulterschmerzen machen dieses Thema sehr komplex. Daher ist es nicht sinnvoll, dieses umfangreiche Thema unter dem Begriff Schwimmerschulter abzutun. Einerseits stellt die Schwimmerschulter kein einheitlich definiertes Krankheitsbild dar, andererseits ist diese Bezeichnung nach derzeitigem Wissensstand veraltet und nicht mehr zeitgemäß.

1974 wurde der Begriff Schwimmerschulter erstmals verwendet, als Synonym für das Impingement (Hawkins & Kennedy, 1974). Hinter dem Begriff versteckt sich meist ein Überlastungssyndrom mit Entzündung der Supraspinatussehne und/oder der Bizepssehne. Ein Überlastungssyndrom ist im Schwimmsport meist auf zu schwache Muskeln der Skapulafixatoren und -rotatoren sowie der Rotatorenmanschette zurückzuführen, die eine ungenügende Zentrierung des Oberarmkopfes bewirken. Instabilität und Impingement-Syndrom werden als die häufigsten Beschwerdebilder angegeben, die aber selbst wiederum eine große Bandbreite an Differenzierungsmöglichkeiten bieten (Dominguez, 1978, S. 105; Haaker et al., 1997; Hermann & Von Torklus, 1995, S. 293).

Erschwerend kommt noch hinzu, dass im Alltag zugezogene und dort nicht wahrgenommene Verletzungen sich später beim Schwimmtraining negativ bemerkbar machen können. Der Schwimmsport wird dann fälschlicherweise als Ursache angegeben.

Aus den vorliegenden Studien lässt sich schlussfolgern, dass sich die Meinungen der AutorInnen in den verschiedensten Untersuchungen unterscheiden. Die Qualität der Studien sowie deren Durchführung könnten dabei ausschlaggebend sein. In vielen Untersuchungen kann man nicht erkennen, ob Parameter wie Alter, Leistungsklasse, Trainingsjahre, Trainingsumfang, Hauptlage, Anteil der Lagen im Training, Krafttraining, Gymnastikanteil bzw. Ausgleichsübungen als aktueller Trainingsbestandteil berücksichtigt wurden.

Trotzdem zeigen sich Tendenzen, dass die Häufigkeit der Schulterschmerzen mit dem Anstieg der Leistungsklasse, des Trainingsumfangs sowie zumeist auch mit dem Anstieg des Trainingsalters positiv korreliert. Dies erscheint auf den ersten Blick logisch, da in den meisten Fällen mit dem Trainingsalter das Leistungsniveau und der Trainingsumfang steigen, allerdings kommen die einschlägigen Untersuchungen zu keiner allgemein gültigen Aussage, da Leistungsklassen sowie Trainingsumfang oft nicht berücksichtigt werden.

In den meisten Studien wurde die Adduktions- und Innenrotationsbewegung der gesamten Unterwasserphase als besondere Belastung der Schulter durch die Wringing-out-Position und die Impingement-Gefahr sowie die Abduktions- und Innenrotationsbewegung in der Überwasserphase (Impingement-Gefahr) angesehen (Clasing, 1982, S. 131f.; Hawkins & Kennedy, 1980; Kutteneuler, 1999, S. 36; Murphy, 1994, S. 418f.; Richardson et al., 1980). Zusätzlich wurde angeführt, dass die überdurchschnittliche Beweglichkeit im

Schulterbereich ausschlaggebend für Schulterbeschwerden (Laxität) der SchwimmerInnen ist (McMaster et al., 1998; McMaster, 1999). Eine gewisse Beweglichkeit aufgrund der technischen Anforderungen der Schwimm-lagen und der Minimierung des Wasserwiderstands muss jedoch vorhanden sein.

Im Gegensatz zu den Studien wurde in der Befragung des Physiotherapeuten Colaco mehr über die Problematik Adduktions- und Innenrotationsbewegung in Verbindung mit der Überbeweglichkeit herausgefunden. Colaco ist der Ansicht, dass diejenigen SchwimmerInnen bevorzugt Schulterbeschwerden erleiden, die eine zu geringe Flexibilität im Sinne der Innenrotation der Schulter aufweisen. Ian Thorpe war ein Musterbeispiel für die Innenrotation, da er vor Beginn der Zugphase (Ellbogen aufstellen) beim Kraulstil den ausgestreckten Arm besonders ausgeprägt nach innen rotierte. Die SchwimmerInnen, die diese Innenrotationsbewegung mit ausgestrecktem Arm ungenügend beherrschen, versuchen, einen aufgestellten Ellbogen in der Unterwasserphase zu imitieren. Dadurch kommt es beim Ellbogen aufstellen in der Zugphase ohne vorherige Innenrotation der Schulter zu einer Mehrbelastung des posterioren Kapsel-Band-Apparats und zum zusätzlichen Nachvornekippen der Schulter. Dies bringt letztlich problematische Folgen wie Laxität, Instabilität oder Impingement mit sich (Colaco, 2009).

Daher ist es nicht korrekt, in den Studien zu erwähnen, dass die Innenrotation generell ungünstig für Schulterbeschwerden ist. Der gesamte Bewegungsablauf und die dabei beteiligten Körperbereiche müssen während des Armzuges analysiert werden. Bei einem aufgestellten Ellbogen in der Unterwasserphase ist demnach nicht die Innenrotation ausschlaggebend für Schulterbeschwerden, sondern eine mangelhafte Durchführung bzw. Flexibilität der Innenrotation, die erhöhten Stress auf die kompensierenden Körperbereiche und somit Schulterbeschwerden auslösen.

Die Aussage von Colaco würde sich auch mit jenen Studien decken, die einen höheren Mangel an Innenrotations- und Adduktionsbewegung bei SchwimmerInnen mit Schulterschmerzen als bei SchwimmerInnen ohne Schulterschmerzen feststellten (Bak & Magnusson, 1997; Rupp et al., 1995).

Wie in der disziplinen- und triathlonspezifischen Literatur betreffen in der eigenen Studie die meisten Beschwerden beim Schwimmen die Schulter. 19,1 % der Langdistanz-triathletInnen haben Schulterbeschwerden. Dieser Wert ist im Bereich jener der disziplinen- und triathlonspezifischen Studien, 9 - 35 % bzw. 1 - 21 %. Nur in der Langdistanzstudie von Egermann et al. (2003) hatten 57,6 % der AthletInnen Überbelastungsverletzungen der Schulter.

Ebenso wie in der eigenen Studie stellten die Sehnen in der disziplinen- und triathlonspezifischen Literatur die am häufigsten betroffene Struktur bei Schulterbeschwerden dar. In der Literatur, insbesondere in der triathlonspezifischen Literatur, wurden jedoch diesbezüglich keine Werte angeführt. In der eigenen Studie war zumindest knapp die Hälfte der AthletInnen, die Schulterschmerzen hatten, mit Sehnenbeschwerden konfrontiert. In den Studien, in denen die Sehnenbeschwerden genauer lokalisiert wurden,

waren hauptsächlich die Sehnen der Rotatorenmanschette betroffen. In der eigenen Studie wurde eine genauere Unterteilung der betroffenen Sehnen nicht vorgenommen.

Die Sehnen stellen im Vergleich zu den Muskeln das minderdurchblutete Gewebe dar und befinden sich, insbesondere die Sehnen der Rotatorenmanschette, aufgrund der anatomischen Gegebenheiten in der Impingement-Zone. Aufgrund der geringen Durchblutung und der Lage im Schulterbereich sind die Sehnen unter Einfluss intrinsischer und vor allem extrinsischer Faktoren Ursachen von Schulterbeschwerden.

In der eigenen Studie waren die Muskeln die zweithäufigste betroffene Struktur bei Verletzungen im Schulterbereich. 40 % der AthletInnen mit Schulterschmerzen hatten muskuläre Beschwerden. Vor allem in den triathlonspezifischen Studien, in denen Schulterbeschwerden detaillierter untersucht wurden, wurden Sehnen- und Muskelbeschwerden als ein Beschwerdebild angeführt.

Da abrupte Bewegungen und hohe Bewegungsgeschwindigkeiten der Extremitäten beim Schwimmen nicht vorkommen, dürfte der hohe Anteil der muskulären Struktur bei Schulterbeschwerden in der eigenen Studie nicht auf Verletzungen wie Zerrungen bzw. Muskelfaserrisse zurückzuführen sein. Muskuläre Überbelastung könnte den hohen Wert induziert haben.

Als prädisponierende Faktoren für Schulterschmerzen in der eigenen Studie konnten bei den Männern das Schwimmtechniktraining, die Rumpfkraftigung und das Widerstandstraining im Wasser sowie die wöchentliche Anzahl an Schwimmkilometern bei den Frauen nachgewiesen werden. Die Erklärungen für das paradoxe Ergebnis beim Schwimmtechnik- und Rumpf-Krafttraining bei den Männern in der eigenen Studie könnten einerseits sein, dass jene Athleten, die bereits an Schulterschmerzen leiden, vermehrt Schwimmtechniktraining durchführen, um den bereits bekannten Problemen entgegenzusteuern. Andererseits könnten die Übungen der Rumpfkraftigung von den Sportlern nicht korrekt ausgeführt werden – z. B. ungenügende Stabilisation der Schulter bzw. ungünstige Position des Schulterblattes während der unterschiedlichsten Stützübungen (Seitstütz...) – und somit das Gegenteil bewirken. Eine Mehr- und Fehlbelastung der Bänder und der Gelenkscapsel im Schulterbereich wären die Folge.

In den triathlonspezifischen Studien erwähnten Egermann et al. (2003), Shaw et al. (2004) und Galera et al. (2012) ebenfalls, dass das Volumen beim Schwimmtraining sehr wohl eine entscheidende Rolle für das Auftreten von Schulterverletzungen, insbesondere jener der Muskulatur spielt. Dies würde wiederum den hohen Anteil an muskulären Beschwerden bei Schulterschmerzen in der eigenen Studie erklären. In der Studie von Manninen und Kallinen (1996) betrafen alle Verletzungen der oberen Extremitäten die Schulter. Ausschlaggebend dafür waren rein die schwimmbezogenen Faktoren wie schlechte Schwimmtechnik und inadäquates Aufwärmen und Dehnen.

In keiner Triathlonstudie ist der Einfluss von Schwimmpaddles oder widerstandserhöhenden Hilfsmitteln (Widerstandshose, Nachziehen von Widerstandskörpern...) beim

Schwimmtraining untersucht worden. TriathletInnen schwimmen erfahrungsgemäß gerne mit einem Pull-Buoy, um die Beine zu schonen und zugleich die Arme mehr zu belasten. Die Intensivierung der Schulter- und Armmuskulatur wird weiters durch die zusätzliche Verwendung von Schwimmpaddles erzielt. In der eigenen Studie weisen die männlichen Triathleten, die ein Widerstandstraining beim Schwimmen durchführen, fast ein doppelt so hohes Risiko für Schulterschmerzen auf als diejenigen, die ohne Widerstandshilfsmittel trainieren. Bei den Frauen trifft dies nicht zu. Die ausschließliche Verwendung von Schwimmpaddles hat in der eigenen Studie generell sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern keinen Einfluss auf Schulterschmerzen. In der disziplinspezifischen Literatur zeigten Haaker et al. (1997), Burchfield et al. (1994) und Richardson et al. (1980) jedoch, dass SchwimmerInnen mit höherem Paddlesanteil im Training trotz geringerer Trainingskilometer häufiger von Schulterschmerzen betroffen sind. Die AutorInnen bekräftigten den Zusammenhang zwischen Schulterschmerzen und Handpaddles mit dem vorwiegenden Auftreten von Schulterschmerzen bei SchwimmerInnen in der Früh- und Mittelsaison. In dieser Trainingsphase ist auch der Trainingsanteil mit Schwimmpaddles am höchsten.

Als weiterer Faktor für Schulterschmerzen wird in der disziplinspezifischen Literatur exzessives Dehnen bzw. exzessive Dehnübungen angeführt. Ein dadurch induziertes Vorkippen des Schulterblatts (Protraktion) sowie eine Verschiebung des Oberarmkopfs nach vorne beschädigt den labro-kapsulo-ligamentären Komplex und führt zu Laxität, Instabilität und Impingement (Bak & Fauno, 1997).

Des Weiteren kann bei Partnerdehnungsübungen geringe Erfahrung zu einem Überdehnen des kapsulo-ligamentären Komplexes führen, da das Gefühl für den Dehnpartner, die Dehnpartnerin erst abgestimmt werden muss. Mangelnde Kommunikation und aufkommender Wettkampfgedanke, vor allem im Kinder- und Jugendbereich, begünstigen ein Überdehnen bzw. Verletzungen (McMaster & Troup, 1993; McMaster, 1999; O'Donnell et al., 2005).

In der eigenen Studie hat die Durchführung schulterspezifischer Dehn-/Beweglichkeitsübungen keinen Einfluss auf Schulterschmerzen.

8.4 Radfahren

Die Verletzungen sowohl beim Radfahren als Einzeldisziplin als auch im Triathlon unterteilen sich in traumatisch und atraumatisch. Traumatische Verletzungen sind vorwiegend Stürze. Aufgrund unterschiedlicher Bezugsgrößen können diesbezüglich nur Vergleiche in der jeweiligen Sportart und nicht zwischen RadfahrerInnen und TriathletInnen generell angestellt werden. Nachstehend wird näher auf dieses Problem eingegangen.

Erwähnenswert ist, dass bei RadfahrerInnen und TriathletInnen die Stürze öfter im Wettkampf als im Training geschehen. Dies ist auf eine erhöhte Risikobereitschaft, erhöhtes Tempo und Massenstürze während des Wettkampfes zurückzuführen. Das

Verletzungsmuster verteilt sich hauptsächlich auf den Schulter- und Klavikulabereich, weil raderfahrene AthletInnen im Gegensatz zu den HobbyathletInnen durch geschicktes Abrollen über die Schulter Stürze auf das Gesicht bzw. den Kopf vermeiden können. Dies zeigt sich besonders beim Radfahren als Einzeldisziplin.

Eine verzögerte Reaktionszeit, welche in Gefahrenzonen berücksichtigt wird, ergibt sich beim Triathlonrad aufgrund der Armaufleger (Aerobar). Besondere Gefahrenquellen für Stürze sind das Auf- und Absteigen nach und vor der Wechselzone sowie Verengungen vor Kurven und Kurven selbst.

Bei den TriathletInnen kommt erschwerend hinzu, dass das Kollektiv der FahrerInnen nicht homogen ist, sondern sich hier ProfisportlerInnen und Amateure treffen. Viele TriathletInnen weisen fahrtechnische Mängel auf, welche ebenfalls zu erhöhtem Sturzrisiko führen.

Auch die atraumatischen Verletzungen differieren kaum zwischen den ProfiradfahrerInnen und den TriathletInnen. Führend unter den atraumatischen Verletzungen im Bereich des Kniegelenks sind das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS) und das Iliotibiale Band-Syndrom (ITBS).

Atraumatische Beschwerden der Wirbelsäule betreffen hauptsächlich den Hals- und Lendenwirbelbereich. Die reinen RadsportlerInnen leiden häufiger unter Nackenschmerzen als die TriathletInnen. Eine eindeutige Ursache dafür wurde in der Literatur nicht angeführt. Die TriathletInnen gaben hingegen vermehrt Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule an. Dies kann durch die Aeroposition bedingt sein, welche die AthletInnen in eine Dehnlage mit reduziertem Positionswechsel bringt.

In der Studie von Villavicencio et al. (2006) über Nacken- und Lendenschmerzen bei TriathletInnen sind Schmerzen unter sieben Tagen meist auf muskuläre und ligamentäre Ursachen und länger andauernde Schmerzen im Lenden- und Halsbereich meist auf bandscheibenbedingte Schmerzen zurückzuführen. Von allen TriathletInnen, die Nacken- oder Lendenschmerzen verspürten, vermerkten 20 %, dass diese chronisch waren und die Schmerzperiode länger als drei Monate andauerte. Bei Manninen und Kallinen (1996) waren ebenfalls 19 % der Lendenschmerzen chronisch. Radikuläre Symptome waren in der Studie von Villavicencio et al. (2006) mit 64,3 % bzw. 33,6 % bei den chronischen Gruppen der Lenden- und Nackenschmerzen sehr häufig. Diese Symptome hielten jedoch die TriathletInnen nicht vom Training ab, sondern äußerten sich in einer Verschiebung der Trainingsanteile der Disziplinen und des Alternativtrainings.

Demographische Faktoren hatten in der Studie von Villavicencio et al. (2006) und (2007) keinen Einfluss auf Nacken- und Lendenschmerzen. TriathletInnen mit hohem Risiko für chronische Schmerzen waren diejenigen mit mehr Wettbewerbsteilnahmen (Lenden), mehr Trainingsjahren bzw. mehr Triathlonenerfahrung (Nacken) und mit einer größeren Verletzungsgeschichte (Nacken und Lenden).

Dies ist durchaus widersprüchlich, da einerseits eine bessere Fitness für die Teilnahme an mehr Wettkämpfen Voraussetzung ist und nicht mit physischen Schmerzen verbunden wird. Andererseits könnte die Teilnahme an mehr Wettkämpfen unabhängig vom Fitnesslevel vermehrt Überlastungsverletzungen und folglich mehr Schmerzen verursachen. Werden diese Beschwerden ignoriert und nicht behandelt, führen diese Überlastungsverletzungen zu einer kumulativen Überlastung und folglich zu bandscheibenbedingten Schmerzen.

Studien über Beschwerden im Genitalbereich bei TriathletInnen sind nicht vorhanden. Da jedoch ähnliche Voraussetzungen gelten, dürften hier auch ähnliche Beschwerden wie bei den RadsportlerInnen vorliegen. Die Impotenzprävalenz bei Amateur-Langstrecken Radfahrern liegt bei 13,1 % (Schwarzer et al., 1999). Die Ursache findet sich hier in vermehrtem Druck auf den Penis als auch in einer verminderten Blutzirkulation. Eine Optimierung des Sattels wie eine Verbreiterung desselben sowie ein Nachvornekippen der Sattelnase könnte dem vorbeugen. Eine vermehrte Polsterung oder Veränderung der Form bringt keine relevanten Verbesserungen. Einzig die Breite ist entscheidend, um den Druck zu reduzieren. Untersuchungen bezüglich Beschwerden im Genitalbereich bei Frauen fanden nicht statt. Diesbezüglich ist der unerwartet hohe Wert von 31,5 % bei den Frauen gegenüber den Männern (16,3 %) in der eigenen Studie von Bedeutung.

Des Weiteren ist zu erwähnen, dass bei den Studien über RadsportlerInnen meist männliche Probanden befragt wurden. Dies traf vor allem bei Studien über Profiradsportler zu. Außerdem weisen Profiradfahrer zum Teil ein anderes Schmerzempfinden auf, da Schmerzen in einem gewissen Ausmaß zu ihrem Beruf gehören und nicht explizit jeder Schmerz erwähnt wird.

Im folgenden Abschnitt werden die Radfahrergebnisse der eigenen Studie angeführt. Bei Verletzungen atraumatischer Natur sind für LWS-Beschwerden die Variable „Haltungsschäden“ bei den Männern, für HWS-Beschwerden die Variablen ein nicht „angepasstes Rennrad“ bei den Männern und das fehlende „Radtechniktraining“ bei den Frauen und für Knieschmerzen eine geringere Anzahl an „Dehn-/Stretcheinheiten“ bei den Männern ausschlaggebend. Die Variablen „Haltungsschäden“ und eine höhere Anzahl an „Unterkörper-Krafteinheiten“ bei den Männern und eine höhere Anzahl an „intensiven Radfahreinheiten“ und fehlendes „Radtechniktraining“ bei den Frauen fördern Schmerzen im Genitalbereich.

Bei Verletzungen traumatischer Natur, die zum Großteil durch Stürze und Zusammenstöße hervorgerufen werden, sind jene Körperteile, die den Körper abstützen oder gewollt/ungewollt zuerst aufprallen, vorwiegend betroffen. Die Schulter stellt dabei in der eigenen Studie – abgesehen von den muskulären Verletzungen – bei jeder Verletzungsart und insgesamt die am meisten betroffene Region bei traumatischen Verletzungen dar. Bei den Verletzungsarten „Prellung/Verstauchung/Bandverletzung“ und „Knochenbruch“ betrafen 15,5 % bzw. 22,8 % aller traumatischen Verletzungen die Schulter. Die Hand inklusive Handgelenk war mit 20,2 % der zweithäufigste Vertreter bei den Knochenbrüchen, bei den Prellungen und Verstauchungen hingegen war es die Hüfte mit 11,6 %.

In der triatlonspezifischen Literatur wurden die oben angeführten Verletzungsarten nicht nach Körperregionen und Disziplinen gesondert beschrieben. Daher sind diesbezügliche Vergleiche schwierig. In Tabelle 18 wird eine Übersicht jener Studien gegeben, die allgemeine Werte zu diesen Verletzungsarten anführten. Nur Egermann et al. (2003) wiesen in ihrer Langdistanzstudie diesbezüglich detailliertere Werte aus. Generell betreffen die häufigsten muskuloskelettalen Verletzungen nach einem Radsturz die Schulter, meist Frakturen des Schlüsselbeins und Dislokationen des Akromioklavikular- und Glenohumeralgelenks (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Egermann et al., 2003; Strock et al., 2006). Diese Ergebnisse entsprechen den Ergebnissen der eigenen Studie.

In den disziplinspezifischen Studien von De Bernardo et al. (2012) und Barrios et al. (2015) betrafen traumatische Verletzungen bei ProfiradfahrerInnen mindestens zur Hälfte den Schultergürtel und die oberen Extremitäten. In Tabelle 82 und 83 werden die Ergebnisse zu traumatischen Verletzungen und deren Bereiche in der eigenen Studie mit denen der Studien von De Bernardo et al. (2012) und Barrios et al. (2015) Gruppe 1 und Gruppe 2 verglichen. Da nicht ersichtlich ist, ob die Probanden nicht nur in einer dieser Studie involviert waren, können die jeweiligen Stichprobenumfänge nicht addiert werden. Daher wird bei den jeweiligen Verletzungsbereichen der Radprofis eine Spanne angegeben.

Tabelle 82: Prävalenz (%) traumatischer Verletzungen bei Langdistanztriathleten beim Radfahren und Radprofis im Vergleich

Traumatische Verletzung	Eigene Studie (N = 1165)	Studien-Radprofis (N = 34, 50, 76)
Untere Extremität	39,1	17,1-26,0
Obere Extremität	23,2	16,0-39,4
Schulter	16,8	22,3-34,0
Hüfte	8,2	3,0-8,8
Brustkorb-/Brustwirbelsäulenbereich	5,2	6,6-8,8
Kopf	3,3	5,9-7,9
Lendenwirbelsäulenbereich	1,1	2,6-4,0
Andere	3,1	-
Gesamt	100	100

Eine Begründung für den höheren Wert der untere Extremität bei der eigenen Studie und jener der Schulter bei den Radprofis ist schwierig zu interpretieren. Bei den Radprofis ist das Fahren in Gruppen (Windschattenfahren) erlaubt, bei den TriathletInnen hingegen nur in bestimmten Fällen. Außerdem wurden bei den RadfahrerInnen nur Profis befragt, in der eigenen Studie jedoch alle Leistungsklassen. Ob das Fahren in Gruppen oder das „geübtere“ Sturzverhalten (Abrollen über die Schulter) der Radprofis einen Einfluss nimmt, ist ohne die jeweiligen Sturzszenarien bzw. ohne einen möglichen Vergleich dieser nicht möglich. Bei den Studien der Radprofis wurden generelle Verletzungsraten auf verschiedenen Bezugsgrößen wie Jahr pro FahrerIn, FahrerIn, 1000 km oder pro Wettkampftag pro Jahr angegeben. Bei den Triathlonstudien wurden z. B. bei Zwingenberger et al. (2014) Radstürze pro 1000 Stunden angeführt und bei Egermann et

al. (2003) auf die Lebenszeit bezogen. Häufigkeitsangaben wie 60 % der TriathletInnen erlitten zumindest einen Radsturz im vorgegeben Untersuchungszeitraum wurden ebenso in den Triathlonstudien verwendet. In der eigenen Studie war eine solche Abfrage bzw. Auswertung nicht vorgesehen.

Eine Erklärung für die unterschiedlichen Werte für Frakturen und Prellungen/Verstauchungen/Wunden der eigenen Studie und jener der Radprofis gestaltet sich schwierig. Es könnten dieselben Gründe ausschlaggebend sein, die zuvor beschrieben wurden.

Tabelle 83: Traumatische Verletzungen (%) bei Langdistanztriathleten beim Radfahren und Radprofis im Vergleich

Traumatische Verletzung	Eigene Studie (N = 1165)	Studien-Radprofis (N = 34, 50, 76)
Frakturen	25,7	34,0-64,7
Schulter-/Klavikular	23,4	29,5-40,1
Handbereich	20,4	18,2-25,0
Rippen	9,0	4,5-11,4
Ellbogen(gelenk)	6,0	0,0-9,1
Prellungen/Verstauchungen/Wunden	53,8	19,7-29,4
Muskel-/Sehnenverletzung	20,5	5,9-13,2

Ein interessantes Diskussions-Thema wäre das veränderte Verletzungsmuster in der Studie von Barrios et al. (2015). Hier wurden Profiradfahrer im Zeitraum von 1983 bis 1995 (Gruppe 1) und 2000 bis 2009 (Gruppe 2) untersucht. Überlastungsverletzungen traten in beiden Gruppen ähnlich häufig auf, wobei sie jedoch ein komplett unterschiedliches klinisches Profil zeigten. In der Gruppe 1 fanden sich eindeutig vermehrt Sehnenverletzungen, in der Gruppe 2 vermehrt Muskelverletzungen.

Einerseits könnten - wie die AutorInnen anführten - neue Trainingsprotokolle und Trainingsmöglichkeiten, bessere Trainingsumstände sowie die Einführung verletzungspräventiver Programme zur Veränderung des klinischen Profils von Verletzungen beigetragen haben. Andererseits könnten die medizinischen Erkenntnisse der letzten zwei Jahrzehnte eine Rolle spielen. Makrolidantibiotika und Kortisoninjektionen bei Sehnenreizungen, die zu einem spröden Sehngewebe und letztlich zu Teilrupturen und Rupturen führen, werden nicht mehr in dem Ausmaß verabreicht und ihre Auswirkungen, vor allem bei SportlerInnen, berücksichtigt. Die Zunahme der Muskelverletzungen könnte auch ein Indiz dafür sein, dass bei AusdauersportlerInnen die Einnahme von Wachstumshormonen, Growth Hormone (GH), in den letzten Jahren ein Thema geworden ist. Diese Umstände könnten auch dafür ausschlaggebend sein, dass die Verletzungen im Kniebereich, die meist sehnenpezifisch sind, in Relation zu den gesamten Überlastungsverletzungen in Gruppe 1 zur Gruppe 2 von 63,4 % auf 36,9 % sanken.

Des Weiteren wies die Gruppe 2 einen doppelt so hohen Anteil an traumatischen Verletzungen auf als die Gruppe 1. Diese Verletzungen waren jedoch von der Verletzungs-

schwere her geringer als in Gruppe 1. Dies könnte auf die erhöhte Risikobereitschaft der Profiradfahrer zurückzuführen sein, wobei dies im Gegensatz zum Renngeschehen im Training schwieriger zu begründen ist. Die geringere Verletzungsschwere in Gruppe 2 ist der Helmpflicht, die bei Gruppe 1 noch nicht eingeführt wurde, zuzuschreiben.

Des Weiteren können diesbezügliche Ergebnisse von Triathlonstudien nicht für Vergleiche herangezogen werden, da die Abfragen nicht detailliert erfolgten, sondern meist allgemein auf die Verteilung der Verletzungsarten auf die einzelnen Disziplinen abzielten. Außerdem wurden die Verletzungen nicht gesondert nach traumatischen und atraumatischen Verletzungen angegeben, sondern kumuliert. Daher können die angeführten Verletzungsbereiche in den Tabellen 69 und 70 nicht durch triathlonspezifische Werte ergänzt werden.

8.5 Laufen

Neben den extrinsischen Faktoren wie Wetterverhältnisse, Beschaffenheit des Laufuntergrunds, Trainingssteuerung und Material (Schuhe) begünstigen intrinsische Faktoren das Auftreten von Verletzungen beim Laufen mehr als im Vergleich zum Radfahren und Schwimmen. Intrinsische Faktoren sind individuell und spiegeln z. B. die anatomischen Besonderheiten (Fuß- und Beinstellung, Mobilität etc.) wider. Die höheren einwirkenden (Bodenreaktions-)Kräfte beim Laufen führen dazu, dass diese anatomischen Besonderheiten häufiger zu Beschwerden führen können als bei den anderen beiden Sportarten. Vor allem kommt dies schneller bei zusätzlichem Einfluss äußerer Faktoren wie inadäquater Trainingssteuerung z. B. bei zu hohem Laufvolumen und/oder einer zu hohen Laufintensität bzw. einem zu abrupten Anstieg dieser beiden Belastungsnormativen zum Vorschein. Ein zu harter Laufuntergrund, unangebrachte Laufschuhe und ein ungünstiger Laufstil begünstigen dies ebenso.

Die Verletzungen beim Laufen betreffen meist das Kniegelenk. Hier wird generell zwischen anteriorem (PFSS) und lateralem Knieschmerz (ITBS) differenziert. Erwähnenswert sind ebenfalls Shin Splints, Achillodynie, Fasziiitis plantaris sowie Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule.

Grundsätzlich wäre zu erwarten gewesen, dass reine LaufsportlerInnen öfter Beschwerden aufweisen als TriathletInnen, weil oftmals Ausgleichssportarten bzw. abwechselnde Belastungen des Bewegungsapparates vor allem im Training fehlen. Dieser Meinung waren vor allem AutorInnen älterer Studien wie unter anderem O'Toole et al. (1987).

In späterer Folge zeigte sich jedoch, dass gerade beim Laufen Cross-over-Effekte auf die TriathletInnen einwirken und zu einer allgemein höheren Verletzungsprävalenz führen (Hausswirth & Brisswalter, 2008; McHardy et al., 2006). Aufgrund der ermüdeten Muskulatur durch vorangegangene Belastung kommt es beim Laufen zu einer verminderten Remodeling-Fähigkeit des Körpers bzw. der Knochen und folglich zu vermehrten Verletzungen. Dies betrifft vor allem das Schienbein in Zusammenhang mit Shin Splints. Die Plantarflexion beim Schwimmen und die lange einseitige Belastung der Wadenmuskulatur beim Radfahren begünstigen Achillessehnenbeschwerden beim Laufen.

Ebenso wäre die lange Dauer des Wettkampfes, vermehrte Ermüdung der Muskulatur (Wechsel der „off load“-Belastung beim Radfahren zur „on load“-Belastung beim Laufen), erhöhte Steifigkeit im Kniegelenk mit daraus resultierender verminderter Schockwellenabsorption und reduzierter Anpassungsfähigkeit an die Bodenreaktionskräfte, der metabolische Shift, der Anstieg von Laktat und die Dehydration in Zusammenhang mit den Cross-over-Effekten zu erwähnen. Der Zusammenhang der Cross-over-Effekte und einer allgemein höheren Verletzungsprävalenz bei TriathletInnen wurde in den letzten Jahren durch die Erhöhung des Trainingsvolumens in Verbindung mit dem steigenden Stellenwert des Triathlons begünstigt.

Zwingenberger et al. (2014) vermerkten hingegen, dass die TriathletInnen trotz des hohen Trainingsvolumens im Vergleich zu anderen Sportarten geringere Verletzungsraten aufweisen.

Eine Zwischenstellung nehmen Levy et al. (1986a) und Levy et al. (1986b) ein. Das Auftreten von Verletzungen ist bei TriathletInnen geringer als bei den reinen LaufspezialistInnen und höher als bei den reinen Schwimm- und RadfahrerspezialistInnen. Selbiger Meinung sind Gosling et al. (2008a), Burns et al. (2003), Cipriani et al. (1998) und Korkia et al. (1994), jedoch mit dem Unterschied, dass die TriathletInnen eine Verletzungshäufigkeit ähnlich jener der reinen LäuferInnen aufweisen.

Aus den oben angeführten Punkten ist ersichtlich, dass auf die TriathletInnen beim Laufen spezielle Anforderungen zukommen und der Laufteil meist rennentscheidend ist. Der Rennausgang ist ebenfalls abhängig von den physischen und psychischen Anpassungsfähigkeiten der AthletInnen beim Wechsel vom Radfahren zum Laufen. Zudem reduziert sich bei guter Adaptationsfähigkeit auch das Verletzungsrisiko.

Bei zunehmender Erschöpfung aufgrund der Vorbelastung weisen vor allem TriathletInnen eine vermehrte Adduktion mit einhergehender Innenrotation in der Hüfte beim Laufen auf. Dies und Schwächen in der Rumpfmuskulatur, insbesondere ein Kräfteungleichgewicht von Flexion und Extension in der Hüfte, wirken sich wiederum negativ auf den Lendenwirbelsäulenbereich aus.

Die Erklärungen für die teilweise paradoxen Laufergebnisse in der eigenen Studie (z. B. der Fall, dass jene ProbandInnen, die Dehnungs- und Stretchübungen durchführen oder einen angepassten Laufschuh verwenden, angeben, häufiger an Schmerzen zu leiden)³ sind, dass jene AthletInnen, die bereits an Schmerzen leiden, vermehrt Dehnungs- und Stretchübungen durchführen oder einen angepassten Laufschuh verwenden, um den bereits bekannten Problemen entgegenzusteuern. Andererseits könnte es sein, dass die Dehnungs- und Stretchübungen von den SportlerInnen nicht korrekt ausgeführt werden und somit das Gegenteil bewirken, nämlich die Schmerzen fördern. Dies trifft vermutlich bei dem Faktor Dehnungs- und Stretchübungen bei den Frauen mit Runner's Knee, LWS-Schmerzen und Iliotibialen Band-Syndrom zu und letzteres auch bei den Männern. Die paradoxen

³ Bei einer Querschnittsstudie können Ursache und Wirkung nicht geklärt werden.

Ergebnisse bezüglich des Faktors angepasster Laufschuh betreffen die Achillessehnen-schmerzen bei den Damen, das ITBS und die Fasciitis plantaris jeweils bei den Herren. Des Weiteren ist im Zusammenhang mit den paradoxen Laufergebnissen noch das Koppeltraining bei Achillessehnen-schmerzen, Shin Splints und Fasciitis plantaris bei den Herren zu erwähnen.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Verletzungsmuster und Verletzungsarten beim Laufen als Einzeldisziplin und beim Triathlon prinzipiell ähnlich und vergleichbar sind. Aufgrund von Cross-over-Effekten wirken ab einem gewissen Trainingsvolumen auf den Triathleten/die Triathletin jedoch vermehrte Belastungen ein, die das Auftreten von Verletzungen erhöhen. Die Variabilität hinsichtlich der Werte des Auftretens von Verletzungen bei TriathletInnen ist kritisch zu hinterfragen, und es gibt keine Studie, in der die Unterschiede von Verletzungshäufigkeiten bei TriathletInnen und reinen LäuferInnen explizit untersucht wurden.

9 Schlussfolgerung

Um Verletzungen im Langdistanztriathlon vorzubeugen, sollte unter Berücksichtigung der extrinsischen und intrinsischen Faktoren für Verletzungen auf die Reduktion der Cross-over-Effekte geachtet werden. Der Einfluss und das Zusammenwirken mehrerer Faktoren und Gegebenheiten sind für das Auftreten von Verletzungen verantwortlich.

Unter den extrinsischen Faktoren wären im Besonderen die individuell richtige Abstimmung des Trainingsvolumens und der -intensität, ein adäquates Schuhwerk, das bike fitting und die individuelle Technik der jeweiligen Sportart zu erwähnen.

Bei den intrinsischen Faktoren sollte speziell auf anatomische Besonderheiten geachtet und diese dementsprechend berücksichtigt bzw. unter anderem mit Schuheinlagen, Ausgleichs- und Stabilisationstraining, Beinachsentraining etc. korrigiert werden. Eine gestärkte Rumpf- und Hüftmuskulatur reduziert bei fortschreitender Ermüdung, insbesondere beim Wechsel vom Radfahren auf das Laufen, das Nachvorneigen des Oberkörpers und ermöglicht ebenso wie eine ausreichende Flexibilität im Kniegelenk eine bessere Absorption der Bodenreaktionskräfte.

Eine Intermediärstellung nimmt die Ernährung ein, die von außen zugeführt im Körperkreislauf metabolische Stoffwechselprozesse in Gang setzt und gemeinsam mit ausreichender Hydrierung vor allem bei Langdistanztriathlonbewerben eine entscheidende Rolle spielt.

In den Studien der letzten 15 Jahren bezogen die AutorInnen die Cross-over-Effekte vermehrt mit ein und ordneten die einzeln aufgetretenen Verletzungen nicht mehr der Sportart bzw. Disziplin zu, sondern dem Triathlon als Gesamtbelastung.

Seit den letzten Jahren nehmen auch vermehrt Frauen an Triathlonbewerben teil. Diese wurden in den vergangenen Jahren bezüglich Verletzungshäufigkeit und -art ungenügend untersucht. Hier wäre es interessant, ob die doch andersartige Anatomie im Beckenbereich zu vermehrten Beschwerden führt oder ob sich insgesamt andere Fragestellungen aufwerfen. Das hohe Auftreten von Schmerzen im Genitalbereich beim Radfahren wäre an dieser Stelle erwähnenswert. Dies wird in folgenden Studien zu klären sein.

Um die Aussagekraft der Studien bzw. die Vergleichbarkeit einzelner Studien untereinander zu verbessern, wären vermehrt ein prospektives Studiendesign, eine einheitliche Studiendauer, einheitliche Definitionen der Verletzungen, einheitliche Nomenklaturen und Bezugsgrößen, ein ausreichender Untersuchungsumfang und genauere Differenzierungen der ProbandInnen hinsichtlich Geschlecht, Distanzen, Trainingsvolumen bzw. -stunden und Leistungsfähigkeit zu empfehlen. Zusätzlich wäre eine Zuordnung der Verletzungen nach Wettkampf und Training wünschenswert.

10 Zusammenfassung

Ziel dieser Dissertation war die Evaluierung der häufigsten Verletzungen und Schmerzen im Langdistanztriathlon. Dabei ging es vor allem um die Identifizierung von Zusammenhängen zwischen trainingsbezogenen Kennzahlen und häufigen Beschwerdebildern bei LangdistanztriathletInnen. Die Umsetzung dieses Vorhabens bzw. die Datenerhebung erfolgte mittels Online-Fragebogen, der den AthletInnen weltweit in fünf Sprachen zur Verfügung stand. Die Datenanalyse der 1159 adäquat ausgefüllten Fragebögen aus 43 unterschiedlichen Nationen bildete die Grundlage dieser Arbeit. Die gewonnenen Ergebnisse wurden mit denen der triathlonspezifischen und disziplinspezifischen Literatur je Disziplin verglichen und diskutiert.

Der Wissens- und Erfahrungsschatz über diese junge Sportart, die mittlerweile die am schnellsten wachsende Sportart unter den Ausdauersportarten darstellt, ist in Bezug auf das Ausmaß nicht mit jenen der Einzelsportarten Schwimmen, Radfahren und Laufen vergleichbar und kann aufgrund der kombinierten Ausübung der drei Disziplinen auch nicht direkt übernommen werden. Das Aneinanderreihen der drei Sportarten, die verschiedenen Distanzen mit ihren unterschiedlichen Anforderungen an das Training und an das muskuloskelettale System sowie die kombinierten Verletzungsmuster machen den Triathlon und die dabei auftretenden Verletzungen der SportlerInnen einzigartig und sind der Grund, dass diese Sportart eine Sonderstellung im Ausdauersport im physiologischen, biomechanischen und trainingstechnischen Bereich einnimmt.

Generell können Verletzungen nach traumatischem (Sturz, Zusammenstoß) oder atraumatischem (Überlastung, Überbeanspruchung) Ursprung, nach akuten oder chronischen bzw. zum ersten Mal auftretenden oder wiederkehrenden Verletzungen eingeteilt werden. Verletzungen, die einen Trainingsstopp zumindest für einen Tag, eine Reduktion des Trainings oder eine Beanspruchung von medizinischer Hilfe verursachen, treten im Triathlon mit einer Häufigkeitsquote von 29 - 91 % auf (Vleck et al., 2010). Die überbelastungsbedingten Verletzungen machen dabei ca. 50 % und mehr aus (Kapitel 4.1.4).

Wenn die Stunden des Trainings und des Wettkampfs in Relation gesetzt werden, ergibt sich ein sechs Mal höheres Auftreten von Verletzungen während des Wettkampfs als im Training, siehe Kapitel 4.1.7 (Egermann et al., 2003; Galera et al., 2012). Ob Verletzungen generell bzw. gesondert nach atraumatischer und traumatischer Natur häufiger in der Trainings- bzw. Wettkampfphase auftreten, ist nicht eindeutig ersichtlich.

Laufen, gefolgt von Radfahren und Schwimmen ist die Reihenfolge der Verletzungshäufigkeit nach Disziplinen im Triathlon (Vleck et al., 2013), wobei laut Collins et al. (1989) Knie, Lendenwirbelsäulenbereich und Schulter die Hauptbeschwerdebereiche je Disziplin sind. Das heißt, der Großteil der Verletzungen im Triathlon mit 58 - 73 % sind dem Laufen und 5 - 50 % dem Radfahren zuzuschreiben (Burns et al., 2003; Clements et al., 1999; Collins et al., 1989; Galera et al., 2012; Korkia et al., 1994; Massimino et al.,

1988; Vleck & Garbutt, 1998; Williams et al., 1988). Für die Disziplin Schwimmen sind in der Literatur Werte zwischen 1 - 12 % angeführt. Eine Übersicht diesbezüglicher Studien und deren Werte je Disziplin wird in Tabelle 9 gezeigt.

In dieser Zusammenfassung wird vorwiegend auf die atraumatischen Verletzungen eingegangen, weil diese meist auf „falschem“ Training oder auf Unwissenheit beruhen und daher die Ursachen veränderbar sind. Es werden zuerst die Ergebnisse der Disziplin Schwimmen zusammengefasst gefolgt von den Ergebnissen der Disziplinen Radfahren und Laufen. Die Tabellen mit den Verletzungshäufigkeiten aus der eigenen Studie werden in den Text eingefügt, um einen raschen Überblick anzubieten.

Schwimmen

Wie in der disziplinen- und triathlonspezifischen Literatur betreffen in der eigenen Studie die meisten Beschwerden beim Schwimmen die Schulter. 19,1 % der Langdistanz-triathletInnen haben Schulterbeschwerden (Tabelle 84). Dieser Wert ist im Bereich jener der disziplinen- und triathlonspezifischen Studien, 9 - 35 % bzw. 1 - 21 %. Nur in der Langdistanzstudie von Egermann et al. (2003) hatten 57,6 % der AthletInnen Überbelastungsverletzungen der Schulter.

Tabelle 84: Eigene Studie: Häufige Verletzungen beim Schwimmen (N = 989 Männer; N = 168 Frauen)

Beschwerdebilder	Männer (%)	Frauen (%)	Gesamt (%)
Schulterschmerzen	18,7	21,4	19,1
Schmerzen im Bereich der HWS	2,3	1,8	2,2
Schmerzen beim Ellbogen(gelenk)	2,0	1,8	2,0
Schmerzen am Oberarm	1,1	2,4	1,3

Tabelle 85: Eigene Studie: Anteil der betroffenen Strukturen bei Schulterbeschwerden (N = 142 Männer; N = 24 Frauen)

Betroffene Strukturen	Männer (%)	Frauen (%)	Gesamt (%)
Sehne	47,9	54,2	48,8
Muskel	38,7	50,0	40,4
Gelenkscapsel	14,8	12,5	14,5
Sehnenscheide	14,1	12,5	13,9
Schleimbeutel	9,9	12,5	10,2
Band	9,9	4,2	9,0
Knorpel	2,8	4,2	3,0

Ebenso wie in der eigenen Studie stellten die Sehnen in der disziplinen- und triathlonspezifischen Literatur die am häufigsten betroffene Struktur bei Schulterbeschwerden dar. In der Literatur, insbesondere in der triathlonspezifischen Literatur, wurden jedoch diesbezüglich keine Werte angeführt. In der eigenen Studie war zumindest knapp die Hälfte der AthletInnen, die Schulderschmerzen hatten, mit Sehnenbeschwerden konfrontiert (Tabelle 85). In den Studien, in denen die Sehnenbeschwerden genauer lokalisiert wurden, waren hauptsächlich die Sehnen der Rotatorenmanschette betroffen. In

der eigenen Studie wurde eine genauere Unterteilung der betroffenen Sehnen nicht vorgenommen.

Die Sehnen stellen im Vergleich zu den Muskeln das minderdurchblutete Gewebe dar und befinden sich, insbesondere die Sehnen der Rotatorenmanschette, aufgrund der anatomischen Gegebenheiten in der Impingement-Zone. Aufgrund der geringen Durchblutung und der Lage im Schulterbereich sind die Sehnen unter Einfluss intrinsischer und vor allem extrinsischer Faktoren Ursachen von Schulterbeschwerden.

In der eigenen Studie waren die Muskeln die zweithäufigste betroffene Struktur bei Verletzungen im Schulterbereich. 40 % der AthletInnen mit Schulterschmerzen hatten muskuläre Beschwerden (Tabelle 85). Vor allem in den triathlonspezifischen Studien, in denen Schulterbeschwerden detaillierter untersucht wurden, wurden Sehnen- und Muskelbeschwerden als ein Beschwerdebild angeführt.

Da abrupte Bewegungen und hohe Bewegungsgeschwindigkeiten der Extremitäten beim Schwimmen nicht vorkommen, dürfte der hohe Anteil der muskulären Struktur bei Schulterbeschwerden in der eigenen Studie nicht auf Verletzungen wie Zerrungen bzw. Muskelfaserrisse zurückzuführen sein. Muskuläre Überbelastung könnte den hohen Wert induziert haben.

Als prädisponierende Faktoren für Schulterschmerzen in der eigenen Studie konnten bei den Männern das Schwimmtechniktraining, die Rumpfkraftigung und das Widerstandstraining im Wasser sowie bei den Frauen die wöchentliche Anzahl an Schwimmkilometern nachgewiesen werden.

In den triathlonspezifischen Studien erwähnten Egermann et al. (2003), Shaw et al. (2004) und Galera et al. (2012) ebenfalls, dass das Volumen beim Schwimmtraining sehr wohl eine entscheidende Rolle für das Auftreten von Schulterverletzungen, insbesondere jener der Muskulatur spielt. Dies würde wiederum den hohen Anteil an muskulären Beschwerden bei Schulterschmerzen in der eigenen Studie erklären. In der Studie von Manninen und Kallinen (1996) betrafen alle Verletzungen der oberen Extremitäten die Schulter. Ausschlaggebend dafür waren rein die schwimmbezogenen Faktoren wie schlechte Schwimmtechnik und inadäquates Aufwärmen und Dehnen.

In keiner Triathlonstudie ist der Einfluss von Schwimmpaddles oder widerstandserhöhenden Hilfsmitteln (Widerstandshose, Nachziehen von Widerstandskörpern...) beim Schwimmtraining untersucht worden. TriathletInnen schwimmen erfahrungsgemäß gerne mit einem Pull-Buoy, um die Beine zu schonen und zugleich die Arme mehr zu belasten. Die Intensivierung der Schulter- und Armmuskulatur wird weiters durch die zusätzliche Verwendung von Schwimmpaddles erzielt. In der eigenen Studie weisen die männlichen Triathleten, die ein Widerstandstraining beim Schwimmen durchführen, fast ein doppelt so hohes Risiko für Schulterschmerzen auf als diejenigen, die ohne Widerstandshilfsmittel trainieren. Bei den Frauen trifft dies nicht zu. Die ausschließliche Verwendung von Schwimmpaddles hat in der eigenen Studie generell sowohl bei den Frauen als auch bei

den Männern keinen Einfluss auf Schulterschmerzen. In der disziplinspezifischen Literatur zeigten Haaker et al. (1997), Burchfield et al. (1994) und Richardson et al. (1980) jedoch, dass SchwimmerInnen mit höherem Paddlesanteil im Training trotz geringerer Trainingskilometer häufiger von Schulterschmerzen betroffen sind. Die AutorInnen bekräftigten den Zusammenhang zwischen Schulterschmerzen und Handpaddles mit dem vorwiegenden Auftreten von Schulterschmerzen bei SchwimmerInnen in der Früh- und Mittelsaison. In dieser Trainingsphase ist auch der Trainingsanteil mit Schwimmpaddles am höchsten.

Als weiterer Faktor für Schulterschmerzen wird in der disziplinspezifischen Literatur exzessives Dehnen bzw. exzessive Dehnübungen angeführt. Ein dadurch induziertes Vorkippen des Schulterblatts (Protraktion) sowie eine Verschiebung des Oberarmkopfs nach vorne beschädigt den labro-kapsulo-ligamentären Komplex und führt zu Laxität, Instabilität und Impingement (Bak & Fauno, 1997). In der eigenen Studie hat die Durchführung schulterpezifischer Dehn-/Beweglichkeitsübungen keinen Einfluss auf Schulterschmerzen.

Radfahren

Traumatische Verletzungen treten durch das erhöhte Verletzungsrisiko bei Stürzen und Kollisionen beim Radfahren häufiger auf als beim Schwimmen und Laufen. Aufgrund unterschiedlicher Bezugsgrößen können diesbezüglich jedoch nur Vergleiche in der jeweiligen Sportart und nicht zwischen RadfahrerInnen und TriathletInnen generell angestellt werden.

Erwähnenswert ist, dass bei RadfahrerInnen und TriathletInnen die Stürze öfter im Wettkampf als im Training geschehen. Dies ist auf eine erhöhte Risikobereitschaft, erhöhtes Tempo und Massenstürze während des Wettkampfes zurückzuführen. Das Verletzungsmuster verteilt sich hauptsächlich auf den Schulter- und Klavikulabereich, weil raderfahrene AthletInnen im Gegensatz zu den HobbyathletInnen durch geschicktes Abrollen über die Schulter Stürze auf das Gesicht bzw. den Kopf vermeiden können. Dies zeigt sich besonders beim Radfahren als Einzeldisziplin.

Vergleiche zwischen Häufigkeiten von Stürzen bzw. ob das Fahren in Gruppen oder das „geübtere“ Sturzverhalten der Radprofis (Abrollen über die Schulter) einen Einfluss nimmt, sind ohne die jeweiligen Sturzszenarien bzw. anhand unterschiedlich gewählter Bezugsgrößen nicht möglich. Bei den Studien der Radprofis wurden generelle Verletzungsraten auf verschiedenen Bezugsgrößen wie Jahr pro FahrerIn, FahrerIn, 1000 km oder pro Wettkampftag pro Jahr angegeben. Bei den Triathlonstudien wurden z. B. bei Zwingenberger et al. (2014) Radstürze pro 1000 Stunden angeführt und bei Egermann et al. (2003) auf die Lebenszeit bezogen. In den Triathlonstudien werden auch Häufigkeitsangaben wie 60 % der TriathletInnen erlitten zumindest einen Radsturz im vorgegeben Untersuchungszeitraum verwendet. In diesem Zusammenhang vermerkten Egermann et al. (2003), dass bei den Elite-TriathletInnen Radstürze häufiger auftreten als bei den übrigen Leistungsklassen. Jedoch behaupten andere AutorInnen wiederum, dass Elite-TriathletInnen bzw. Elite-Radfahrer über eine bessere Radfahrtechnik und

Radfahrerfahrung verfügen als die übrigen Leistungsklassen. Wegen der mangelnden Vergleichbarkeit aufgrund der unterschiedlichen Bezugsgrößen ist das Sturzverhalten schwierig zu interpretieren bzw. ist nicht einfach der höheren Risikobereitschaft zuzuschreiben. In der eigenen Studie war eine solche Abfrage bzw. Auswertung nicht vorgesehen.

Eine verzögerte Reaktionszeit, welche in Gefahrenzonen berücksichtigt wird, ergibt sich beim Triathlonrad aufgrund der Armaufleger (Aerobar). Besondere Gefahrenquellen für Stürze sind das Auf- und Absteigen nach und vor der Wechselzone sowie Verengungen vor Kurven und Kurven selbst.

Bei den TriathletInnen kommt erschwerend hinzu, dass das Kollektiv der FahrerInnen nicht homogen ist, sondern sich hier ProfisportlerInnen und Amateure treffen. Viele TriathletInnen weisen fahrtechnische Mängel auf, welche ebenfalls zu erhöhtem Sturzrisiko führen.

Die atraumatischen Verletzungen differieren kaum zwischen den ProfiradfahrerInnen und den TriathletInnen. Führend unter den atraumatischen Verletzungen im Bereich des Kniegelenks sind das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS) und das Iliotibiale Band-Syndrom (ITBS).

Atraumatische Beschwerden der Wirbelsäule betreffen hauptsächlich den Hals- und Lendenwirbelbereich. Die reinen RadsportlerInnen leiden häufiger unter Nackenschmerzen als die TriathletInnen. Eine eindeutige Ursache dafür wurde in der Literatur nicht angeführt. Die TriathletInnen gaben hingegen vermehrt Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule an. Dies kann durch die Aeroposition (Aerobar) bedingt sein, welche die AthletInnen in eine Dehnlage mit reduziertem Positionswechsel bringt.

Demographische Faktoren hatten in den Studien über Nacken- und Lendenschmerzen bei TriathletInnen von Villavicencio et al. (2006) und (2007) keinen Einfluss auf Nacken- und Lendenschmerzen. TriathletInnen mit hohem Risiko für chronische Schmerzen waren diejenigen mit mehr Wettbewerbsteilnahmen (Lenden), mehr Trainingsjahren bzw. mehr Triathlonenerfahrung (Nacken) und mit einer größeren Verletzungsgeschichte (Nacken und Lenden).

Dies ist durchaus widersprüchlich, da einerseits eine bessere Fitness für die Teilnahme an mehr Wettkämpfen Voraussetzung ist und nicht mit physischen Schmerzen verbunden wird. Andererseits könnte die Teilnahme an mehr Wettkämpfen unabhängig vom Fitnesslevel vermehrt Überlastungsverletzungen und folglich mehr Schmerzen verursachen. Werden diese Beschwerden ignoriert und nicht behandelt, führen diese Überlastungsverletzungen zu einer kumulativen Überlastung und folglich zu bandscheibenbedingten Schmerzen.

Studien über Beschwerden im Genitalbereich bei TriathletInnen sind nicht vorhanden. Da jedoch ähnliche Voraussetzungen gelten, dürften hier auch ähnliche Beschwerden wie bei

den RadsportlerInnen vorliegen. Die Impotenzprävalenz bei Amateur-Langstrecken-Radfahrern liegt bei 13,1 % (Schwarzer et al., 1999). Die Ursache findet sich hier in vermehrtem Druck auf den Penis als auch in einer verminderten Blutzirkulation. Eine Optimierung des Sattels wie eine Verbreiterung desselben sowie ein Nachvornekippen der Sattelnase könnte dem vorbeugen. Eine vermehrte Polsterung oder Veränderung der Form bringt keine relevanten Verbesserungen. Einzig die Breite ist entscheidend, um den Druck zu reduzieren. Untersuchungen bezüglich Beschwerden im Genitalbereich bei Frauen fanden nicht statt. Diesbezüglich ist der unerwartet hohe Wert von 31,5 % bei den Frauen gegenüber den Männern (16,3 %) in der eigenen Studie von Bedeutung (Tabelle 86).

Des Weiteren ist zu erwähnen, dass bei den Studien über RadsportlerInnen meist männliche Probanden befragt wurden. Dies traf vor allem bei Studien über Profiradsportler zu. Außerdem weisen Profiradfahrer zum Teil ein anderes Schmerzempfinden auf, da Schmerzen in einem gewissen Ausmaß zu ihrem Beruf gehören und nicht explizit jeder Schmerz erwähnt wird.

Im folgenden Abschnitt werden die Radfahrergebnisse der eigenen Studie angeführt. Bei Verletzungen atraumatischer Natur sind für LWS-Beschwerden die Variable „Haltungsschäden“ bei den Männern, für HWS-Beschwerden die Variablen ein nicht „angepasstes Rennrad“ bei den Männern und das fehlende „Radtechniktraining“ bei den Frauen und für Knieschmerzen eine geringere Anzahl an „Dehn-/Stretcheinheiten“ bei den Männern ausschlaggebend. Die Variablen „Haltungsschäden“ und eine höhere Anzahl an „Unterkörper-Krafteinheiten“ bei den Männern und eine höhere Anzahl an „intensiven Radfahreinheiten“ und fehlendes „Radtechniktraining“ bei den Frauen fördern Schmerzen im Genitalbereich.

In Tabelle 86 sind die genannten atraumatischen Verletzungen beim Radfahren nach Geschlecht aufgelistet. An dieser Stelle muss jedoch erwähnt werden, dass die Schmerzen im Kniebereich beim Radfahren nicht wie die LWS-, HWS- und Genitalschmerzen explizit in einer Hauptfrage gesondert abgefragt wurden. Die Werte bezüglich Knieschmerzen wurden aus einer der Antwortmöglichkeiten von Frage 72 entnommen und weisen daher nicht den Umfang an Personen auf wie die unabhängigen Variablen LWS-, HWS- und Genitalschmerzen. Im Sinne der Vollständigkeit werden die Ergebnisse der Knieschmerzen beim Radfahren trotzdem angeführt.

Tabelle 86: Eigene Studie: Häufige atraumatische Beschwerdebilder beim Radfahren

Beschwerdebild	Männer n (%)	Frauen n (%)	Gesamt n (%)
Lendenwirbelsäule (N=979 M; 165 W)	358 (36,6)	58 (35,2)	416 (36,4)
Halswirbelsäule (N=975 M; 167 W)	275 (28,2)	60 (35,9)	335 (29,3)
Genitalbereich* (N = 988 M; 168 W)	161 (16,3)	53 (31,5)	214 (18,5)
Knie (N = 988 M; 168 W)	67 (6,8)	13 (7,7)	80 (6,9)

* Die 25 männliche Probanden mit Erektionsstörungen/Impotenz wurden hier nicht miteinbezogen.

Bei Verletzungen traumatischer Natur, die zum Großteil durch Stürze und Zusammenstöße hervorgerufen werden, sind jene Körperteile, die den Körper abstützen oder gewollt/

ungewollt zuerst aufprallen, vorwiegend betroffen. Die Schulter stellt dabei in der eigenen Studie – abgesehen von den muskulären Verletzungen – bei jeder Verletzungsart und insgesamt die am meisten betroffene Region bei traumatischen Verletzungen dar. Bei den Verletzungsarten „Prellung/Verstauchung/Bandverletzung“ und „Knochenbruch“ betrafen 15,5 % bzw. 22,8 % aller traumatischen Verletzungen die Schulter. Die Hand inklusive Handgelenk war mit 20,2 % der zweithäufigste Vertreter bei den Knochenbrüchen, bei den Prellungen und Verstauchungen hingegen war es die Hüfte mit 11,6 %.

In der triathlonspezifischen Literatur wurden die oben angeführten Verletzungsarten nicht nach Körperregionen und Disziplinen gesondert beschrieben. Daher sind diesbezügliche Vergleiche schwierig. In Tabelle 18 wird eine Übersicht jener Studien gegeben, die allgemeine Werte zu diesen Verletzungsarten anführten. Nur Egermann et al. (2003) wiesen in ihrer Langdistanzstudie diesbezüglich detailliertere Werte aus. Generell betreffen die häufigsten muskuloskelettalen Verletzungen nach einem Radsturz die Schulter, meist Frakturen des Schlüsselbeins und Dislokationen des Akromioklavikular- und Glenohumeralgelenks (Burns et al., 2003; Collins et al., 1989; Egermann et al., 2003; Strock et al., 2006). Diese Ergebnisse entsprechen den Ergebnissen der eigenen Studie.

In den disziplinspezifischen Studien von De Bernardo et al. (2012) und Barrios et al. (2015) betrafen traumatische Verletzungen bei ProfiradfahrerInnen mindestens zur Hälfte den Schultergürtel und die oberen Extremitäten.

Laufen

Neben den extrinsischen Faktoren wie Wetterverhältnisse, Beschaffenheit des Laufuntergrunds, Trainingssteuerung und Material (Schuhe) begünstigen intrinsische Faktoren das Auftreten von Verletzungen beim Laufen mehr als im Vergleich zum Radfahren und Schwimmen. Intrinsische Faktoren sind individuell und spiegeln z. B. die anatomischen Besonderheiten (Fuß- und Beinstellung, Mobilität etc.) wider. Die höheren einwirkenden (Bodenreaktions-)Kräfte beim Laufen führen dazu, dass diese anatomischen Besonderheiten häufiger zu Beschwerden führen können als bei den anderen beiden Sportarten. Vor allem kommt dies schneller bei zusätzlichem Einfluss äußerer Faktoren wie inadäquater Trainingssteuerung z. B. bei zu hohem Laufvolumen und/oder einer zu hohen Laufintensität bzw. einem zu abrupten Anstieg dieser beiden Belastungsnormativen zum Vorschein. Ein zu harter Laufuntergrund, unangebrachte Laufschuhe und ein ungünstiger Laufstil begünstigen dies ebenso.

Die Verletzungen beim Laufen betreffen meist das Kniegelenk. Hier wird generell zwischen anteriorem (Patellofemorales Schmerzsyndrom bzw. Runner's Knee) und lateralem Knieschmerz (Iliotibiales Band-Syndrom) differenziert. Erwähnenswert sind ebenfalls Shin Splints, Achillodynie, Faszitis plantaris sowie Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule. In nachstehender Tabelle 87 wird das Auftreten der genannten Verletzungen in der eigenen Studie angeführt, wobei der Knieschmerz gesondert nach den beiden Knieverletzungen Runner's Knee (PFSS) und Iliotibialem Band-Syndrom (ITBS) angeführt wird.

Tabelle 87: Eigene Studie: Häufige atraumatische Beschwerdebilder beim Laufen

Beschwerdebilder	Männer n (%)	Frauen n (%)	Gesamt n (%)
Achillodynie (N=968 M; 161 W)	347 (35,8)	40 (24,8)	387 (34,3)
Runner's Knee (N=978 M; 164 W)	275 (28,1)	51 (31,1)	326 (28,5)
ITBS (N=969 M; 165 W)	268 (27,7)	53 (32,1)	321 (28,3)
Shin Splints (N=967 M; 161 W)	158 (16,3)	34 (21,1)	192 (17,0)
Fasciitis plantaris (N=967 M; 164 W)	126 (13)	32 (19,5)	158 (14,0)
Lendenwirbelsäule (N=976 M; 164 W)	113 (11,6)	28 (17)	141 (12,4)
Stressfraktur MK (N=988 M; 168 W)	31 (3,1)	9 (5,4)	40 (3,5)

MK = Mittelfußknochen

Im Vergleich zu den angegebenen Werten in Tabelle 88 sind die jeweiligen Verletzungshäufigkeiten der eigenen Studie höher, obwohl Taunton et al. (2002) ausschließlich verletzte AthletInnen in ihrer Studie berücksichtigten. Die 2002 SportlerInnen wurden jedoch nur innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren an einer Klinik untersucht, im Gegensatz zum Untersuchungszeitraum „gesamte Triathlonzeit“ in der eigenen Studie.

Tabelle 88: Häufige Laufverletzungen angegeben in absolute und relative Werte der Anzahl an ProbandInnen (N=2002) (Taunton et al., 2002, S. 96)

Beschwerdebilder	Männer n (%)	Frauen n (%)	Gesamt n (%)
Runner's Knee	124 (13,4)	207 (19,2)	331 (16,5)
ITBS	63 (6,8)	105 (9,8)	168 (8,4)
Shin Splints*	70 (7,6)	96 (8,9)	166 (8,3)
Fasciitis plantaris	85 (9,2)	73 (6,8)	158 (7,9)
Achillodynie	56 (6,0)	40 (3,7)	96 (4,8)
Lendenwirbelsäule	26 (2,8)	42 (3,9)	68 (3,4)
Metatarsalgie**	17 (1,8)	17 (1,6)	34 (1,7)
Andere	485 (52,4)	496 (46,1)	981 (49,0)
Gesamt	926 (46,3)	1076 (53,7)	2002 (100)

* inkl. tibiale Stressfrakturen (n=54); ** inkl. Stressfraktur-Mittelfußknochen

Grundsätzlich wäre zu erwarten gewesen, dass reine LaufsportlerInnen öfter Beschwerden aufweisen als TriathletInnen, weil oftmals Ausgleichssportarten bzw. abwechselnde Belastungen des Bewegungsapparates vor allem im Training fehlen. Dieser Meinung waren vor allem AutorInnen älterer Studien wie unter anderem O'Toole et al. (1987).

In späterer Folge zeigte sich jedoch, dass gerade beim Laufen Cross-over-Effekte auf die TriathletInnen einwirken und zu einer allgemein höheren Verletzungsprävalenz führen (Hausswirth & Brisswalter, 2008; McHardy et al., 2006). Aufgrund der ermüdeten Muskulatur durch vorangegangene Belastung kommt es beim Laufen zu einer verminderten Remodeling-Fähigkeit des Körpers bzw. der Knochen und folglich zu vermehrten Verletzungen. Dies betrifft vor allem das Schienbein in Zusammenhang mit Shin Splints. Die Plantarflexion beim Schwimmen und die lange einseitige Belastung der Wadenmuskulatur beim Radfahren begünstigen Achillessehnenbeschwerden beim Laufen.

Ebenso wäre die lange Dauer des Wettkampfes, vermehrte Ermüdung der Muskulatur (Wechsel der „off load“-Belastung beim Radfahren zur „on load“-Belastung beim Laufen), erhöhte Steifigkeit im Kniegelenk mit daraus resultierender verminderter Schockwellenabsorption und reduzierter Anpassungsfähigkeit an die Bodenreaktionskräfte, der metabolische Shift, der Anstieg von Laktat und die Dehydration in Zusammenhang mit den Cross-over-Effekten zu erwähnen. Der Zusammenhang der Cross-over-Effekte und einer allgemein höheren Verletzungsprävalenz bei TriathletInnen wurde in den letzten Jahren durch die Erhöhung des Trainingsvolumens in Verbindung mit dem steigenden Stellenwert des Triathlons begünstigt.

Zwillingenberger et al. (2014) vermerkten hingegen, dass die TriathletInnen trotz des hohen Trainingsvolumens im Vergleich zu anderen Sportarten geringere Verletzungsraten aufweisen.

Eine Zwischenstellung nehmen Levy et al. (1986a) und Levy et al. (1986b) ein. Das Auftreten von Verletzungen ist bei TriathletInnen geringer als bei den reinen LaufspezialistInnen und höher als bei den reinen Schwimm- und RadfahrerspezialistInnen. Selbiger Meinung sind Gosling et al. (2008a), Burns et al. (2003), Cipriani et al. (1998) und Korkia et al. (1994), jedoch mit dem Unterschied, dass die TriathletInnen eine Verletzungshäufigkeit ähnlich jener der reinen LäuferInnen aufweisen.

Aus den oben angeführten Punkten ist ersichtlich, dass auf die TriathletInnen beim Laufen spezielle Anforderungen zukommen und der Laufteil meist rennentscheidend ist. Der Rennausgang ist ebenfalls abhängig von den physischen und psychischen Anpassungsfähigkeiten der AthletInnen beim Wechsel vom Radfahren zum Laufen. Zudem reduziert sich bei guter Adaptationsfähigkeit auch das Verletzungsrisiko.

Bei zunehmender Erschöpfung aufgrund der Vorbelastung weisen vor allem TriathletInnen eine vermehrte Adduktion mit einhergehender Innenrotation in der Hüfte beim Laufen auf. Dies und Schwächen in der Rumpfmuskulatur, insbesondere ein Kräfteungleichgewicht von Flexion und Extension in der Hüfte, wirken sich wiederum negativ auf den Lendenwirbelsäulenbereich aus.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Verletzungsmuster und Verletzungsarten beim Laufen als Einzeldisziplin und beim Triathlon prinzipiell ähnlich und vergleichbar sind. Aufgrund von Cross-over-Effekten ab einem gewissen Trainingsvolumen wirken auf den Triathleten/die Triathletin jedoch vermehrte Belastungen ein, die das Auftreten von Verletzungen erhöhen. Jedoch gibt es keine Studie, in der die Unterschiede von Verletzungshäufigkeiten bei TriathletInnen und reinen LäuferInnen explizit untersucht wurden.

Fazit

Seit den letzten Jahren nehmen auch vermehrt Frauen an Triathlonbewerben teil. Diese wurden in den vergangenen Jahren bezüglich Verletzungshäufigkeit und -art ungenügend untersucht. Hier wäre es interessant, ob die doch andersartige Anatomie im Beckenbereich zu vermehrten Beschwerden führt oder ob sich insgesamt andere Fragestellungen aufwerfen. Das hohe Auftreten von Schmerzen im Genitalbereich beim Radfahren wäre an dieser Stelle erwähnenswert. Dies wird in folgenden Studien zu klären sein.

In den Studien der letzten 15 Jahren bezogen die AutorInnen die Cross-over-Effekte vermehrt mit ein und ordneten die einzeln aufgetretenen Verletzungen nicht mehr der Sportart bzw. Disziplin zu, sondern dem Triathlon als Gesamtbelastung.

Die Hauptursache für eine mangelnde Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Verletzungen der eigenen Studie mit denen der triathlon- bzw. disziplinspezifischen Studien ist die Bezugsgröße. Daher konnten allgemein und in den jeweiligen Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Laufen nicht die erwarteten Vergleiche innerhalb der Triathlonstudien durchgeführt werden. Dieses Problem zeigte sich auch in weiterer Folge beim Vergleich der Ergebnisse der triathlonspezifischen Studien mit denen der disziplinspezifischen Studien und der eigenen Studie.

Die Variabilität hinsichtlich der Werte des Auftretens von Verletzungen bei TriathletInnen ist kritisch zu hinterfragen. Dies hängt vorwiegend von der Aussagekraft der Studien ab. Um diese bzw. die Vergleichbarkeit einzelner Studien untereinander zu verbessern, wären vermehrt ein prospektives Studiendesign, eine einheitliche Studiendauer, einheitliche Definitionen der Verletzungen, einheitliche Nomenklaturen, ein ausreichender Untersuchungsumfang und genauere Differenzierungen der ProbandInnen hinsichtlich Geschlecht, Distanzen, Trainingsvolumen bzw. -stunden und Leistungsfähigkeit zu empfehlen. Zusätzlich wäre eine Zuordnung der Verletzungen nach Wettkampf und Training wünschenswert.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Anzahl an LizenznehmerInnen von 1995 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 4).....	7
Abbildung 2: Entwicklung der Anzahl an Vereinen von 1987 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 4).....	8
Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl an TeilnehmerInnen von Triathlonrennen von 1987 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 7).....	8
Abbildung 4: Entwicklung der Anzahl an Triathlonveranstaltungen von 1987 - 2012 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 7).....	8
Abbildung 5: Anzahl an internationalen Medaillen im Elite- und Nachwuchsbereich bis 2014 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 14).....	9
Abbildung 6: Anzahl an internationalen Medaillen im Nachwuchsbereich (Jugend, Junioren, U 23) bis 2014 (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 15).....	9
Abbildung 7: Anzahl der jährlichen Publikationen im zeitlichen Verlauf (modifiziert nach Millet et al., 2007, S. 317).....	18
Abbildung 8: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Nationen (Millet et al., 2007, S. 317)	19
Abbildung 9: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Distanzen (Millet et al., 2007, S. 318)	19
Abbildung 10: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Wettkampf, Training und Tests (Millet et al., 2007, S. 319).....	20
Abbildung 11: Prozentuelle Verteilung der Publikationen nach Forschungsbereichen (Millet et al., 2007, S. 319).....	21
Abbildung 12: Forschungsansätze zur Beschreibung von Mechanismen von Sportverletzungen (Krosshaug et al., 2005, S. 331).....	23
Abbildung 13: Übersicht der Gliederung des Kapitels 4.....	31
Abbildung 14: Klassifizierung des Impingement-Syndroms	76
Abbildung 15: Degenerative Veränderung der Supraspinatussehne (Schünke et al., 2007, S. 269)	78
Abbildung 16: Impingement-Syndrom (Schünke et al., 2007, S. 269)	78
Abbildung 17: Plexus brachialis (Schünke et al., 2007, S. 269)	83
Abbildung 18: Jährliche Prävalenzen von Verkehrsunfällen mit RadfahrerInnen, die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten, gesondert nach betroffenen Körperregionen (Tin Tin et al., 2010, S. 7).....	101
Abbildung 19: Jährliche Prävalenzen von schwerwiegenden Verkehrsunfällen mit RadfahrerInnen (AIS $\geq$ 3), die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten, gesondert nach betroffenen Körperregionen (Tin Tin et al., 2010, S. 7).....	101
Abbildung 20: Verteilung von traumatischen Verletzungen nach Körperregionen bei Profiradfahrern (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 243)	108
Abbildung 21: Verteilung von atraumatischen Verletzungen nach Körperregionen bei Profiradfahrern (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 244)	109
Abbildung 22: Prävalenz von Lendenschmerzen während der Saison bei professionellen Radfahrern (Clarsen et al., 2010, S. 6)	122
Abbildung 23: Leistungsfähigkeit der Rumpfmuskulatur bei Triathleten und der Vergleichsgruppe (Miltner et al., 2010, S. 659).....	126

Abbildung 24: Leistungsfähigkeit des Schulter-/Nackengürtels bei Triathleten und der Kontrollgruppe (Miltner et al., 2010, S. 660)	131
Abbildung 25: Prävalenz von anteriorem Kniebeschmerz während der Saison bei professionellen Radfahrern (Clarsen et al., 2010, S. 6)	133
Abbildung 26: Unterschiedlich verwendete Sattelmodelle (Schwarzer et al., 2002, S. 141)	138
Abbildung 27: Verteilung der betroffenen Körperbereiche in der Vorbereitungs- und Wettkampfphase bei TriathletInnen (Burns et al., 2003, S. 185)	148
Abbildung 28: Integration von verhaltens- und physiologisch bedingten Risikofaktoren mit potentiellen Verletzungsmechanismen resultieren in Überlastungsverletzungen (Messier et al., 2008, S. 1874)	153

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Normierte Distanzen (km) im Triathlon (modifiziert nach Korkia et al., 1994, S. 191).....	5
Tabelle 2: Nennenswerte Ereignisse in der österreichischen Triathlonsgeschichte (Österreichischer Triathlonverband, 2012, S. 2-19; triaguide, 2010)	6
Tabelle 3: Überblick der Altersklassen des ÖTRV 2015 (Österreichischer Triathlonverband, o.J.(b))	11
Tabelle 4: Normierte Duathlondistanzen (Neumann et al., 2010, S. 20)	14
Tabelle 5: Die Stufen des TRIPP Modells (modifiziert nach Finch, 2006, S. 4)	22
Tabelle 6: Übersicht wichtiger methodischer Aspekte von Triathlonstudien (modifiziert nach Vleck, 2010a, S. 296-299; McHardy et al., 2006, S. 131)	Fehler! Textmarke nicht definiert. 28
Tabelle 7: Überblick häufig untersuchter Risikofaktoren und deren Einfluss auf Triathlonverletzungen (modifiziert nach Gosling et al., 2008a, S. 403 und Vleck, 2010a, S. 312-316).....	34
Tabelle 8: Anteil (%) der TriathletInnen nach der vor ihrer Triathlonkarriere ausgeübten Sportart	40
Tabelle 9: Anteil (%) der Verletzungen nach Disziplinen	45
Tabelle 10: Studienüberblick über Verletzungen nach Distanzen/Bewerben	47
Tabelle 11: Analyse von TriathletInnen, die medizinische Hilfeleistungen in Anspruch nahmen, nach Alter, Geschlecht und Distanz (Gosling, 2010, S. 1010)	50
Tabelle 12: Verletzungen der jeweiligen Rennabschnitte und der Aktivitäten zum Zeitpunkt des Auftretens der Verletzungen bei einer Triathlon Rennserie (Gosling, 2010, S. 1011)	50
Tabelle 13: Potentielle Einflussfaktoren auf das Verletzungsrisiko nach Rennabschnitten (Gosling, 2010, S. 1011).....	51
Tabelle 14: Verletzungsrate pro 1000 h Training sowie pro Wettkampf nach Distanzen (Zwingenberger et al., 2014, S. 587).....	52
Tabelle 15: Rad- und Laufstürze pro 1000 Stunden nach Disziplinen (Zwingenberger et al., 2014, S. 586).....	52
Tabelle 16: Verteilung atraumatischer Verletzungen nach betroffenen Körperregionen hinsichtlich Geschlecht, Distanz und Leistungslevel (modifiziert nach Vleck, 2010b, S.74)	52
Tabelle 17: Anteil (%) von Verletzungen nach Körperregionen im Triathlon (modifiziert nach McHardy et al., 2006, S. 133)	57
Tabelle 18: Anteil (%) von Verletzungen nach betroffenen Körperstrukturen im Triathlon.....	58
Tabelle 19: Stoffwechselbedingte Überlastungsbeschwerden im Triathlon	59
Tabelle 20: Einschränkungen im Training und Alltag durch triathlonbedingte Verletzungen in (%)	61
Tabelle 21: Einschränkungen im Training und Alltag durch triathlonbedingte Verletzungen	61
Tabelle 22: Einteilung der Schulterinstabilität (modifiziert nach Echtermeyer, 2005, S. 106)	70
Tabelle 23: Übersicht der Schulterverletzungen nach AutorInnen	96

Tabelle 24: Jährliche Werte und Prävalenzen von Verkehrsunfällen, die zu einer Aufnahme in ein Krankenhaus oder zum Tod führten (Tin Tin et al., 2010, S. 4)	100
Tabelle 25: Verteilung der betroffenen Körperregionen nach der Natur der Verletzung (Tin Tin et al., 2010, S. 7)	102
Tabelle 26: Verteilung der Verletzungen nach betroffenen Körperbereichen bei Radprofis (De Bernardo et al. 2012, S. 1049).....	105
Tabelle 27: Verteilung der Verletzungen nach Training und Wettkampf bei Radprofis (De Bernardo et al. 2012, S. 1049).....	105
Tabelle 28: Prävalenz von traumatischen und atraumatischen Verletzungen bei professionellen Elite-Radfahrern (modifiziert nach De Bernardo et al. 2012, S. 1050)	105
Tabelle 29: Verteilung der Verletzungen nach klinischem Auftreten, Schweregrad und Pausierung (De Bernardo et al. 2012, S. 1050).....	106
Tabelle 30: Verteilung der Verletzungen nach traumatisch und atraumatisch (Barrios et al. 2015, S. 243)	107
Tabelle 31: Klinische Diagnosen von traumatischen und atraumatischen Verletzungen bei Radprofis (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 244, 245)	110
Tabelle 32: Verteilung der Verletzungen nach Schweregrad und Pausierung (modifiziert nach Barrios et al., 2015, S. 245).....	111
Tabelle 33: Prävalenzen von traumatischen und atraumatischen Verletzungen bei professionellen Elite-Radfahrern (modifiziert nach Barrios et al. 2015, S. 245)	112
Tabelle 34: Häufigkeiten (%) von Achillodynie bei TriathletInnen.....	116
Tabelle 35: Merkmale von Lendenschmerzen bei professionellen Radfahrern (modifiziert nach Clarsen et al., 2010, S. 6).....	121
Tabelle 36: Merkmale in Beziehung mit der unterschiedlichen Dauer von Schmerzen im Lendenbereich bei TriathletInnen (modifiziert nach Villavicencio et al., 2006, S. 4)	124
Tabelle 37: Merkmale in Beziehung mit der unterschiedlichen Dauer von Schmerzen im Nackenbereich bei TriathletInnen (modifiziert Villavicencio et al., 2007, S. 410).....	129
Tabelle 38: Merkmale in Bezug auf anterioren Knieschmerz bei professionellen Radfahrern (modifiziert nach Clarsen et al., 2010, S. 6).....	132
Tabelle 39: Anfangs- und Endwerte des initialen Penissauerstoffdrucks der jeweils vier getesteten Satteltypen und deren jeweilige Veränderung in Prozent (Schwarzer et al., 2002, S. 142)	139
Tabelle 40: Anzahl der ermittelten Laufverletzungen nach betroffenen Körperregionen (Taunton et al., 2002, S. 96)	142
Tabelle 41: Häufige Laufverletzungen angegeben in absolute und relative Werte der Anzahl an ProbandInnen (Taunton et al., 2002, S. 98).....	142
Tabelle 42: Biomechanische Variablen von häufigen Laufverletzungen angegeben in absolute und relative Werte der Anzahl an ProbandInnen (Taunton et al., 2002, S. 98).....	143
Tabelle 43: Absolute und relative Verteilung von verletzten und unverletzten TriathletInnen nach durchschnittlich absolvierter Laufdistanz pro Woche (Collins et al., 1989, S. 677)	146
Tabelle 44: Absolute und relative Verteilung von Laufverletzungen nach betroffenen Körperregionen (Collins et al., 1989, S. 677).....	146

Tabelle 45: Ergebnisse der Studien über Methoden zur Prävention von Shin Splints (Thacker et al., 2002, S. 35)	165
Tabelle 46: Soziodemographische Daten und ausgewählte Trainings- und Wettkampfdaten	173
Tabelle 47: Herkunft der Studienteilnehmer/innen	174
Tabelle 48: Abhängige Variablen der binär logistischen Regressionsmodelle	177
Tabelle 49: Überblick unabhängiger Variablen in den logistischen Regressionsmodellen.....	178
Tabelle 50: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schulterschmerzen im Schwimmen bei Männern und Frauen	179
Tabelle 51: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für LWS-Schmerzen beim Radfahren bei Männern und Frauen.....	180
Tabelle 52: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für HWS-Schmerzen beim Radfahren bei Männern und Frauen.....	181
Tabelle 53: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im Genitalbereich beim Radfahren bei Männern und Frauen	182
Tabelle 54: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im Kniebereich beim Radfahren bei den Männern.....	183
Tabelle 55: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Achillessehnschmerzen beim Laufen bei Männern und Frauen	184
Tabelle 56: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im anterioren Kniebereich beim Laufen bei Männern und Frauen	185
Tabelle 57: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im lateralen Kniebereich beim Laufen bei den Männern und Frauen	186
Tabelle 58: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im anterioren Schienbeinbereich beim Laufen bei Männern und Frauen	187
Tabelle 59: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im Fußsohlenbereich beim Laufen bei Männern und Frauen.....	188
Tabelle 60: Kategorisierung der unabhängigen Variablen für Schmerzen im LWS-Bereich beim Laufen bei Männern und Frauen.....	189
Tabelle 61: Häufige Verletzungen beim Schwimmen.....	190
Tabelle 62: Häufige Krankheiten beim Schwimmen	190
Tabelle 63: Anteil betroffener Strukturen bei Schulterbeschwerden	191
Tabelle 64: Zusammenhang zwischen Schwimmtraining und Schulterschmerzen.....	191
Tabelle 65: Rad – Beschwerden insgesamt	192
Tabelle 66: Rad – Knochenbruch	193
Tabelle 67: Rad – Prellung/Verstauchung/Bandverletzung	193
Tabelle 68: Rad – Muskuläre Verletzung.....	193
Tabelle 69: Häufig betroffene Körperregionen mit atraumatischen Beschwerden beim Radfahren	194
Tabelle 70: Zusammenhang zwischen Haltungsschäden und Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule beim Radfahren	194
Tabelle 71: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule beim Radfahren.....	195
Tabelle 72: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Kniebereich beim Radfahren.....	196
Tabelle 73: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Genitalbereich beim Radfahren.....	196
Tabelle 74: Häufige atraumatische Beschwerdebilder beim Laufen.....	197

Tabelle 75: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Bereich der Achillessehnen beim Laufen	198
Tabelle 76: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im anterioren Kniebereich beim Laufen.....	200
Tabelle 77: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im lateralen Kniebereich beim Laufen	201
Tabelle 78: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im anterioren Schienbeinbereich beim Laufen.....	202
Tabelle 79: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Fußsohlenbereich beim Laufen	204
Tabelle 80: Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen und Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule beim Laufen.....	205
Tabelle 81: Analyse von 758 Sportverletzungen der Schulterregion (Steinbrück & Lehmann, 1996, S. 358)..	212
Tabelle 82: Prävalenz (%) traumatischer Verletzungen bei Langdistanztriathleten beim Radfahren und Radprofis im Vergleich	219
Tabelle 83: Traumatische Verletzungen (%) bei Langdistanztriathleten beim Radfahren und Radprofis im Vergleich	220
Tabelle 84: Eigene Studie: Häufige Verletzungen beim Schwimmen	226
Tabelle 85: Eigene Studie: Anteil der betroffenen Strukturen bei Schulterbeschwerden.....	226
Tabelle 86: Eigene Studie: Häufige atraumatische Beschwerdebilder beim Radfahren ...	230
Tabelle 87: Eigene Studie: Häufige atraumatische Beschwerdebilder beim Laufen	232
Tabelle 88: Häufige Laufverletzungen angegeben in absolute und relative Werte der Anzahl an ProbandInnen (Taunton et al., 2002, S. 96).....	232

Literaturverzeichnis

- Aboseif, S. R., Breza, J., Orvis, B. R., Lue, T. F., & Tanagho, E. A. (1989). Erectile response to acute and chronic occlusion of the internal pudendal and penile arteries. *The Journal of Urology*, 141(2), 398-402.
- Abraham, P., Bouye, P., Quere, I., Chevalier, J. M., & Saumet, J. L. (2004). Past, present and future of arterial endofibrosis in athletes: A point of view. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(7), 419-425.
- Aldridge, T. (2004). Diagnosing heel pain in adults. *American Family Physician*, 70(2), 332-338.
- Allen, D. J. (2014). Treatment of distal iliotibial band syndrome in a long distance runner with gait re-training emphasizing step rate manipulation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(2), 222-231.
- Al-Rawi, Z., & Nessim, A. H. (1997). Joint hypermobility in patients with chondromalacia patellae. *British Journal of Rheumatology*, 36(12), 1324-1327.
- Amis, A. A. (2007). Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 15(2), 48-56.
- Andersen, K. V., & Bovim, G. (1997). Impotence and nerve entrapment in long distance amateur cyclists. *Acta Neurologica Scandinavica*, 95(4), 233-240.
- Andersen, C. A., Clarsen, B., Johansen, T. V., & Engebretsen, L. (2013). High prevalence of overuse injury among iron-distance triathletes. *British Journal of Sports Medicine*, 47(13), 857-861.

- Andersson, K. E., & Wagner, G. (1995). Physiology of penile erection. *Physiological Reviews*, 75(1), 191-236.
- Andrish, J. T., Bergfeld, J. A., & Walheim, J. (1974). A prospective study on the management of shin splints. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 56(8), 1697-1700.
- Arndt, A. N., Komi, P. V., Bruggemann, G. P., & Lukkariniemi, J. (1998). Individual muscle contributions to the in vivo achilles tendon force. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 13(7), 532-541.
- Aroen, A., Helgo, D., Granlund, O. G., & Bahr, R. (2004). Contralateral tendon rupture risk is increased in individuals with a previous achilles tendon rupture. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(1), 30-33.
- Asplund, C., Webb, C., & Barkdull, T. (2005). Neck and back pain in bicycling. *Current Sports Medicine Reports*, 4(5), 271-274.
- Asplund, C. A., & Brown, D. L. (2005). The running shoe prescription: Fit for performance. *The Physician and Sportsmedicine*, 33(1), 17-24.
- Austrian Triathlon Verein. (2015). *Geschichte & Rekorde*. Retrieved 04/05, 2015, from <http://www.austria-triathlon.at/de/info/geschichte-rekorde>
- Austrian Triathlon Verein. (2015b). *Veranstaltung - wichtige Infos*. Retrieved 05/15, 2015, from <http://www.austria-triathlon.at/die-veranstaltung/wichtige-info>

- Aydin, I., Yildiz, Y., Özgürbüz, C., Yumur, H., Genç, Ü, & Kalyon, T. A. (2000). Die propriozeptiven Fähigkeiten der normalen und der instabilen Schulter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51(10), 336-340.
- Bailey, M. P., Maillardet, F. J., & Messenger, N. (2003). Kinematics of cycling in relation to anterior knee pain and patellar tendinitis. *Journal of Sports Sciences*, 21(8), 649-657.
- Bak, K., & Fauno, P. (1997). Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(2), 254-260.
- Bak, K., & Magnusson, S. P. (1997). Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(4), 454-459.
- Barclay, S., Todd, C., Finlay, I., Grande, G., & Wyatt, P. (2002). Not another questionnaire! maximizing the response rate, predicting non-response and assessing non-response bias in postal questionnaire studies of GPs. *Family Practice*, 19(1), 105-111.
- Barrios, C., Sala, D., Terrados, N., & Valenti, J. R. (1997). Traumatic and overuse injuries in elite professional cyclists. *Sports Exercise and Injury*, (3), 176-179.
- Barrios, C., Bernardo, N. D., Vera, P., Laiz, C., & Hadala, M. (2015). Changes in sports injuries incidence over time in world-class road cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 36(3), 241-248.
- Bartolozzi, C., Caramella, D., Zampa, V., Dal Pozzo, G., Tinacci, E., & Balducci, F. (1991). The incidence of disk changes in volleyball players. the magnetic resonance findings. *La Radiologia Medica*, 82(6), 757-760.

- Bates, P. (1985). Shin splints - a literature review. *British Journal of Sports Medicine*, 19(3), 132-137.
- Batt, M. E. (1995). Shin splints - a review of terminology. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 5(1), 53-57.
- Beck, B. R. (1998). Tibial stress injuries. An aetiological review for the purposes of guiding management. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 26(4), 265-279.
- Bedi, H. S., & Love, B. R. (1998). Differences in impulse distribution in patients with plantar fasciitis. *Foot Ankle Int.*, (19), 153-156.
- Belli, A., Kyrolainen, H., & Komi, P. V. (2002). Moment and power of lower limb joints in running. *International Journal of Sports Medicine*, 23(2), 136-141.
- Benas, D., & Jokl, P. (1978). Shin splints. *American Corrective Therapy Journal*, 32(2), 53-57.
- Bender, M. H., Schep, G., de Vries, W. R., Hoogeveen, A. R., & Wijn, P. F. (2004). Sports-related flow limitations in the iliac arteries in endurance athletes: Aetiology, diagnosis, treatment and future developments. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(7), 427-442.
- Bennell, K. L., Malcolm, S. A., Thomas, S. A., Reid, S. J., Brukner, P. D., Ebeling, P. R., et al. (1996). Risk factors for stress fractures in track and field athletes. A twelve-month prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 810-818.
- Bennett, J. E., Reinking, M. F., Pluemer, B., Pentel, A., Seaton, M., & Killian, C. (2001). Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in highschool runners. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31(9), 504-510.

- Bennett, J. G., & Stauber, W. T. (1986). Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(5), 526-530.
- Bensel, C. K., & Kaplan, D. B. (1986). *Wear test of boot inserts: Memorandum for the record*. Natick, Massachusetts: United States Army Natick Research and Development Laboratories.
- Bensel, C. K., & Kish, R. N. (1983). *Lower extremity disorders among men and women in army basic training and effects of two types of boots*. Natick, Massachusetts: United States Army Natick Research and Development Laboratories.
- Bloch, W., Klotz, T., Sedlacek, P., Zumbe, J., Engelmann, U., & Addicks, K. (1998). Evidence for the involvement of endothelial nitric oxide synthase from smooth muscle cells in the erectile function of the human corpus cavernosum. *Urological Research*, 26(2), 129-135.
- Bobbert, M. F. (2001). Dependence of human squat jump performance on the series elastic compliance of the triceps surae: A simulation study. *The Journal of Experimental Biology*, 204(Pt 3), 533-542.
- Bogduk, N. (1992). The anatomical basis for cervicogenic headache. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 15(1), 67-70.
- Bono, C. M. (2004). Low-back pain in athletes. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 86-A(2), 382-396.
- Bostrom, L., & Nilsson, B. (2001). A review of serious injuries and deaths from bicycle accidents in sweden from 1987 to 1994. *The Journal of Trauma*, 50(5), 900-907.

- Brill, P. A., & Macera, C. A. (1995). The influence of running patterns on running injuries. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 20(6), 365-368.
- Brown, D. A., Kautz, S. A., & Dairaghi, C. A. (1996). Muscle activity patterns altered during pedaling at different body orientations. *Journal of Biomechanics*, 29(10), 1349-1356.
- Brukner, P. (2000). Exercise-related lower leg pain: Bone. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(3 Suppl), S15-26.
- Brunet, M. E., Cook, S. D., Brinker, M. R., & Dickinson, J. A. (1990). A survey of running injuries in 1505 competitive and recreational runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(3), 307-315.
- Burchfield, D. M., Cofield, S. S., & Cofield, R. H. (1994). Shoulder pain in competitive age group swimmers. In M. Miyashita, Y. Mutoh & A. B. Richardson (Eds.), *Medicine and science in aquatic sports medicine and sports science* (pp. 216-225). Basel: Karger.
- Burdorf, A., & Sorock, G. (1997). Positive and negative evidence of risk factors for back disorders. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 23(4), 243-256.
- Burke, E. R. (1994). Proper fit of the bicycle. *Clinics in Sports Medicine*, 13(1), 1-14.
- Burns, J., Keenan, A. M., & Redmond, A. (2005). Foot type and overuse injury in triathletes. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 95(3), 235-241.

- Burns, J., Keenan, A. M., & Redmond, A. C. (2003). Factors associated with triathlon-related overuse injuries. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33(4), 177-184.
- Busseuil, C., Freychat, P., Guedj, E. B., & Lacour, J. R. (1998). Rearfoot-forefoot orientation and traumatic risk for runners. *Foot & Ankle International*, 19(1), 32-37.
- Cai, C., & Kong, P. W. (2015). Low back and lower-limb muscle performance in male and female recreational runners with chronic low back pain. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 45(6), 436-443.
- Callaghan, M. J., & Jarvis, C. (1996). Evaluation of elite british cyclists: The role of the squad medical. *British Journal of Sports Medicine*, 30(4), 349-353.
- Callaghan, M. J., & Oldham, J. A. (2004). Quadriceps atrophy: To what extent does it exist in patellofemoral pain syndrome? *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 295-299.
- Camathias, C., & Valderabbano, V. (2009). Fußball. In V. Valderabbano, M. Engelhardt & H. -. Küster (Eds.), *Fuß & Sprunggelenk und Sport: Empfehlungen von Sportarten aus orthopädischer und sportmedizinischer Sicht* (pp. 254-259) Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Carr, A. J., & Norris, S. H. (1989). The blood supply of the calcaneal tendon. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 71(1), 100-101.
- Casparian, J. M., Luchi, M., Moffat, R. E., & Hinthorn, D. (2000). Quinolones and tendon ruptures. *Southern Medical Journal*, 93(5), 488-491.

- Cavanagh, P. R., & Kram, R. (1985). The efficiency of human movement - a statement of the problem. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(3), 304-308.
- Cavill, N., & Davis, A. (2007). *Cycling and health: What's the evidence?* Retrieved 08/14, 2015, from http://www.cycle-helmets.com/cycling_and_health.pdf
- Caylor, D., Fites, R., & Worrell, T. W. (1993). The relationship between quadriceps angle and anterior knee pain syndrome. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(1), 11-16.
- Challenge Family GmbH. (o.J.). Retrieved 04/12, 2015, from <http://www.challenge-family.com/about-challenge-family>
- Chandler, T. J., & Kibler, W. B. (1993). A biomechanical approach to the prevention, treatment and rehabilitation of plantar fasciitis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 15(5), 344-352.
- Chia, K. K., Suresh, S., Kuah, A., Ong, J. L., Phua, J. M., & Seah, A. L. (2009). Comparative trial of the foot pressure patterns between corrective orthotics, formthotics, bone spur pads and flat insoles in patients with chronic plantar fasciitis. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 38(10), 869-875.
- Chinn, L., & Hertel, J. (2010). Rehabilitation of ankle and foot injuries in athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 29(1), 157-67, table of contents.

- Choate, S. (Senior Tutor; Exercise Science-Physiology, Institute of Food, Nutrition and Human Health at Massey University, Campus Wellington NZ; Strength and Conditioning Trainer of the Capital Swim Club Wellington), Befragung zum Thema Schulterschmerzen im Schwimmsport, Wellington (Freyberg Pools & Fitness Centre), 19.11.2008.
- Choi, G., Kopplin, L. J., Tester, D. J., Will, M. L., Haglund, C. M., & Ackerman, M. J. (2004). Spectrum and frequency of cardiac channel defects in swimming-triggered arrhythmia syndromes. *Circulation*, 110(15), 2119-2124.
- Cipriani, D. J., Swartz, J. D., & Hodgson, C. M. (1998). Triathlon and the multisport athlete. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(1), 42-50.
- Clarsen, B., Krosshaug, T., & Bahr, R. (2010). Overuse injuries in professional road cyclists. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(12), 2494-2501.
- Clasing, D. (1982). Schwimmen. In W. Pörringer (Ed.), *Sporttraumatologie - sportarttypische Schäden und Verletzungen. Beiträge zur Sportmedizin*. (pp. 129-132). Erlangen: Perimed-Fachbuch.
- Clement, D. B., Taunton, J. E., Smart, G. W., & McNicol, K. L. (1981). A survey of overuse running injuries. *Phys Sports Med.*, 9, 47-48.
- Clement, D. B., Taunton, J. E., & Smart, G. W. (1984). Achilles tendinitis and peritendinitis: Etiology and treatment. *The American Journal of Sports Medicine*, 12(3), 179-184.
- Clements, K., Yates, B., & Curran, M. (1999). The prevalence of chronic knee injury in triathletes. *British Journal of Sports Medicine*, 33(3), 214-216.

- Clingman, J. M., & Hilliard, D. V. (1987). Some personality characteristics of the super adherer: Following those who go beyond fitness. *Journal of Sport Behavior*, (10), 123-136.
- Cohen, G. C. (1993). Cycling injuries. *Canadian Family Physician Medecin De Famille Canadien*, 39, 628-632.
- Colaco, G. (sports physiotherapist, sports physiotherapist of the New South Wales Institute of Sports – Swimming), Befragung zum Thema Schulterschmerzen im Schwimmsport, Caringbah, NSW, Sydney, 17.02.2009.
- Cole, C., Seto, C., & Gazewood, J. (2005). Plantar fasciitis: Evidence-based review of diagnosis and therapy. *American Family Physician*, 72(11), 2237-2242.
- Collins, K., Wagner, M., Peterson, K., & Storey, M. (1989). Overuse injuries in triathletes. A study of the 1986 seafair triathlon. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(5), 675-680.
- Constantini, N. W., Dubnov-Raz, G., & Mountjoy, M. (2010). Causes of sudden death during the triathlon. *Jama*, 304(3), 269; author reply 269-70.
- Conza, B. (Strength and Conditioning Specialist, Lead Physical Conditioner for Swimming NZ & NZ Football Ferns, and Sport Science Coordinator for Swimming NZ), NZ Academy of Sport North Island, Befragung zum Thema Schulterschmerzen im Schwimmsport, North Shore City (Millennium Institute of Sport & Health), Auckland, 19.01.2009.

- Cook, A., & Sheikh, A. (2003). Trends in serious head injuries among english cyclists and pedestrians. *Injury Prevention : Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 9(3), 266-267.
- Cook, S., & Bruce, G. (2002). Fasciotomy for chronic compartment syndrome in the lower limb. *ANZ Journal of Surgery*, 72(10), 720-723.
- Corney, R. H. (1990). Sex differences in general practice attendance and help seeking for minor illness. *Journal of Psychosomatic Research*, 34(5), 525-534.
- Cosca, D. D., & Navazio, F. (2007). Common problems in endurance athletes. *American Family Physician*, 76(2), 237-244.
- Costa, M. L., Marshall, T., Donell, S. T., & Phillips, H. (2004). Knee synovial cyst presenting as iliotibial band friction syndrome. *The Knee*, 11(3), 247-248.
- Couture, C. J., & Karlson, K. A. (2002). Tibial stress injuries: Decisive diagnosis and treatment of 'shin splints'. *The Physician and Sportsmedicine*, 30(6), 29-36.
- Cowan, D. N., Jones, B. H., Frykman, P. N., Polly, D. W., Jr, Harman, E. A., Rosenstein, R. M., et al. (1996). Lower limb morphology and risk of overuse injury among male infantry trainees. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(8), 945-952.
- Cowan, S. M., Bennell, K. L., Hodges, P. W., Crossley, K. M., & McConnell, J. (2001). Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(2), 183-189.

- Cowan, S. M., Hodges, P. W., Bennell, K. L., & Crossley, K. M. (2002). Altered vastii recruitment when people with patellofemoral pain syndrome complete a postural task. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(7), 989-995.
- Coyle, J. (2000). Thermoregulation. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8, 65-75.
- Craig, D. I. (2008). Medial tibial stress syndrome: Evidence-based prevention. *Journal of Athletic Training*, 43(3), 316-318.
- Croft, P. R., Lewis, M., Papageorgiou, A. C., Thomas, E., Jayson, M. I., Macfarlane, G. J., et al. (2001). Risk factors for neck pain: A longitudinal study in the general population. *Pain*, 93(3), 317-325.
- Crossley, K. M., Cowan, S. M., Bennell, K. L., & McConnell, J. (2004). Knee flexion during stair ambulation is altered in individuals with patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic Research : Official Publication of the Orthopaedic Research Society*, 22(2), 267-274.
- Dalichau, S., Margozata, S., & Scheele, K. (2000). Muskelkraftprofile männlicher Leistungsschwimmer und ihre Bedeutung für das Auftreten von Überlastungsreaktionen des Haltungs- und Bewegungsapparates. *Leistungssport*, (4:), 37-41.
- Dallam, G. M., Jonas, S., & Miller, T. K. (2005). Medical considerations in triathlon competition: Recommendations for triathlon organisers, competitors and coaches. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(2), 143-161.

- Daniels, J. T., Yarbrough, R. A., & Foster, C. (1978). Changes in VO₂ max and running performance with training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 39(4), 249-254.
- Dann, K., & Wahler, G. (2005). Häufige Verletzungen und Fehlbelastungen im Sport. In M. Engelhardt, M. Krüger-Franke, H. G. Pieper & C. H. Siebert (Eds.), *Sportverletzungen – Sportschäden. Praxiswissen Halte- und Bewegungsorgane* (pp. 50-58). Stuttgart: Thieme.
- Dannenberg, A. L., Needle, S., Mullady, D., & Kolodner, K. B. (1996). Predictors of injury among 1638 riders in a recreational long-distance bicycle tour: Cycle across maryland. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 747-753.
- Davidson, J. A. (2005). Epidemiology and outcome of bicycle injuries presenting to an emergency department in the united kingdom. *European Journal of Emergency Medicine : Official Journal of the European Society for Emergency Medicine*, 12(1), 24-29.
- Dawson, B., & Trapp, R. G. (Eds.). (2001). *Basic and clinical biostatistics* (3rd ed. ed.). New York: McGraw Hill Companies Edition.
- De Bernardo, N., Barrios, C., Vera, P., Laiz, C., & Hadala, M. (2012). Incidence and risk for traumatic and overuse injuries in top-level road cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 30(10), 1047-1053.
- Deakon, R. T. (2012). Chronic musculoskeletal conditions associated with the cycling segment of the triathlon; prevention and treatment with an emphasis on proper bicycle fitting. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(4), 200-205.

- Dejour, H., Walch, G., Nove-Josserand, L., & Guier, C. (1994). Factors of patellar instability: An anatomic radiographic study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy : Official Journal of the ESSKA*, 2(1), 19-26.
- Delacerda, F. G. (1980). A study of anatomical factors involved in shinsplints. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2(2), 55-59.
- Desai, K. M., & Gingell, J. C. (1989). Hazards of long distance cycling. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 298(6680), 1072-1073.
- Devan, M. R., Pescatello, L. S., Faghri, P., & Anderson, J. (2004). A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 263-267.
- Devereaux, M. D., & Lachmann, S. M. (1983). Athletes attending a sports injury clinic - a review. *British Journal of Sports Medicine*, 17(4), 137-142.
- DiGiovanni, B. F., & Gould, J. S. (1997). Achilles tendinitis and posterior heel disorders. *Foot Ankle Clin*, (2), 411-428.
- Dominguez, R. H. (1978). Shoulder pain in age group swimmers. In B. Eridson, & B. Furberg (Eds.), *Swimming medicine IV* (pp. 105-109). Baltimore: University Park Press.
- Duffey, M. J., Martin, D. F., Cannon, D. W., Craven, T., & Messier, S. P. (2000). Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(11), 1825-1832.

- Dyck, D. D., Jr, & Boyajian-O'Neill, L. A. (2004). Plantar fasciitis. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 14(5), 305-309.
- Echtermeyer, V., & Bartsch, S. (2005). *Praxisbuch Schulter. Verletzungen und Erkrankungen systematisch diagnostizieren, therapieren, begutachten.* (2. überarb. und erw. Aufl. ed.). Stuttgart, New York: Thieme.
- Egermann, M., Brocai, D., Lill, C. A., & Schmitt, H. (2003). Analysis of injuries in long-distance triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 24(4), 271-276.
- Engelhardt, M. (2009). Triathlon. In M. Engelhardt (Ed.), *Sportverletzungen. Diagnose, Management und Begleitmaßnahmen* (2., überarb. Aufl. ed., pp. 419-423). München, Jena: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag.
- Ericson, M. O., Nisell, R., Arborelius, U. P., & Ekholm, J. (1985). Muscular activity during ergometer cycling. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 17(2), 53-61.
- Ettema, G. J., Huijing, P. A., van Ingen Schenau, G. J., & de Haan, A. (1990). Effects of prestretch at the onset of stimulation on mechanical work output of rat medial gastrocnemius muscle-tendon complex. *The Journal of Experimental Biology*, 152, 333-351.
- Ettema, G. J., van Soest, A. J., & Huijing, P. A. (1990b). The role of series elastic structures in prestretch-induced work enhancement during isotonic and isokinetic contractions. *The Journal of Experimental Biology*, 154, 121-136.
- Farrell, K. C., Reisinger, K. D., & Tillman, M. D. (2003). Force and repetition in cycling: Possible implications for iliotibial band friction syndrome. *The Knee*, 10(1), 103-109.

- Fawkner, H. J., McMurray, N. E., & Summers, J. J. (1999). Athletic injury and minor life events: A prospective study. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 2(2), 117-124.
- Ferber, R. I., McClay-Davis, I., Hamill, J., Pollard, C. D., & McKeown, K. A. (2002). Kinetic variables in subjects with previous lower extremity stress fractures. *Med Sci Sports Exerc.*, 34, 5-5.
- Ferber, R., Davis, I. M., & Williams, D. S., 3rd. (2003). Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 18(4), 350-357.
- Finch, C. (2006). A new framework for research leading to sports injury prevention. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 9(1-2), 3-9; discussion 10.
- Finisher Magazin. (2012). *Zahlen und Fakten der Triathlonfamilie*. Retrieved 02/06, 2013, from <http://www.finisher-magazin.at/de/finisher/mediadaten>
- Flynn, T. W., & Soutas-Little, R. W. (1995). Patellofemoral joint compressive forces in forward and backward running. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 21(5), 277-282.
- Fredberg, U., & Bolvig, L. (2002). Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and achilles tendons of elite soccer players: A longitudinal study. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(4), 488-491.

- Fredericson, M., Bergman, A. G., Hoffman, K. L., & Dillingham, M. S. (1995). Tibial stress reaction in runners. correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(4), 472-481.
- Fredericson, M., Cookingham, C. L., Chaudhari, A. M., Dowdell, B. C., Oestreicher, N., & Sahrmann, S. A. (2000). Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 10(3), 169-175.
- Fredericson, M., & Yoon, K. (2006). Physical examination and patellofemoral pain syndrome. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, 85(3), 234-243.
- Gabbe, B. J., Finch, C. F., Bennell, K. L., & Wajswelner, H. (2003). How valid is a self reported 12 month sports injury history? *British Journal of Sports Medicine*, 37(6), 545-547.
- Galbraith, R. M., & Lavalley, M. E. (2009). Medial tibial stress syndrome: Conservative treatment options. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 2(3), 127-133.
- Galera, O., Gleizes-Cervera, S., Pillard, F., & Riviere, D. (2012). Prevalence of injuries in triathletes from a french league. *Apunts. Medicina De L'Esport*, 47(173), 9-15.
- Gambril, D., & Bay, A. (1988). *Handbuch für den Schwimmsport*. Aachen: Meyer&Meyer.
- Ganzit, G. P., Chisotti, L., Albertini, G., Martore, M., & Gribaudo, C. G. (1998). Isokinetic testing of flexor and extensor muscles in athletes suffering from low back pain. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38(4), 330-336.

- Gardiner, K. M. (1975). Letter: More on bicycle neuropathies. *The New England Journal of Medicine*, 292(23), 1245.
- Gaskell, P. (1971). The importance of penile blood pressure in cases of impotence. *Canadian Medical Association Journal*, 105(10), 1047-1051.
- Gehlsen, G. M., & Seger, A. (1980). Selected measures of angular displacement, strength, and flexibility in subjects with and without shin splints. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(3), 478-485.
- Gellrich, B. (1996). Schwimmen. In R. Haaker (Ed.), *Sportverletzungen - Was tun? Prophylaxe und sportphysiotherapeutische Behandlung* (2. Aufl. ed., pp. 197-205). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- George, S. Z., & Delitto, A. (2002). Management of the athlete with low back pain. *Clinics in Sports Medicine*, 21(1), 105-120.
- Gerbino, P. G., 2nd, Griffin, E. D., d'Hemecourt, P. A., Kim, T., Kocher, M. S., Zurakowski, D., et al. (2006). Patellofemoral pain syndrome: Evaluation of location and intensity of pain. *The Clinical Journal of Pain*, 22(2), 154-159.
- Gerow, G., Matthews, B., Jahn, W., & Gerow, R. (1993). Compartment syndrome and shin splints of the lower leg. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 16(4), 245-252.
- Gilbert, K., & McCarthy, M. (1994). Deaths of cyclists in london 1985-92: The hazards of road traffic. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 308(6943), 1534-1537.

- Glick, J. M., & Katch, V. L. (1970). Musculoskeletal injuries in jogging. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 51(3), 123-126.
- Glitsch, U., & Baumann, W. (1997). The three-dimensional determination of internal loads in the lower extremity. *Journal of Biomechanics*, 30(11-12), 1123-1131.
- Glousman, R., Jobe, F., Tibone, J., Moynes, D., Antonelli, D., & Perry, J. (1988). Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 70(2), 220-226.
- Gnehm, P., Reichenbach, S., Altpeter, E., Widmer, H., & Hoppeler, H. (1997). Influence of different racing positions on metabolic cost in elite cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(6), 818-823.
- Goldberg, A. S., Moroz, L., Smith, A., & Ganley, T. (2007). Injury surveillance in young athletes: A clinician's guide to sports injury literature. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(3), 265-278.
- Goldmann, S. (2012). *Wie hoch ist die Zahl der Triathleten in Deutschland?* Retrieved 02/06, 2013, from [http://www.triathlon-tipps.de/wie hoch ist die zahl der triathleten in deutschland si 417.html](http://www.triathlon-tipps.de/wie_hoch_ist_die_zahl_der_triathleten_in_deutschland_si_417.html)
- Goodson, J. D. (1981). Pudendal neuritis from biking. *The New England Journal of Medicine*, 304(6), 365.
- Gosling, C. M., Donaldson, A., Forbes, A. B., & Gabbe, B. J. (2013). The perception of injury risk and safety in triathlon competition: An exploratory focus group study. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 23(1), 70-73.

- Gosling, C. M., Forbes, A. B., McGivern, J., & Gabbe, B. J. (2010). A profile of injuries in athletes seeking treatment during a triathlon race series. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(5), 1007-1014.
- Gosling, C. M., Gabbe, B. J., & Forbes, A. B. (2008a). Triathlon related musculoskeletal injuries: The status of injury prevention knowledge. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 11(4), 396-406.
- Gosling, C. M., Gabbe, B. J., McGivern, J., & Forbes, A. B. (2008b). The incidence of heat casualties in sprint triathlon: The tale of two melbourne race events. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 11(1), 52-57.
- Grau, S., Krauss, I., Maiwald, C., Best, R., & Horstmann, T. (2008). Hip abductor weakness is not the cause for iliotibial band syndrome. *International Journal of Sports Medicine*, 29(7), 579-583.
- Greenberg, R. S., Daniels, S. R., Flanders, W. D., Eley, J. W., & Boring, J. R. (Eds.). (2001). *Medical epidemiology* (3rd ed. ed.). New York: McGraw Hill Companies Edition.
- Gregor, R. J., & Wheeler, J. B. (1994). Biomechanical factors associated with shoe/pedal interfaces. implications for injury. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 17(2), 117-131.
- Gregory, P. L. (2002). "Overuse" - an overused term? *British Journal of Sports Medicine*, 36(2), 82-83.
- Greve, J. M., Grecco, M. V., & Santos-Silva, P. R. (2009). Comparison of radial shockwaves and conventional physiotherapy for treating plantar fasciitis. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 64(2), 97-103.

- Grimston, S. K., Nigg, B. M., Fisher, V., & Ajemian, S. V. (1993). External loads throughout a 45 minute run in stress fracture and non-stress fracture runners. *Proceedings of the 14th ISB Congress Societe De Biomecanique*, 25. (8) pp. 512-513.
- Gudas, C. J. (1980). Patterns of lower-extremity injury in 224 runners. *Comprehensive Therapy*, 6(9), 50-59.
- Guezennec, C. Y., Vallier, J. M., Bigard, A. X., & Durey, A. (1996). Increase in energy cost of running at the end of a triathlon. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(5), 440-445.
- Haaker, R., Lukowski, M., Kielich, T., & Haaker, C. (1997). Schwimmerschulter: Muskeldysbalance oder Instabilitätsimpingement. *Krankengymnastik*, 49(8), 1317-1326.
- Haim, A., Yaniv, M., Dekel, S., & Amir, H. (2006). Patellofemoral pain syndrome: Validity of clinical and radiological features. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 451, 223-228.
- Hall, G. (1980). Hand paddles may cause shoulder pain. *Swimming World*, 21(10), 9-11.
- Hamill, J., Miller, R., Noehren, B., & Davis, I. (2008). A prospective study of iliotibial band strain in runners. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 23(8), 1018-1025.
- Hamill, J., Moses, M., & Seay, J. (2009). Lower extremity joint stiffness in runners with low back pain. *Research in Sports Medicine (Print)*, 17(4), 260-273.

- Handa, N., Yamamoto, H., Tani, T., Kawakami, T., & Takemasa, R. (2000). The effect of trunk muscle exercises in patients over 40 years of age with chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic Science : Official Journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 5(3), 210-216.
- Hariri, S., Savidge, E. T., Reinold, M. M., Zachazewski, J., & Gill, T. J. (2009). Treatment of recalcitrant iliotibial band friction syndrome with open iliotibial band bursectomy: Indications, technique, and clinical outcomes. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(7), 1417-1424.
- Harris, K. M., Henry, J. T., Rohman, E., Haas, T. S., & Maron, B. J. (2010). Sudden death during the triathlon. *Jama*, 303(13), 1255-1257.
- Hart, L. (2005). Effect of stretching on sport injury risk: A review. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 15(2), 113.
- Harts, C. C., Helmhout, P. H., de Bie, R. A., & Staal, J. B. (2008). A high-intensity lumbar extensor strengthening program is little better than a low-intensity program or a waiting list control group for chronic low back pain: A randomised clinical trial. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 54(1), 23-31.
- Harvey, J., & Tanner, S. (1991). Low back pain in young athletes. A practical approach. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 12(6), 394-406.
- Hauser-Bischof, C. (2003). *Schulterrehabilitation in der Orthopädie und Traumatologie*. Stuttgart, New York: Thieme.

- Hauswirth, C., Bigard, A. X., & Guezennec, C. Y. (1997). Relationships between running mechanics and energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. *International Journal of Sports Medicine*, 18(5), 330-339.
- Hauswirth, C., & Brisswalter, J. (2008). Strategies for improving performance in long duration events: Olympic distance triathlon. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(11), 881-891.
- Hawkins, R. J., & Kennedy, J. C. (1974). Swimmer's shoulder. *The Physician and Sportsmedicine*, (2), 34-38.
- Hawkins, R. J., & Kennedy, J. C. (1980). Impingement syndrome in athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 8(3), 151-158.
- Hawley, D. A., Clark, M. A., & Pless, J. E. (1995). Fatalities involving bicycles: A non-random population. *Journal of Forensic Sciences*, 40(2), 205-207.
- Haykowsky, M., Welsh, R., Humen, D., Warburton, D., & Taylor, D. (2001). Impaired left ventricular systolic function after a half-ironman race. *The Canadian Journal of Cardiology*, 17(6), 687-690.
- Heiderscheit, B. C., Chumanov, E. S., Michalski, M. P., Wille, C. M., & Ryan, M. B. (2011). Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(2), 296-302.
- Heir, T. (1998). Musculoskeletal injuries in officer training: One-year follow-up. *Military Medicine*, 163(4), 229-233.

- Heliovaara, M., Sievers, K., Impivaara, O., Maatela, J., Knekt, P., Makela, M., et al. (1989). Descriptive epidemiology and public health aspects of low back pain. *Annals of Medicine*, 21(5), 327-333.
- Heller, K. D., Wirtz, D. C., & Peters, K. M. (1999). Schulterinstabilität im Sport. In K. M. Peters, & T. Kausch (Eds.), *Schulter im Sport. Prävention, Diagnostik und Therapie von Sportverletzungen und Überlastungsschäden der Schulter* (pp. 28-34). Stuttgart, New York: Thieme.
- Hermann, B., & Von Torklus, D. (1995). *Fachlexikon Orthopädie. Schulter-Lexikon*. Landsberg/Lech: Ecomed.
- Hill, J., Lewis, M., Papageorgiou, A. C., Dziedzic, K., & Croft, P. (2004). Predicting persistent neck pain: A 1-year follow-up of a population cohort. *Spine*, 29(15), 1648-1654.
- Hiller, W. D. (1989). Dehydration and hyponatremia during triathlons. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5 Suppl), S219-21.
- Hintermann, B., & Nigg, B. M. (1998). Pronation in runners. implications for injuries. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 26(3), 169-176.
- Hirzel, J. (2012). *Finanzinvestoren haben den Triathlon-Veranstalter Ironman übernommen. Wird Geld nun zur wichtigsten Disziplin? Ein deutscher Rivale will den Abzockverdacht nutzen* . Retrieved 04/12, 2015, from http://www.focus.de/finanzen/news/wirtschaft-kult-marke-im-haerte-test_aid_771840.html

- Hobara, H., Sato, T., Sakaguchi, M., Sato, T., & Nakazawa, K. (2012). Step frequency and lower extremity loading during running. *International Journal of Sports Medicine*, 33(4), 310-313.
- Höden, D. (2009). Schulterschmerzen im Schwimmsport – Faktoren-Ursachen-Folgen. Diplomarbeit, Universität Graz.
- Hof, A. L., Geelen, B. A., & Van den Berg, J. (1983). Calf muscle moment, work and efficiency in level walking; role of series elasticity. *Journal of Biomechanics*, 16(7), 523-537.
- Hof, A. L., Van Zandwijk, J. P., & Bobbert, M. F. (2002). Mechanics of human triceps surae muscle in walking, running and jumping. *Acta Physiologica Scandinavica*, 174(1), 17-30.
- Holmes, J. C., Pruitt, A. L., & Whalen, N. J. (1991). Cycling knee injuries: Common mistakes that cause injuries and how to avoid them. *Cycling Science*, 3(2), 11-15.
- Holmes, J. C., Pruitt, A. L., & Whalen, N. J. (1993). Iliotibial band syndrome in cyclists. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(3), 419-424.
- Holmes, J. C., Pruitt, A. L., & Whalen, N. J. (1994). Lower extremity overuse in bicycling. *Clinics in Sports Medicine*, 13(1), 187-205.
- Höltke, V., Verdonck, A., & Euler, H. (1996). Degenerative Sportschäden durch Hochleistungstraining im Schwimmen. Ausmaß - Ursachen - Lösungsansätze - Ergebnisse einer Befragung von 225 Kaderschwimmern des westdeutschen Schwimmverbandes. *Leistungssport*, (4), 19-24.

- Holtzhausen, L. M., & Noakes, T. D. (1997). Collapsed ultraendurance athlete: Proposed mechanisms and an approach to management. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 7(4), 292-301.
- Hreljac, A. (2004). Impact and overuse injuries in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 845-849.
- Huang, Y. C., Wang, L. Y., Wang, H. C., Chang, K. L., & Leong, C. P. (2004). The relationship between the flexible flatfoot and plantar fasciitis: Ultrasonographic evaluation. *Chang Gung Medical Journal*, 27(6), 443-448.
- Hudson, Z., & Darthuy, E. (2009). Iliotibial band tightness and patellofemoral pain syndrome: A case-control study. *Manual Therapy*, 14(2), 147-151.
- Imhoff, A., & Ledermann, T. (1996). Definition, pathologische Befunde und Pathogenese. In J. Eulert, & A. Hedtmann (Eds.), *Das Impingement-Syndrom der Schulter* (pp. 1-13). Stuttgart, New York: Thieme.
- International Triathlon Union. (o.J.). Retrieved 04/08, 2015, from <http://www.triathlon.org/about>
- International Triathlon Union. (o.J.(a)). Retrieved 04/08, 2015, from <http://www.triathlon.org/events>
- International Triathlon Union. (o.J.(b)). Retrieved 04/08, 2015, from <http://www.triathlon.org/development/overview>
- International Triathlon Union. (o.J.(c)). Retrieved 04/08, 2015, from <http://www.triathlon.org/federations>

- International Triathlon Union. (o.J.(d)). Retrieved 04/09, 2015, from <http://wts.triathlon.org>
- International Triathlon Union. (o.J.(e)). Retrieved 11/18, 2014, from <http://www.triathlon.org/multisports>
- Ireland, M. L., & Micheli, L. J. (1987). Triathletes: Biographic data, training, and injury patterns. *Annals of Sports Medicine*, 3, 117-120.
- Isusi, M., Oleaga, L., Campo, M., & Grande, D. (2007). MRI findings in iliotibial band friction syndrome: A report of two cases. *Radiologia*, 49(6), 433-435.
- Jackson, D. L. (1991). Stress fracture of the femur: Use a bone scan to distinguish it from a muscle injury. *Physician and Sportsmedicine*, 19(7), 39-42.
- Jacobs, S. J., & Berson, B. L. (1986). Injuries to runners: A study of entrants to a 10,000 meter race. *The American Journal of Sports Medicine*, 14(2), 151-155.
- Jacobsen, P. L. (2003). Safety in numbers: More walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention : Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 9(3), 205-209.
- Jeukendrup, A. E., & Martin, J. (2001). Improving cycling performance: How should we spend our time and money. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(7), 559-569.
- Jobe, F. W., Tibone, J. E., & Pink, M. M. (1998). The shoulder in sports. In C. A. Rockwood, & F. A. Matsen (Eds.), *The shoulder* (2. Auflage ed., pp. 1214-1237). Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo: W.B. Saunders.

- Johnson, J. N., Gauvin, J., & Fredericson, M. (2003). Swimming biomechanics and injury prevention: New stroke techniques and medical considerations. *The Physician and Sportsmedicine*, 31(1), 41-46.
- Johnstone, J. (o.J.). *Triathlon – the early history of the sport*. Retrieved 04/12, 2015, from <http://www.triathlonhistory.com/Home>
- Jones, B. H., Cowan, D. N., Tomlinson, J. P., Robinson, J. R., Polly, D. W., & Frykman, P. N. (1993). Epidemiology of injuries associated with physical training among young men in the army. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(2), 197-203.
- Jorge, M., & Hull, M. L. (1986). Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *Journal of Biomechanics*, 19(9), 683-694.
- Jozsa, L., Kvist, M., Balint, B. J., Reffy, A., Jarvinen, M., Lehto, M., et al. (1989). The role of recreational sport activity in achilles tendon rupture. A clinical, pathoanatomical, and sociological study of 292 cases. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(3), 338-343.
- Kannus, P., Aho, H., Jarvinen, M., & Niittymaki, S. (1987). Computerized recording of visits to an outpatient sports clinic. *The American Journal of Sports Medicine*, 15(1), 79-85.
- Kannus, P., & Jozsa, L. (1991). Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 73(10), 1507-1525.

- Kannus, P., Natri, A., Paakkala, T., & Jarvinen, M. (1999). An outcome study of chronic patellofemoral pain syndrome. seven-year follow-up of patients in a randomized, controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 81(3), 355-363.
- Karr, S. D. (1994). Subcalcaneal heel pain. *The Orthopedic Clinics of North America*, 25(1), 161-175.
- Kenal, K. A., & Knapp, L. D. (1996). Rehabilitation of injuries in competitive swimmers. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 22(5), 337-347.
- Kerr, C. G., Trappe, T. A., Starling, R. D., & Trappe, S. W. (1998). Hyperthermia during olympic triathlon: Influence of body heat storage during the swimming stage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(1), 99-104.
- Kessler, M., Kuster, M.: Verletzungen und Erkrankungen des Schultergelenks. Einteilungen - Typen - Stadien. Marseille, St. Gallen, 2006.
- Ketter, F., & Krauss, M. (2001). *Triathlon, Geschichte, Kultur, Training* (1. Aufl. ed.). Die Werkstatt GmbH.
- Kettunen, J. A., Visuri, T., Harilainen, A., Sandelin, J., & Kujala, U. M. (2005). Primary cartilage lesions and outcome among subjects with patellofemoral pain syndrome. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy : Official Journal of the ESSKA*, 13(2), 131-134.
- Kibler, W. B. (1987). Strength and flexibility findings in anterior knee pain syndrome in athletes. *Am.J.Sports Med.*, (15), 410-414.

- Kibler, W. B., Goldberg, C., & Chandler, T. J. (1991). Functional biomechanical deficits in running athletes with plantar fasciitis. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 66-71.
- Knöpfli, B. H., Luke-Zeitoun, M., von Duvillard, S. P., Burki, A., Bachlechner, C., & Keller, H. (2007). High incidence of exercise-induced bronchoconstriction in triathletes of the swiss national team. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 486-91; discussion 491.
- Kohn, D. (1999). Klinische Diagnostik und Differentialdiagnostik. In A. B. Imhoff (Ed.), *Fortbildung Orthopädie. Schulter, Ellenbogen, Stoßwelle, Hüfte* (pp. 36-39). Darmstadt: Steinkopff.
- Köbel, R. (1996). Klinische Differentialdiagnostik. In J. Eulert, & A. Hedtmann (Eds.), *Das Impingement-Syndrom der Schulter* (pp. 72-81). Stuttgart, New York: Thieme.
- Komi, P. V., Fukashiro, S., & Jarvinen, M. (1992). Biomechanical loading of achilles tendon during normal locomotion. *Clinics in Sports Medicine*, 11(3), 521-531.
- Kongsgaard, M., Aagaard, P., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2005). Structural achilles tendon properties in athletes subjected to different exercise modes and in achilles tendon rupture patients. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 99(5), 1965-1971.
- Korkia, P. K., Tunstall-Pedoe, D. S., & Maffulli, N. (1994). An epidemiological investigation of training and injury patterns in british triathletes. *British Journal of Sports Medicine*, 28(3), 191-196.

- Kortebein, P. M., Kaufman, K. R., Basford, J. R., & Stuart, M. J. (2000). Medial tibial stress syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(3 Suppl), S27-33.
- Krivickas, L. S. (1997). Anatomical factors associated with overuse sports injuries. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 24(2), 132-146.
- Krosshaug, T., Andersen, T. E., Olsen, O. E., Myklebust, G., & Bahr, R. (2005). Research approaches to describe the mechanisms of injuries in sport: Limitations and possibilities. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 330-339.
- Kujala, U. M., Sarna, S., & Kaprio, J. (2005). Cumulative incidence of achilles tendon rupture and tendinopathy in male former elite athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 15(3), 133-135.
- Kuttenkeuler, M. (1999). Degenerative Veränderungen im Sport. In K. M. Peters, & T. Kausch (Eds.), *Schulter im Sport. Prävention, Diagnostik und Therapie von Sportverletzungen und Überlastungsschäden der Schulter* (pp. 35-37). Stuttgart, New York: Thieme.
- Kvist, M. (1994). Achilles tendon injuries in athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 18(3), 173-201.
- Kwong, P. K., Kay, D., Voner, R. T., & White, M. W. (1988). Plantar fasciitis. mechanics and pathomechanics of treatment. *Clinics in Sports Medicine*, 7(1), 119-126.
- Kyle, C. R. (1994). Energy and aerodynamics in bicycling. *Clinics in Sports Medicine*, 13(1), 39-73.

- Laird, R. H. (1989). Medical care at ultraendurance triathlons. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5 Suppl), S222-5.
- Laird, R. H., & Johnson, D. (2012). The medical perspective of the kona ironman triathlon. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(4), 239.
- Langberg, H., Skovgaard, D., Petersen, L. J., Bulow, J., & Kjaer, M. (1999). Type I collagen synthesis and degradation in peritendinous tissue after exercise determined by microdialysis in humans. *The Journal of Physiology*, 521 Pt 1, 299-306.
- Laurenson, N. M., Fulcher, K. Y., & Korkia, P. (1993). Physiological characteristics of elite and club level female triathletes during running. *International Journal of Sports Medicine*, 14(8), 455-459.
- Laursen, P. B., Suriano, R., Quod, M. J., Lee, H., Abbiss, C. R., Nosaka, K., et al. (2006). Core temperature and hydration status during an ironman triathlon. *British Journal of Sports Medicine*, 40(4), 320-5; discussion 325.
- Lavine, R. (2010). Iliotibial band friction syndrome. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 3(1-4), 18-22.
- Leitner, S., & Leitner, M. (o.J.). Retrieved 04/12, 2015, from <http://www.trinews.at/index.asp?CID=4066>
- Lepers, R. (2008). Analysis of hawaii ironman performances in elite triathletes from 1981 to 2007. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(10), 1828-1834.

- Levy, C. M., Kolin, E., & Berson, B. L. (1986a). Cross training: Risk or benefit? An evaluation of injuries in four athlete populations. *Sports Medicine Clinical Forum*, 3(1), 1-8.
- Levy, C. M., Kolin, E., & Berson, B. L. (1986b). The effect of cross training on injury incidence, duration and severity (part 2). *Sports Medicine Clinical Forum*, 3(2), 1-8.
- Li, L., & Caldwell, G. E. (1998). Muscle coordination in cycling: Effect of surface incline and posture. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 85(3), 927-934.
- Linenger, J. (1992). Is iliotibial band syndrome overlooked? *Phys Sports Med.*, (20), 98-108.
- Lue, T. F., Hricak, H., Marich, K. W., & Tanagho, E. A. (1985). Vasculogenic impotence evaluated by high-resolution ultrasonography and pulsed doppler spectrum analysis. *Radiology*, 155(3), 777-781.
- Lysholm, J., & Wiklander, J. (1987). Injuries in runners. *The American Journal of Sports Medicine*, 15(2), 168-171.
- Macera, C. A. (1992). Lower extremity injuries in runners. advances in prediction. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 13(1), 50-57.
- Macera, C. A., Pate, R. R., Powell, K. E., Jackson, K. L., Kendrick, J. S., & Craven, T. E. (1989). Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Archives of Internal Medicine*, 149(11), 2565-2568.

- MacIntosh, B. R., Neptune, R. R., & Horton, J. F. (2000). Cadence, power, and muscle activation in cycle ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7), 1281-1287.
- Madeley, L. T., Munteanu, S. E., & Bonanno, D. R. (2007). Endurance of the ankle joint plantar flexor muscles in athletes with medial tibial stress syndrome: A case-control study. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 10(6), 356-362.
- Maffulli, N., & Kader, D. (2002). Tendinopathy of tendo achillis. *The Journal of Bone and Joint Surgery.British Volume*, 84(1), 1-8.
- Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2003). Region-specific differences in achilles tendon cross-sectional area in runners and non-runners. *European Journal of Applied Physiology*, 90(5-6), 549-553.
- Manninen, J. S., & Kallinen, M. (1996). Low back pain and other overuse injuries in a group of japanese triathletes. *British Journal of Sports Medicine*, 30(2), 134-139.
- Marka, A. (2005). Schwimmen. In M. e. a. Engelhardt (Ed.), *Sportverletzungen – Sportschäden. Praxiswissen Halte- und Bewegungsorgane* (pp. 119-124). Stuttgart: Thieme.
- Martin, P. E., & Morgan, D. W. (1992). Biomechanical considerations for economical walking and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(4), 467-474.
- Massimino, F. A., Armstrong, M. A., O'Toole, M. L., Hiller, W. D., & Laird, R. H. (1988). Common triathlon injuries: Special considerations for multisport training. *Annals of Sports Medicine*, 4, 82-86.

- Maughan, R. J., & Miller, J. D. (1983). Incidence of training-related injuries among marathon runners. *British Journal of Sports Medicine*, 17(3), 162-165.
- Mayer, F., Grau, S., Baur, H., Hirschmüller, A., Horstmann, T., Gollhofer, A., et al. (2001). Verletzungen und Beschwerden im Laufsport. *Dt Ärztebl*, 98(19), A1254-A1259.
- McConnell, J. (2007). Rehabilitation and nonoperative treatment of patellar instability. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 15(2), 95-104.
- McCrory, J. L., Martin, D. F., Lowery, R. B., Cannon, D. W., Curl, W. W., Read, H. M., Jr, et al. (1999). Etiologic factors associated with achilles tendinitis in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(10), 1374-1381.
- McDonald, D. I. (1987). Is there life after genital numbness? *The New Zealand Medical Journal*, 100(828), 465.
- McGarvey, W. C., Singh, D., & Trevino, S. G. (1996). Partial achilles tendon ruptures associated with fluoroquinolone antibiotics: A case report and literature review. *Foot & Ankle International*, 17(8), 496-498.
- McHardy, A., Pollard, H., & Fernandez, M. (2006). Triathlon injuries: A review of the literature and discussion of potential injury mechanisms. *Clinical Chiropractic*, 9(3), 129-138.
- McMaster, W. C. (1986). Painful shoulder in swimmers. A diagnostic challenge. *The Physician and Sportsmedicine*, 14(12), 108-122.
- McMaster, W. C. (1999). Shoulder injuries in competitive swimmers. *Clinics in Sports Medicine*, 18(2), 349-59, vii.

- McMaster, W. C., Roberts, A., & Stoddard, T. (1998). A correlation between shoulder laxity and interfering pain in competitive swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(1), 83-86.
- McMaster, W. C., & Troup, J. (1993). A survey of interfering shoulder pain in united states competitive swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(1), 67-70.
- McNicol, K., Taunton, J. E., & Clement, D. B. (1981). Iliotibial tract friction syndrome in athletes. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences. Journal Canadien Des Sciences Appliquees Au Sport*, 6(2), 76-80.
- Mellion, M. B. (1994). Neck and back pain in bicycling. *Clinics in Sports Medicine*, 13(1), 137-164.
- Merican, A. M., & Amis, A. A. (2009). Iliotibial band tension affects patellofemoral and tibiofemoral kinematics. *Journal of Biomechanics*, 42(10), 1539-1546.
- Messier, S. P., Davis, S. E., Curl, W. W., Lowery, R. B., & Pack, R. J. (1991). Etiologic factors associated with patellofemoral pain in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(9), 1008-1015.
- Messier, S. P., Edwards, D. G., Martin, D. F., Lowery, R. B., Cannon, D. W., James, M. K., et al. (1995). Etiology of iliotibial band friction syndrome in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(7), 951-960.
- Messier, S. P., Legault, C., Schoenlank, C. R., Newman, J. J., Martin, D. F., & DeVita, P. (2008). Risk factors and mechanisms of knee injury in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(11), 1873-1879.

- Messier, S. P., & Pittala, K. A. (1988). Etiologic factors associated with selected running injuries. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 501-505.
- Meuleners, L. B., Lee, A. H., & Haworth, C. (2007). Road environment, crash type and hospitalisation of bicyclists and motorcyclists presented to emergency departments in western australia. *Accident; Analysis and Prevention*, 39(6), 1222-1225.
- Mews, S. (2011). *Crossduathlon*. Retrieved 04/09, 2015, from <http://www.triathlon-deutschland.de/glossar/c/cross-duathlon>
- Mews, S. (2011a). *Polyathlon*. Retrieved 04/09, 2015, from <http://www.triathlon-deutschland.de/glossar/p/polyathlon>
- Migliorini, S. (1991). An epidemiological study of overuse injuries in italian national triathletes in the period 1987-1990. *Journal of Sports Traumatology and Related Research*, 13, 197-206.
- Migliorini, S. (2000). The triathlon: Acute and overuse injuries. *Journal of Sport Traumatology*, 22(4), 186-195.
- Migliorini, S. (2011). Risk factors and injury mechanism in triathlon. *Journal of Human Sport & Exercise*, 6(2), 309-314.
- Milgrom, C., Finestone, A., Eldad, A., & Shlamkovitch, N. (1991). Patellofemoral pain caused by overactivity. A prospective study of risk factors in infantry recruits. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 73(7), 1041-1043.

- Milgrom, C., Radeva-Petrova, D. R., Finestone, A., Nyska, M., Mendelson, S., Benjuya, N., et al. (2007). The effect of muscle fatigue on in vivo tibial strains. *Journal of Biomechanics*, 40(4), 845-850.
- Miller, R. H., Lowry, J. L., Meardon, S. A., & Gillette, J. C. (2007). Lower extremity mechanics of iliotibial band syndrome during an exhaustive run. *Gait & Posture*, 26(3), 407-413.
- Millet, G. P., Bentley, D. J., & Vleck, V. E. (2007). The relationships between science and sport: Application in triathlon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(3), 315-322.
- Millet, G. P., Dreano, P., & Bentley, D. J. (2003). Physiological characteristics of elite short- and long-distance triathletes. *European Journal of Applied Physiology*, 88(4-5), 427-430.
- Millet, G. P., Millet, G. Y., Hofmann, M. D., & Candau, R. B. (2000). Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: Influence of performance level. *International Journal of Sports Medicine*, 21(2), 127-132.
- Millet, G. P., & Vleck, V. E. (2000). Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in olympic triathlon: Review and practical recommendations for training. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 384-390.
- Millet, G. P., Vleck, V. E., & Bentley, D. J. (2009). Physiological differences between cycling and running: Lessons from triathletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(3), 179-206.

- Milner, C. E., Davis, I. S., & Hamill, J. (2006). Free moment as a predictor of tibial stress fracture in distance runners. *Journal of Biomechanics*, 39(15), 2819-2825.
- Milner, C. E., Ferber, R., Pollard, C. D., Hamill, J., & Davis, I. S. (2006). Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(2), 323-328.
- Miltner, O., Siebert, C. H., Muller-Rath, R., & Kieffer, O. (2010). Muscle strength of the cervical and lumbar spine in triathletes. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, 148(6), 657-661.
- Miltner, O., Wirtz, D. C., & Siebert, C. H. (2001). Strengthening lumbar extensors - therapy of chronic back pain - an overview and meta-analysis. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 139(4), 287-293.
- Ministry of Transport. (2007). *Sustainable and safe land transport: Trends and indicators*. Retrieved 08/15, 2015, from <http://www.cycle-helmets.com/nz-ltsa-2006.pdf>
- Ministry of Transport. (2010). *Driver travel in cars, vans, utes and SUVs. household travel survey v2 revised dec 2009*. Retrieved 08/15, 2015, from <http://www.nzta.govt.nz/assets/resources/travel-planning-toolkit/docs/resource-1-facts-and-figures.pdf>
- Ministry of Transport, Public Works and Water Management. (1999). *The dutch bicycle master plan: Description and evaluation in an historical context*. Retrieved 08/14, 2015, from <http://www.fietsberaad.nl/library/repository/bestanden/The%20Dutch%20Bicycle%20Master%20Plan%201999.pdf>

- Missoni, E., & Kern, J. (2003). Fatality risk factors for bicyclists in Croatia. *Croatian Medical Journal*, 44(5), 610-613.
- Mitchell M, S. (2002). *Report: Drowning probable cause of ironman athlete*. Retrieved 03/12, 2015, from <http://universe.byu.edu/2002/06/10/report-drowning-probable-cause-of-ironman-athlete>
- Montain, S. J., Sawka, M. N., & Wenger, C. B. (2001). Hyponatremia associated with exercise: Risk factors and pathogenesis. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(3), 113-117.
- Monteil, K. M., & Rouard, A. H. (1992). Influence of the size of the paddles in front crawl stroke. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming: Swimming science VI* (pp. 99-104). London: E&FN Spon.
- Mooney, V. (1989). The classification of low back pain. *Annals of Medicine*, 21(5), 321-325.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(7), 479-487.
- MultisportAustria. (2012). *Triathlon*. Retrieved 03/23, 2015, from http://www.multisportaustria.at/files/doc/History/Triathlon_History.pdf
- Munteanu, S. E., & Barton, C. J. (2011). Lower limb biomechanics during running in individuals with achilles tendinopathy: A systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*, 4, 15-1146-4-15.

- Murphy, T. C. (1994). Shoulder injuries in swimming. In J. R. Andrews, & K. E. Wilk (Eds.), *The athletes shoulder* (pp. 411-424). New York, Edingburgh, London, Madrid, Melbourne, Tokyo: Churchill Livingstone.
- Murphy, P. (1986). Ultrasports are in-in spite of injuries. *Physician and Sportsmedicine*, 14(1), 180-189.
- Murrell, G. A. C. MBBS (Adel), MD (UNSW), DPhil (Oxon), (Chief of Sports Medicine and Shoulder Service, Chairman of Premier Orthopaedics and Sports Medicine, Director of the Orthopaedic Research Institute at St George Hospital, Professor at the University of New South Wales), Befragung zum Thema Schulterschmerzen im Schwimmsport, Kogarah (Research & Education Centre), Sydney, 21.01.2009.
- Nayal, W., Schwarzer, U., Klotz, T., Heidenreich, A., & Engelmann, U. (1999). Transcutaneous penile oxygen pressure during bicycling. *BJU International*, 83(6), 623-625.
- Nemeth, W. C., & Sanders, B. L. (1996). The lateral synovial recess of the knee: Anatomy and role in chronic iliotibial band friction syndrome. *Arthroscopy : The Journal of Arthroscopic & Related Surgery : Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 12(5), 574-580.
- Neptune, R. R., Kautz, S. A., & Hull, M. L. (1997). The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *Journal of Biomechanics*, 30(10), 1051-1058.
- Neptune, R. R., Wright, I. C., & van den Bogert, A. J. (2000). The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 15(8), 611-618.

- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottenrott, K. (2010). *Das große Buch vom Triathlon* (2.überarb. Aufl. ed.). Auckland, Beirut, Budapest, Cairo, Cape Town, Dubai, Graz: Meyer & Meyer Verlag.
- Nicholas, J. A., Strizak, A. M., & Veras, G. (1976). A study of thigh muscle weakness in different pathological states of the lower extremity. *The American Journal of Sports Medicine*, 4(6), 241-248.
- Nielsen, B. (1996). Olympics in atlanta: A fight against physics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(6), 665-668.
- Nigg, B. M., & Yeadon, M. R. (1987). Biomechanical aspects of playing surfaces. *Journal of Sports Sciences*, 5(2), 117-145.
- Niskanen, R. O., Paavilainen, P. J., Jaakkola, M., & Korkala, O. L. (2001). Poor correlation of clinical signs with patellar cartilaginous changes. *Arthroscopy : The Journal of Arthroscopic & Related Surgery : Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 17(3), 307-310.
- Noble, C. A. (1980). Iliotibial band friction syndrome in runners. *The American Journal of Sports Medicine*, 8(4), 232-234.
- Noehren, B., Davis, I., & Hamill, J. (2007). ASB clinical biomechanics award winner 2006 prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 22(9), 951-956.
- O'Donnell, C. J., Bowen, J., & Fossati, J. (2005). Identifying and managing shoulder pain in competitive swimmers: How to minimize training flaws and other risks. *The Physician and Sportsmedicine*, 33(9), 27-35.

- Ogon, M., Aleksiev, A. R., Pope, M. H., Wimmer, C., & Saltzman, C. L. (1999). Does arch height affect impact loading at the lower back level in running? *Foot & Ankle International*, 20(4), 263-266.
- Orava, S. (1978). Iliotibial tract friction syndrome in athletes - an uncommon exertion syndrome on the lateral side of the knee. *British Journal of Sports Medicine*, 12(2), 69-73.
- Orchard, J. W., Fricker, P. A., Abud, A. T., & Mason, B. R. (1996). Biomechanics of iliotibial band friction syndrome in runners. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(3), 375-379.
- Österreichischer Triathlonverband. (2012). 25 Jahre ÖTRV Gala. Retrieved 04/06, 2015, from http://www.burgenland-triathlon.at/de/menu_2/btrv-downloadcenter/%20dokumente
- Österreichischer Triathlonverband. (o.J.). Retrieved 04/06, 2015, from <http://www.triathlon-austria.at/de/sitemap>
- Österreichischer Triathlonverband. (o.J.(a)). Retrieved 04/07, 2015, from <http://www.triathlon-austria.at/de/events>
- Österreichischer Triathlonverband. (o.J.(b)). Retrieved 04/06, 2015, from <http://www.triathlon-austria.at/de/sport/sportbereich/altersklassen>
- Ostrom, M., Bjornstig, U., Naslund, K., & Eriksson, A. (1993). Pedal cycling fatalities in northern sweden. *International Journal of Epidemiology*, 22(3), 483-488.

- O'Toole, M. L., Hiller, D. B., Crosby, L. O., & Douglas, P. S. (1987b). The ultraendurance triathlete: A physiological profile. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(1), 45-50.
- O'Toole, M. L., Hiller, W. D., Smith, R. A., & Sisk, T. D. (1989). Overuse injuries in ultraendurance triathletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(4), 514-518.
- O'Toole, M. L., Massimino, F. A., Hillier, D. B., & Laird, R. H. (1987a). Medical considerations in triathletes: The 1984 hawaiian ironman triathlon. *Annals of Sports Medicine*, 3, 121-123.
- O'Toole, M. L., Miller, T. K., & Hiller, W. D. (2001). Triathlon. In F. H. Fu, & D. A. Stone (Eds.), *Sports injuries: Mechanisms prevention treatment* (2nd ed. ed., pp. 778-790). Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Ozguler, A., Leclerc, A., Landre, M. F., Pietri-Taleb, F., & Niedhammer, I. (2000). Individual and occupational determinants of low back pain according to various definitions of low back pain. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54(3), 215-220.
- Paluska, S. A. (2005). An overview of hip injuries in running. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(11), 991-1014.
- Pappas, A. M., Goss, T. P., & Kleinman, P. K. (1983). Symptomatic shoulder instability due to lesions of the glenoid labrum. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(5), 279-288.

- Parnianpour, M., Nordin, M., Kahanovitz, N., & Frankel, V. (1988). 1988 volvo award in biomechanics. the triaxial coupling of torque generation of trunk muscles during isometric exertions and the effect of fatiguing isoinertial movements on the motor output and movement patterns. *Spine*, 13(9), 982-992.
- Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2005). Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 19(4), 826-830.
- Patterson, J. M., Jaggars, M. M., & Boyer, M. I. (2003). Ulnar and median nerve palsy in long-distance cyclists. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 585-589.
- Pelfort, X., Monllau, J. C., Puig, L., & Caceres, E. (2006). Iliotibial band friction syndrome after anterior cruciate ligament reconstruction using the transfix device: Report of two cases and review of the literature. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy : Official Journal of the ESSKA*, 14(6), 586-589.
- Perry, J. (1983). Anatomy and biomechanics of the shoulder in throwing, swimming, gymnastics, and tennis. *Clinics in Sports Medicine*, 2(2), 247-270.
- Petschnig, S. (2007). *10 Jahre Ironman Triathlon Austria* (1., Aufl. ed.). Aachen, Adelaide, Auckland, Budapest, Graz: Meyer & Meyer Verlag.
- Petrone, F. A. (1985). Shoulder problems in swimmers. In B. Zarin, J. R. Andrews & W. G. Carson (Eds.), *Injuries to the throwing arm* (pp. 318-330). Philadelphia: W.B. Saunders.

- Pink, M., Jobe, F. W., Perry, J., Browne, A., Scovazzo, M. L., & Kerrigan, J. (1993). The painful shoulder during the butterfly stroke. an electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (288)(288), 60-72.
- Piva, S. R., Goodnite, E. A., & Childs, J. D. (2005). Strength around the hip and flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 35(12), 793-801.
- Pohl, M. B., Hamill, J., & Davis, I. S. (2009). Biomechanical and anatomic factors associated with a history of plantar fasciitis in female runners. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 19(5), 372-376.
- Pope, M. H. (1989). Risk indicators in low back pain. *Annals of Medicine*, 21(5), 387-392.
- Post, W. R. (1999). Clinical evaluation of patients with patellofemoral disorders. *Arthroscopy : The Journal of Arthroscopic & Related Surgery : Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 15(8), 841-851.
- Powers, C. M., Ward, S. R., Fredericson, M., Guillet, M., & Shellock, F. G. (2003). Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: A preliminary study. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33(11), 677-685.

- Puniello, M. S. (1993). Iliotibial band tightness and medial patellar glide in patients with patellofemoral dysfunction. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(3), 144-148.
- Qiugley, E. J., & Richards, J. G. (1996). The effects of cycling on running mechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, (12), 470-479.
- Qualimedic. (2007). *Impingement-syndrom*. Retrieved 06/26, 2008, from http://www.qualimedic.de/impingement_syndrom.html
- Raissi, G. R., Cherati, A. D., Mansoori, K. D., & Razi, M. D. (2009). The relationship between lower extremity alignment and medial tibial stress syndrome among non-professional athletes. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology : SMARTT*, 1(1), 11.
- Rees, J. D., Wilson, A. M., & Wolman, R. L. (2006). Current concepts in the management of tendon disorders. *Rheumatology (Oxford, England)*, 45(5), 508-521.
- Reinking, M. F. (2007). Exercise related leg pain (ERLP): A review of the literature. *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*, 2(3), 170-180.
- Reinking, M. F., & Hayes, A. M. (2006). Intrinsic factors associated with exercise-related leg pain in collegiate cross-country runners. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 16(1), 10-14.
- Reuter, R. M., Hiller, W. D., Ainge, G. R., Brown, D. W., Dierenfield, L., Shellock, F. G., et al. (2008). Ironman triathletes: MRI assessment of the shoulder. *Skeletal Radiology*, 37(8), 737-741.

- Ribeiro, A. P., Trombini-Souza, F., Tessutti, V., Rodrigues Lima, F., Sacco Ide, C., & Joao, S. M. (2011). Rearfoot alignment and medial longitudinal arch configurations of runners with symptoms and histories of plantar fasciitis. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 66(6), 1027-1033.
- Richardson, A. B. (1983). Overuse syndromes in baseball, tennis, gymnastics, and swimming. *Clinics in Sports Medicine*, 2(2), 379-390.
- Richardson, A. B., Jobe, F. W., & Collins, H. R. (1980). The shoulder in competitive swimming. *The American Journal of Sports Medicine*, 8(3), 159-163.
- Richie, D. H., Jr, Kelso, S. F., & Bellucci, P. A. (1985). Aerobic dance injuries: A retrospective study of instructors and participants. *The Physician and Sportsmedicine*, 13(2), 130-140.
- Richter, M., Otte, D., Haasper, C., Knobloch, K., Probst, C., Westhoff, J., et al. (2007). The current injury situation of bicyclists - a medical and technical crash analysis. *The Journal of Trauma*, 62(5), 1118-1122.
- Richter, S., Betz, C., & Geiger, H. (2007). Schwere Hyponatriämie mit Lungen- und Hirnödemen bei einer Ironman-Triathletin. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* (1946), 132(36), 1829-1832.
- Riddle, D. L., Pulisic, M., Pidcoe, P., & Johnson, R. E. (2003). Risk factors for plantar fasciitis: A matched case-control study. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 85-A(5), 872-877.

- Rimmer, T., & Coniglione, T. (2012). A temporal model for nonelite triathlon race injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 22(3), 249-253.
- Roberts, T. J. (2002). The integrated function of muscles and tendons during locomotion. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 133(4), 1087-1099.
- Rogers, B. S., & Leach, R. E. (1996). Achilles tendinitis. *Foot Ankle Clin*, (1), 249-259.
- Rome, K., Howe, T., & Haslock, I. (2001). Risk factors associated with the development of plantar heel pain in athletes. *The Foot*, (11), 119-125.
- Rome, K., Handoll, H. H., & Ashford, R. (2005). Interventions for preventing and treating stress fractures and stress reactions of bone of the lower limbs in young adults. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (2)(2), CD000450.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Hollan, I., & Ellefsen, S. (2015). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(1), e89-98.
- Rosager, S., Aagaard, P., Dyhre-Poulsen, P., Neergaard, K., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2002). Load-displacement properties of the human triceps surae aponeurosis and tendon in runners and non-runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(2), 90-98.
- Ross, J. (1993). A review of lower limb overuse injuries during basic military training. part 1: Types of overuse injuries. *Military Medicine*, 158(6), 410-415.

- Rowe, B. H., Rowe, A. M., & Bota, G. W. (1995). Bicyclist and environmental factors associated with fatal bicycle-related trauma in ontario. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal = Journal De L'Association Medicale Canadienne*, 152(1), 45-53.
- Ruby, P., Hull, M. L., Kirby, K. A., & Jenkins, D. W. (1992). The effect of lower-limb anatomy on knee loads during seated cycling. *Journal of Biomechanics*, 25(10), 1195-1207.
- Rumball, J. S., Lebrun, C. M., Di Ciacca, S. R., & Orlando, K. (2005). Rowing injuries. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(6), 537-555.
- Rupp, S., Berninger, K., & Hopf, T. (1995). Shoulder problems in high level swimmers - impingement, anterior instability, muscular imbalance? *International Journal of Sports Medicine*, 16(8), 557-562.
- Sandmeier, R., & Renstrom, P. A. (1997). Diagnosis and treatment of chronic tendon disorders in sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(2), 96-106.
- Sanner, W. H., & O'Halloran, W. D. (2000). The biomechanics, etiology, and treatment of cycling injuries. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 90(7), 354-376.
- Sarre, G., Lepers, R., Maffiuletti, N., Millet, G., & Martin, A. (2003). Influence of cycling cadence on neuromuscular activity of the knee extensors in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 88(4-5), 476-479.
- Sawka, M. N. (1992). Physiological consequences of hypohydration: Exercise performance and thermoregulation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(6), 657-670.

- Schache, A. G., Bennell, K. L., Blanch, P. D., & Wrigley, T. V. (1999). The coordinated movement of the lumbo-pelvic-hip complex during running: A literature review. *Gait & Posture*, 10(1), 30-47.
- Schepesis, A. A., Martini, D., & Corbett, M. (1993). Surgical management of exertional compartment syndrome of the lower leg. long-term followup. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(6), 811-7; discussion 817.
- Schmid, T., Mederer, A., Weishaupt, P., Mockel, F., & Prochnow, T. (2002). Spine-stabilizing muscles in runners. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für orthopädisch-traumatologische Sportmedizin*, 16(2), 59-63.
- Schmidt-Wiethoff, R., Rapp, W., Schneider, T., Haas, H., Steinbrück, K., & Gollhofer, A. (2000). Funktionelle Schulterprobleme und Muskelimbilanzen beim Leistungssportler mit Überkopfbelastungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51(10), 327-335.
- Schmidt-Wiethoff, R., & Schneider, T. (2003). Sportlerschulter – Differentialdiagnose und funktionelle Therapie. In J. Jerosch, J. Heisel & A. B. Imhoff (Eds.), *Fortbildung Orthopädie – Traumatologie. Schulter* (pp. 3-15). Darmstadt: Steinkopff.
- Schünke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2007). *Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem* (2. überarb. und erw. Aufl. ed.). Stuttgart, New York: Thieme.
- Schwarzer, U., Wiegand, W., Bin-Saleh, A., Loetzerich, H., Kahrman, G., Klotz, T., et al. (1999). Genital numbness and impotence rate in long-distance cyclists. *Journal of Urology*, (161), 174-174.

- Schwarzer, U., Sommer, F., Klotz, T., Cremer, C., & Engelmann, U. (2002). Cycling and penile oxygen pressure: The type of saddle matters. *European Urology*, 41(2), 139-143.
- Schwellnus, M. P., Jordaan, G., & Noakes, T. D. (1990). Prevention of common overuse injuries by the use of shock absorbing insoles. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(6), 636-641.
- Scott, S. H., & Winter, D. A. (1990). Internal forces of chronic running injury sites. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(3), 357-369.
- Scovazzo, M. L., Browne, A., Pink, M., Jobe, F. W., & Kerrigan, J. (1991). The painful shoulder during freestyle swimming. an electromyographic cinematographic analysis of twelve muscles. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(6), 577-582.
- Seay, J. F., Van Emmerik, R. E., & Hamill, J. (2014). Trunk bend and twist coordination is affected by low back pain status during running. *European Journal of Sport Science*, 14(6), 563-568.
- Seil, R., Kusma, M., & Rupp, S. (2005). Die Sportlerschulter. Teil 1: Definitionen - Pathomechanismus – Schadensmuster. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, (1), 26-27.
- Shama, S. S., Kominsky, S. J., & Lemont, H. (1983). Prevalence of non-painful heel spurs and its relation to postural foot position. *J Am Podiatry Assoc.*, (73), 122-123.
- Sharwood, K. A., Collins, M., Goedecke, J. H., Wilson, G., & Noakes, T. D. (2004). Weight changes, medical complications, and performance during an ironman triathlon. *British Journal of Sports Medicine*, 38(6), 718-724.

- Shaw, T., Howat, P., Trainor, M., & Maycock, B. (2004). Training patterns and sports injuries in triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 7(4), 446-450.
- Silbert, P. L., Dunne, J. W., Edis, R. H., & Stewart-Wynne, E. G. (1991). Bicycling induced pudendal nerve pressure neuropathy. *Clinical and Experimental Neurology*, 28, 191-196.
- Smart, G. W., Taunton, J. E., & Clement, D. B. (1980). Achilles tendon disorders in runners - a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(4), 231-243.
- Smith, A. D., Stroud, L., & McQueen, C. (1991). Flexibility and anterior knee pain in adolescent elite figure skaters. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 11(1), 77-82.
- Solomon, S., & Cappa, K. G. (1987). Impotence and bicycling. A seldom-reported connection. *Postgraduate Medicine*, 81(1), 99-100, 102.
- Sommer, F., Konig, D., Graft, C., Schwarzer, U., Bertram, C., Klotz, T., et al. (2001). Impotence and genital numbness in cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 22(6), 410-413.
- Sommer, H. M., & Vallentyne, S. W. (1995). Effect of foot posture on the incidence of medial tibial stress syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(6), 800-804.
- Souza, T. A. (1994). The shoulder in swimming. In T. A. Souza (Ed.), *Sport injuries of the shoulder. conservative management* (pp. 107-124). New York, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, Tokyo, 1994, S. 107-124.: Churchill Livingstone.

- Speedy, D. B., Faris, J. G., Hamlin, M., Gallagher, P. G., & Campbell, R. G. (1997). Hyponatremia and weight changes in an ultradistance triathlon. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 7(3), 180-184.
- Steinbeck, J. (2003). Die instabile Schulter. In J. Jerosch, J. Heisel & A. B. Imhoff (Eds.), *Fortbildung Orthopädie – Traumatologie. Schulter* (pp. 16-19). Darmstadt: Steinkopff.
- Steinbrück, K., & Lehmann, M. :. (1996). Sportmedizinische Aspekte von Schulterverletzungen. In P. Habermeyer, & L. Schweiberer (Eds.), *Schulterchirurgie* (2. Aufl. ed., pp. 357-386). München, Wien, Baltimore: Urban&Schwarzenberg.
- Steverding, M. (2001). Rehabilitation spezifischer Gewebe. In F. van den Berg (Ed.), *Angewandte Physiologie. Therapie, Training, Tests* (pp. 130-195). Stuttgart, New York: Thieme.
- Stocker, D., Pink, M., & Jobe, F. W. (1995). Comparison of shoulder injury in collegiate- and master's-level swimmers. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 5(1), 4-8.
- Strock, G. A., Cottrell, E. R., & Lohman, J. M. (2006). Triathlon. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 17(3), 553-564.
- Stutts, J. C., & Hunter, W. W. (1999). Motor vehicle and roadway factors in pedestrian and bicyclist injuries: An examination based on emergency department data. *Accident; Analysis and Prevention*, 31(5), 505-514.

- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., & McKenzie, D. C. (2002a). Plantar fasciitis: A retrospective analysis of 267 cases. *Phys Ther Sports.*, (3), 57-65.
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R., & Zumbo, B. D. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 36(2), 95-101.
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R., & Zumbo, B. D. (2003). A prospective study of running injuries: The vancouver sun run "in training" clinics. *British Journal of Sports Medicine*, 37(3), 239-244.
- Taylor, D., Smith, M., & Vleck, V. (2012). Reliability of performance and associated physiological responses during simulated sprint-distance triathlon *Science and Cycling*, 1(1), 21-29.
- Tecklenburg, K., Dejour, D., Hoser, C., & Fink, C. (2006). Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy : Official Journal of the ESSKA*, 14(3), 235-240.
- Tennant, J. (2007). *UNC triathlete health an fitness survey study. presented at the university of north carolina department of orthopaedics*
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., & Kimsey, C. D. (2002). The prevention of shin splints in sports: A systematic review of literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(1), 32-40.
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., & Kimsey, C. D., Jr. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: A systematic review of the literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 371-378.

- Thomee, R., Grimby, G., Svantesson, U., & Osterberg, U. (1996). Quadriceps muscle performance in sitting and standing in young women with patellofemoral pain syndrome and young healthy women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 6(4), 233-241.
- Thomee, R., Renstrom, P., Karlsson, J., & Grimby, G. (1995). Patellofemoral pain syndrome in young women. II. muscle function in patients and healthy controls. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 5(4), 245-251.
- Thompson, D. C., & Patterson, M. Q. (1998). Cycle helmets and the prevention of injuries. recommendations for competitive sport. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 25(4), 213-219.
- Tin Tin, S., Woodward, A., & Ameratunga, S. (2010). Injuries to pedal cyclists on new zealand roads, 1988-2007. *BMC Public Health*, 10, 655-2458-10-655.
- Townsend, M. A. (1995). Performance in component sports of triathlon events as a function of ability, age, and gender. *Perceptual and Motor Skills*, 80(1), 274.
- Trainor, T. J., & Trainor, M. A. (2004). Etiology of low back pain in athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 3(1), 41-46.
- Triafreunde. (2013). *Ironman Hawaii - Geschichte der ersten 10 Jahre*. Retrieved 04/05, 2015, from <http://www.triafreunde.com/blog/triathlonchecker/ironman-hawaii-geschichte-der-ersten-10-jahre.htm>
- triaguide. (2010). *Geschichte des Triathlon*. Retrieved 04/06, 2015, from <http://www.triaguide.com/geschichte-des-triathlon/>

- Triathlon Kitzbühel. (o.J.). Retrieved 04/07, 2015, from <http://www.triathlon.kitz.net/triathlon/en/default.asp?ID=316>
- Tuite, M. J. (2010). Imaging of triathlon injuries. *Radiologic Clinics of North America*, 48(6), 1125-1135.
- Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Mullaney, M. J., & McHugh, M. P. (2006). The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(4), 630-636.
- Ungerechts, B. (2002). *Lehrplan Schwimmsport. Technik: Schwimmen – Wasserball – Wasserspringen – Synchronschwimmen*. Schorndorf: Hofmann.
- Utting, M. R., Davies, G., & Newman, J. H. (2005). Is anterior knee pain a predisposing factor to patellofemoral osteoarthritis? *The Knee*, 12(5), 362-365.
- van der Linden, P. D., Sturkenboom, M. C., Herings, R. M., Leufkens, H. M., Rowlands, S., & Stricker, B. H. (2003). Increased risk of achilles tendon rupture with quinolone antibacterial use, especially in elderly patients taking oral corticosteroids. *Archives of Internal Medicine*, 163(15), 1801-1807.
- Van Ginckel, A., Thijs, Y., Hesar, N. G., Mahieu, N., De Clercq, D., Roosen, P., et al. (2009). Intrinsic gait-related risk factors for achilles tendinopathy in novice runners: A prospective study. *Gait & Posture*, 29(3), 387-391.
- van Mechelen, W. (1992). Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 14(5), 320-335.

- van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 14(2), 82-99.
- Vasilevska, V., Szeimies, U., & Stabler, A. (2009). Magnetic resonance imaging signs of iliotibial band friction in patients with isolated medial compartment osteoarthritis of the knee. *Skeletal Radiology*, 38(9), 871-875.
- Viel, E., & Esnault, M. (1989). The effect of increased tension in the plantar fascia: A biomechanical analysis. *Phys Theory Pract.*, (5), 69-73.
- Viitasalo, J. T., & Kvist, M. (1983). Some biomechanical aspects of the foot and ankle in athletes with and without shin splints. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(3), 125-130.
- Villavicencio, A. T., Burneikiene, S., Hernandez, T. D., & Thramann, J. (2006). Back and neck pain in triathletes. *Neurosurgical Focus*, 21(4), E7.
- Villavicencio, A. T., Hernandez, T. D., Burneikiene, S., & Thramann, J. (2007). Neck pain in multisport athletes. *Journal of Neurosurgery.Spine*, 7(4), 408-413.
- Vincent, M. B. (2000). Cervicogenic headache: Clinical aspects. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 18(2 Suppl 19), S7-10.
- Vleck, V. E. (2010a). Triathlon. In D. J. Caine, P. A. Harmer & M. A. Schiff (Eds.), *Epidemiology of injury in olympic sports. international olympic committie encyclopaedia of sports medicine series*. (16th ed., pp. 294-320). West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.

- Vleck, V. E. (2010b). In VDM Verlag Dr. Müller (Ed.), *Triathlete training and injury analysis: An investigation in british national squad and age-group triathletes*. Saarbrücken.
- Vleck, V. E., Bentley, D. J., & Cochrane, T. (2003). Training in triathletes. *Science Et Motricité*, 50, 33-53.
- Vleck, V. E., Bentley, D. J., Millet, G. P., & Cochrane, T. (2010). Triathlon event distance specialization: Training and injury effects. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(1), 30-36.
- Vleck, V. E., Burgi, A., & Bentley, D. J. (2006). The consequences of swim, cycle, and run performance on overall result in elite olympic distance triathlon. *International Journal of Sports Medicine*, 27(1), 43-48.
- Vleck, V. E., & Garbutt, G. (1998). Injury and training characteristics of male elite, development squad, and club triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 19(1), 38-42.
- Vleck, V. E., Millet, G. P., & Alves, F. B. (2013). Triathlon injury - an update. *Schweizer Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 61(3), 10-16.
- Voloshin, A., Wosk, J., & Brull, M. (1981). Force wave transmission through the human locomotor system. *Journal of Biomechanical Engineering*, 103(1), 48-50.
- Walter, S. D., Hart, L. E., McIntosh, J. M., & Sutton, J. R. (1989). The ontario cohort study of running-related injuries. *Archives of Internal Medicine*, 149(11), 2561-2564.

- Wanich, T., Hodgkins, C., Columbier, J. A., Muraski, E., & Kennedy, J. G. (2007). Cycling injuries of the lower extremity. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 15(12), 748-756.
- Wardlaw, M. (2002). Assessing the actual risks faced by cyclists. *Traffic Engineering and Control*, 43(11), 420-424.
- Warner, J. J., Micheli, L. J., Arslanian, L. E., Kennedy, J., & Kennedy, R. (1992). Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. A study using moire topographic analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (285)(285), 191-199.
- Warren, B. L. (1984). Anatomical factors associated with predicting plantar fasciitis in long-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(1), 60-63.
- Warren, B. L., & Jones, C. J. (1987). Predicting plantar fasciitis in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(1), 71-73.
- Waryasz, G. R., & McDermott, A. Y. (2008). Patellofemoral pain syndrome (PFPS): A systematic review of anatomy and potential risk factors. *Dynamic Medicine : DM*, 7, 9-5918-7-9.
- Washington, E. L. (1978). Musculoskeletal injuries in theatrical dancers: Site frequency, and severity. *The American Journal of Sports Medicine*, 6(2), 75-98.
- Watsford, M., Ditroilo, M., Fernandez-Pena, E., D'Amen, G., & Lucertini, F. (2010). Muscle stiffness and rate of torque development during sprint cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(7), 1324-1332.

- Watson, M. D., & DiMartino, P. P. (1987). Incidence of injuries in high school track and field athletes and its relation to performance ability. *The American Journal of Sports Medicine*, 15(3), 251-254.
- Wearing, S. C., Smeathers, J. E., Sullivan, P. M., Yates, B., Urry, S. R., & Dubois, P. (2007). Plantar fasciitis: Are pain and fascial thickness associated with arch shape and loading? *Physical Therapy*, 87(8), 1002-1008.
- Wearing, S. C., Smeathers, J. E., & Urry, S. R. (2003). The effect of plantar fasciitis on vertical foot-ground reaction force. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (409)(409), 175-185.
- Wearing, S. C., Smeathers, J. E., Urry, S. R., Hennig, E. M., & Hills, A. P. (2006). The pathomechanics of plantar fasciitis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(7), 585-611.
- Weineck, J. (2000). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (12. Aufl. ed.). Erlangen: Spitta.
- Weiss, B. D. (1985). Nontraumatic injuries in amateur long distance bicyclists. *The American Journal of Sports Medicine*, 13(3), 187-192.
- Weiss, B. D. (1994). Clinical syndromes associated with bicycle seats. *Clinics in Sports Medicine*, 13(1), 175-186.
- Werner, A., & Gohlke, F. (1996). Impingement-Symptomatik des Sportlers. In J. Eulert, & A. Hedtmann (Eds.), *Das Impingement-Syndrom der Schulter* (pp. 26-35). Stuttgart, New York: Thieme.

- West, M. B., & Gow, P. (1998). Ciprofloxacin, bilateral achilles tendonitis and unilateral tendon rupture - a case report. *The New Zealand Medical Journal*, 111(1058), 18-19.
- Whitelaw, G. P., Jr, Rullo, D. J., Markowitz, H. D., Marandola, M. S., & DeWaele, M. J. (1989). A conservative approach to anterior knee pain. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (246)(246), 234-237.
- Wijesinghe, L. D., Coughlin, P. A., Robertson, I., Kessel, D., Kent, P. J., & Kester, R. C. (2001). Cyclist's iliac syndrome: Temporary relief by balloon angioplasty. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 70-71.
- Wilber, C. A., Holland, G. J., Madison, R. E., & Loy, S. F. (1995). An epidemiological analysis of overuse injuries among recreational cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 16(3), 201-206.
- Wilk, B. R., Fisher, K. L., & Gutierrez, W. (2000). Defective running shoes as a contributing factor in plantar fasciitis in a triathlete. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 30(1), 21-8; discussion 29-31.
- Wilk, B. R., Fisher, K. L., & Rangelli, D. (1995). The incidence of musculoskeletal injuries in an amateur triathlete racing club. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 22(3), 108-112.
- Williams, B. S., & Cohen, S. P. (2009). Greater trochanteric pain syndrome: A review of anatomy, diagnosis and treatment. *Anesthesia and Analgesia*, 108(5), 1662-1670.
- Williams, D. S., Zambardino, J. A., & Banning, V. A. (2008). Transverse-plane mechanics at the knee and tibia in runners with and without a history of achilles tendonopathy. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 38(12), 761-767.

- Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 63(3), 1236-1245.
- Williams, M., Hawley, J. A., Black, R., Freke, M., & Simms, K. (1988). Injuries amongst competitive triathletes. *New Zealand Journal of Sports Medicine*, March, 2-6.
- Wilson, N. A., Press, J. M., Koh, J. L., Hendrix, R. W., & Zhang, L. Q. (2009). In vivo noninvasive evaluation of abnormal patellar tracking during squatting in patients with patellofemoral pain. *The Journal of Bone and Joint Surgery.American Volume*, 91(3), 558-566.
- Winslow, J., & Yoder, E. (1995). Patellofemoral pain in female ballet dancers: Correlation with iliotibial band tightness and tibial external rotation. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 22(1), 18-21.
- Witvrouw, E., Lysens, R., Bellemans, J., Cambier, D., & Vanderstraeten, G. (2000). Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 480-489.
- Witvrouw, E., Werner, S., Mikkelsen, C., Van Tiggelen, D., Vanden Berghe, L., & Cerulli, G. (2005). Clinical classification of patellofemoral pain syndrome: Guidelines for non-operative treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy : Official Journal of the ESSKA*, 13(2), 122-130.
- Woolf, S. K., & Glaser, J. A. (2004). Low back pain in running-based sports. *Southern Medical Journal*, 97(9), 847-851.

- World Triathlon Corporation. (o.J.). *Startliste*. Retrieved 06/16, 2014, from <http://www.ironman.com/~media/1fd1220553044e75bef9be6fef55aa66/startliste%20imat%2011062015.pdf>
- World Triathlon Corporation. (o.J.(a)). *Ergebnisse*. Retrieved 04/07, 2015, from <http://eu.ironman.com/de-at/triathlon/events/emea/ironman-70-3/st-poelten/ergebnisse.aspx#axzz3XMZBOqDY>
- World Triathlon Corporation. (o.J.(b)). *Ergebnisse*. Retrieved 04/07, 2015, from <http://eu.ironman.com/de-at/triathlon/events/emea/ironman-70-3/zell-am-see-kaprun/ergebnisse.aspx#axzz3XMZBOqDY>
- World Triathlon Corporation. (o.J.(c)). *Startliste*. Retrieved 05/15, 2015, from <http://eu.ironman.com/~media/84fe50fa525c4a759abdaf87bcd81882/150505%20startliste%20bib.pdf>
- World Triathlon Corporation. (o.J.(d)). *Startliste*. Retrieved 05/15, 2015, from <http://eu.ironman.com/~media/809b23ba965a4af892ac169c46d346ca/individual%20startlist%20zell%20am%20see%2028%2005%202015.pdf>
- World Triathlon Corporation. (o.J.(e)). Retrieved 04/12, 2015, from <http://eu.ironman.com/triathlon/legal-faq.aspx#axzz3XAwrAMOm>
- World Triathlon Corporation. (o.J.(f)). Retrieved 04/12, 2015, from <http://eu.ironman.com/events/triathlon-races.aspx?d=ironman#axzz3XAwrAMOm>
- World Triathlon Corporation. (o.J.(g)). Retrieved 04/12, 2015, from <http://www.ironman.com/triathlon/events/americas/ironman/world-championship/athletes/qualification-faq.aspx#axzz3X7gLjN4c>

- World Triathlon Corporation. (o.J.(h)). Retrieved 04/12, 2015, from <http://eu.ironman.com/triathlon/events/championships.aspx#axzz3XAwrAMOm>
- Wozniak Timmer, C. A. (1991). Cycling biomechanics: A literature review. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14(3), 106-113.
- Yates, B., & White, S. (2004). The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(3), 772-780.
- Yeung, E. W., & Yeung, S. S. (2001). Interventions for preventing lower limb soft-tissue injuries in runners. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3)(3), CD001256.
- Zavoski, R., Lapidus, G., Lerer, T., & Banco, L. (1995). Bicycle injury in connecticut. *Connecticut Medicine*, 59(1), 3-9.
- Zosso, M. (2012). *Befragung zur Triathlonsituation in der Schweiz*, 14.01.2013
- Zwingenberger, S., Valladares, R. D., Walther, A., Beck, H., Stiehler, M., Kirschner, S., et al. (2014). An epidemiological investigation of training and injury patterns in triathletes. *Journal of Sports Sciences*, 32(6), 583-590.

Anhang

Fragebogen

Alle Ausdrücke beziehen sich auf beide Geschlechter und sind somit als geschlechtsneutral anzusehen!

Eine Verletzung ist ein Ereignis, welches sich während des Trainings oder Wettkampfs bei TriathletInnen seit deren Triathlonbeginn ereignet und diese auch dazu zwingt, ihre aktuelle Aktivität abubrechen. Eine traumatische Verletzung wird auf ein Ereignis (Sturz, Kollision...) zurückgeführt. Alle anderen Verletzungen werden als Überlastungsverletzungen (atraumatisch) bezeichnet.

RISIKOFAKTOREN:

Intrinsische Faktoren:

Allgemeine Informationen

(F1) Alter: _____

(F2) Geschlecht: männlich O weiblich O

(F3) Nation: _____

(F4) Anthropometrische Daten:

(F3.1) Größe: _____ cm / _____ inch

(F3.2) Gewicht: _____ kg / _____ lbs

(F5) Performance level (bisherige Bestzeit bei Langdistanztriathlonveranstaltungen - Ironman):

_____ hh:mm (z.B.: 10:05) (drop down-Button mit Anzahl)

(F5.1) Beste Schwimmzeit bei Ironmanveranstaltungen:

_____ hh:mm (z.B.: 01:15; 00:55) (drop down-Button mit Anzahl)

(F5.2) Beste Radzeit bei Ironmanveranstaltungen:

_____ hh:mm (z.B.: 05:15) (drop down-Button mit Anzahl)

(F5.3) Beste Laufzeit bei Ironmanveranstaltungen:

_____ hh:mm (z.B.: 03:55) (drop down-Button mit Anzahl)

(F6) Bisherige Ironmanteilnahmen insgesamt:

_____ (drop down-Button mit Anzahl)

(F7) Aktive Zeit als Triathlet (regelmäßiges Training; Teilnahme an Wettkämpfen) in Jahren?

_____ (drop down-Button mit Anzahl)

Anatomische Auffälligkeiten

(F8) Haben Sie Achsenabweichungen in Hüft- bzw. Kniegelenken (O-Beine; X-Beine)? (Abb.1)

Ja O Nein O

(F9) Haben Sie Beinlängendifferenzen?

Ja O Nein O

(F10) Haben Sie einen pronierten Fuß (Knick nach Innen)? (Abb.3)

Ja O Nein O

(F11) Haben Sie einen supinierten Fuß (Knick nach Aussen)? (Abb.4)

Ja O Nein O

(F12) Haben Sie Haltungsschäden im Bereich der Wirbelsäule? (Abb.5)

Hohlrücken O Rundrücken O Skoliose (Seitkrümmung der Wirbelsäule) (Abb. 10) O

Andere: _____ Keine O

Verletzungen

(F13) Hatten Sie bereits Verletzungen an nachstehenden Körperbereichen, bevor Sie mit dem Triathlonsport begannen?

<u>Kopf</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Halswirbelsäule</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Lendenwirbelsäule</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Schulter</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Luxation des Schultergelenks</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Schlüsselbein</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Oberarm</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Unterarm</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Ellbogen(gelenk)</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Hand/Finger</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Handgelenk</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Brustkorb</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Hüfte</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Leiste</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Knie</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Oberschenkel</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Unterschenkel</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Achillessehne</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Knöchel/Sprunggelenk</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Fuß</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Zehen</u>	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Andere</u> _____	<u>einmal</u> O	<u>öfter</u> O
<u>Keine</u>		

Extrinsische Faktoren:

(F14) Wie oft nehmen Sie pro Jahr durchschnittlich an Ironmanveranstaltungen teil?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

Trainingsgewohnheiten:

Alle Angaben zu den Trainingsgewohnheiten beziehen sich auf die Durchschnittswerte des letzten Trainingsjahres oder - bei untypischen Verlauf eines Trainingsjahres (lange Verletzung) sowie bei Beendigung der Triathlonkarriere – ein repräsentatives Trainingsjahr.

(F15) Auf wieviele gesamte Trainingsstunden (inklusive Krafttraining; Aufwärmen; Stretchen.....) kommen Sie durchschnittlich pro Woche?

<5 0 5-10 0 11-15 0 16-20 0 21-25 0 26-30 0 >30 0

(F16) Wie oft führen Sie ein Koppeltraining (Laufeinheit direkt an Radeinheit) pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F17) Wie oft führen Sie ein Dehn-/Stretch-Programm pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F18.1) Wie oft führen Sie ein Krafttraining für den Oberkörper (Schulter, Arme,...) pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F18.2) Wie oft führen Sie ein Kraft-/Stabilisationstraining für den Rumpf (Bauch, Rücken,...) pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F18.3) Wie oft führen Sie ein Krafttraining für den Unterkörper (Beine, ...) pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F19) Wie oft führen Sie ein Stabilitäts-/Ausgleichskrafttraining im präventiven Sinn (ohne Hilfsmittel, mit Hilfsmittel wie MFT-Platte, Theraband,...) pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F20) Wie oft führen Sie einen Ausgleichssport (Langlaufen, Tennis, Wandern, Yoga,...) pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F21) Wie oft führen Sie Regenerationsmaßnahmen (Massage; Elektrostimulation; Sauna, etc.) pro Woche durch?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F21.1) Welche Regenerationsmaßnahmen führen Sie wie oft pro Woche durch?

Massage	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Elektrostimulation	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Sauna	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Wechselbäder	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Dehnen/Stretchen	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Yoga	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Meditation	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Autogenes Training	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0
Andere _____	<u>0</u> 0	<u>1</u> 0	<u>2</u> 0	<u>3</u> 0	<u>4</u> 0	<u>5</u> 0	<u>6</u> 0	<u>7</u> 0	<u>>7</u> 0

(F22) Ist das Ausmaß an Pausen zwischen den einzelnen Trainingseinheiten für Sie individuell angemessen/angepasst und auch subjektiv ausreichend?

Individuell angemessen/angepasst: Ja 0 Nein 0
 Subjektiv ausreichend: Ja 0 Nein 0

(F23) Wie oft pro Jahr besuchen Sie einen Sportmediziner ohne an einer Verletzung zu leiden (Trainingsplanung; Leistungsdiagnostik; Beratung,...)?

0 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 >7 0

(F24) Werden Sie von einem ausgebildeten Trainer für nachstehende Bereiche betreut?

Von einem Trainer für

- ☐ Schwimmen
- ☐ Radfahren
- ☐ Laufen
- ☐ alle drei Disziplinen
- ☐ Kraft- und Stabilisationstraining
- ☐ das gesamte Training (Schwimmen, Radfahren, Laufen, Krafttraining, etc.)

(F25) Wie ist ihre „Trainingseinstellung“?

- ☐ Sie trainieren stets nach vorgegebenem Trainingsplan und halten die täglichen Inhalte strikt ein.
- ☐ Sie hören auf Ihr Gefühl und ändern Trainingsplan und –Inhalte bei Bedarf ab.

(F26) Woher holen Sie sich triathlonspezifische Informationen sowie (Trainings)Tipps?

- ☐ Trainer
- ☐ Sportmediziner
- ☐ Sport-/Triathlonkollegen
- ☐ Literatur/Fachzeitschriften/Internet

Schwimmspezifisches Training

Alle Angaben zum schwimmspezifischen Training beziehen sich auf die Durchschnittswerte des letzten Trainingsjahres oder - bei untypischen Verlauf eines Trainingsjahres (lange Verletzung) sowie bei Beendigung der Triathlonkarriere – ein repräsentatives Trainingsjahr.

(F27) Auf wieviele Schwimmstunden pro Woche kommen Sie?

0 O 1-2 O 3-4 O 5-7 O 8-10 O >10 O

(F28) Auf wieviele Schwimmeinheiten pro Woche kommen Sie?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

(F29) Auf wieviele intensive Schwimmeinheiten (>85% der max. Leistung) pro Woche kommen Sie?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

(F30) Auf wieviele Schwimmkilometer pro Woche kommen Sie?

<6 O 6-10 O 11-15 O 16-20 O 21-30 O >30 O

(F31) Beanspruchen/beanspruchten Sie Schwimmtechniktraining mit einem ausgebildeten Schwimmtrainer?

regelmäßig (z.B.: 1 x pro Woche) O Blocktraining (z.B.: Schwimmkurs) O Nein O

(F32) Wie oft führen Sie spezielle Dehnungs-/Beweglichkeitsübungen für die Schulter pro Woche durch?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

(F33) Wie oft führen Sie spezielle Kräftigungs-/Ausgleichsübungen für die Schulter (Schulterblattrotatoren und -fixatoren, Rotatorenmanschette) pro Woche durch?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

(F34) Wie hoch ist der Schwimmpaddels-Anteil Ihres Schwimmtrainings?

0% O 1-10% O 11-20% O 21-30% O 31-40% O 41-50% O 51-60% O 61-70% O >70% O

(F35) Wie hoch ist der Anteil des Widerstandstrainings (Widerstandshose, Bleigurt- und Gummiseilschwimmen, Nachziehen von Widerstandskörpern, etc.) Ihres Schwimmtrainings?

0% O 1-10% O 11-20% O 21-30% O 31-40% O 41-50% O 51-60% O 61-70% O >70% O

(F36) Wie hoch ist der Pull-Boy-Anteil Ihres Schwimmtrainings?

0% O 1-10% O 11-20% O 21-30% O 31-40% O 41-50% O 51-60% O 61-70% O >70% O

(F37) Wie hoch ist der Schwimmpaddels- mit gleichzeitigem Pull-Boy-Anteil Ihres Schwimmtrainings?

0% O 1-10% O 11-20% O 21-30% O 31-40% O 41-50% O 51-60% O 61-70% O >70% O

Radspezifisches Training

Alle Angaben zum radspezifischen Training beziehen sich auf die Durchschnittswerte des letzten Trainingsjahres oder - bei untypischen Verlauf eines Trainingsjahres (lange Verletzung) sowie bei Beendigung der Triathlonkarriere – ein repräsentatives Trainingsjahr.

(F38) Auf wieviele Radstunden pro Woche kommen Sie?

<5 O 6-8 O 9-12 O 13-15 O 16-20 O 21-25 O >25 O

(F39) Auf wieviele Radeinheiten pro Woche kommen Sie?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

(F40) Auf wieviele intensive Rad-Trainingseinheiten pro Woche (>85% der max. Leistung) kommen Sie?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

(F41) Auf wieviele Radkilometer pro Woche kommen Sie?

<40 O 41-150 O 151-300 O 301-500 O 501-700 O >700 O

(F42) Ist ihr Rennrad optimal an Ihre Körperproportionen angepasst (Sitzposition, Rahmengrösse, ...)?

Ja O Nein O

(F43) Wie hoch ist der Anteil ihres Trainings pro Woche, bei dem Sie in Aero-Position (mit Tribar) trainieren?

0% O 1-10% O 11-20% O 21-30% O 31-40% O 41-50% O 51-60% O 61-70% O >70% O

(F44) Beanspruchen/beanspruchten Sie Radtechniktraining (runder Tritt, gerade Beinachse, etc.) mit einem ausgebildeten Radtrainer?

regelmäßig (z.B.: 1 x pro Woche) O Blocktraining (z.B.: Radkurs) O Nein O

(F45) Wie oft führen Sie spezielle Dehnungs-/Beweglichkeitsübungen für das Radfahren pro Woche durch?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

(F46) Wie oft führen Sie ein spezielles Stabilisations-/Ausgleichskrafttraining für das Radfahren z.B.: Beinachsentraining (ohne Hilfsmittel, mit Hilfsmittel wie MFT-Platte, Theraband, ...) pro Woche durch?

0 O 1 O 2 O 3 O 4 O 5 O 6 O 7 O >7 O

Laufspezifisches Training

Alle Angaben zum laufspezifischen Training beziehen sich auf die Durchschnittswerte des letzten Trainingsjahres oder - bei untypischen Verlauf eines Trainingsjahres (lange Verletzung) sowie bei Beendigung der Triathlonkarriere – ein repräsentatives Trainingsjahr.

- (F47) Auf wieviele Laufstunden pro Woche kommen Sie?
☐ <5 ☐ 6-8 ☐ 9-11 ☐ 12-15 ☐ >15
- (F48) Auf wieviele Laufeinheiten pro Woche kommen Sie?
☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ >7
- (F49) Auf wieviele intensive Lauf-Trainingseinheiten pro Woche (>85% der max. Leistung) kommen Sie?
☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ >7
- (F50) Auf wieviele Laufkilometer pro Woche kommen Sie?
☐ <10 ☐ 11-30 ☐ 31-50 ☐ 51-70 ☐ 71-90 ☐ >90
- (F51) Auf welchem Laufbelag trainieren Sie hauptsächlich?
☐ Asphalt ☐ weicher Untergrund ☐ Laufbahn
- (F52) Verwenden Sie einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil...)?
☐ Ja ☐ Nein
- (F53) Beanspruchen/beanspruchten Sie Lauftechniktraining mit einem ausgebildeten Lauftrainer?
☐ regelmäßig (z.B.: 1 x pro Woche) ☐ Blocktraining (z.B.: Laufkurs) ☐ Nein
- (F54) Wie oft führen Sie spezielle Dehnungs-/Beweglichkeitsübungen für das Laufen pro Woche durch?
☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ >7
- (F55) Wie oft führen Sie ein spezielles Stabilitäts-/Ausgleichskrafttraining für das Laufen z.B.: Beinachsentraining (ohne Hilfsmittel, mit Hilfsmittel wie MFT-Platte, Theraband, ...) pro Woche durch?
☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ >7
- (F56) Welche Art des Fußaufsatzes trifft auf Sie zu?
☐ Ballenlauf (nur Vorderfuß)
☐ Ganzer (voller) Fuß
☐ Ferse mit anschließendem Abrollen über den ganzen Fuß
- (F57) Wie hoch ist der Anteil an hügeligen Kilometern Ihres Lauftrainings?
☐ 0% ☐ 1-10% ☐ 11-20% ☐ 21-30% ☐ 31-40% ☐ 41-50% ☐ 51-60% ☐ 61-70% ☐ >70%

Nahrungsergänzungsmittel:

<u>p.o.</u>	= per os/ oral (schlucken)
<u>TD</u>	= Tagesdosis
<u>g/d</u>	= Gramm pro Tag
<u>mg/d</u>	= Milligramm pro Tag
<u>mcg/d</u>	= Mikrogramm pro Tag
<u>g/kg</u>	= Gramm pro Kilogramm Körpergewicht
<u>I.E./d</u>	= Internationale Einheiten pro Tag

(F58) Nehmen Sie Nahrungsergänzungsmittel (NEM) und/oder Mikronährstoffe (MN) ein?

Regelmäßig O vor Wettkämpfen O kurmäßig O nie O

(F59) Welche Mikronährstoffe nehmen Sie ein? In welcher Dosierung (p.o.)?
(Mehrfachnennungen möglich)

O BCAAs	O <4g/d	O 4-10g/d	O >10g/d
O <u>Essentielle Aminosäuren</u>	O <1,4 g/kg	O 1,4-3 g/kg	O >3 g/kg
O <u>Creatin</u>	O <2g/d	O 2-5g/d	O >5g/d
O <u>L- Glutamin</u>	O <10g/d	O 10-20g/d	O >20g/d
O <u>Taurin</u>	O <1000mg/d	O 1000-5000 mg/d	O >5000 mg/d
O <u>L-Carnitin</u>	O <1000 mg/d	O 1000-2000 mg/d	O >2000 mg/d
O <u>Calcium</u>	O <2500 mg/d	O 2500mg/d	O >2500 mg/d
O <u>Magnesium</u>	O <250 mg/d	O 250 mg/d	O >250 mg/d
O <u>Zink</u>	O <30mg/d	O 30mg/d	O >30mg/d
O <u>Selen</u>	O <850 mcg/d	O 850 mcg/d	O >850mcg/d
O <u>B- Vitamine</u>	O <25mg/d	O 25-100 mg/d	O >100 mg/d
O <u>Vitamin C</u>	O <1000 mg/d	O 1000 mg/d	O >1000 mg/d
O <u>Vitamin E</u>	O <400 I.E./d (268mg/d)	O 400-1000 I.E./d (268- 671 mg/d)	O >1000 I.E./d (671 mg/d)
O <u>Coenzym Q10</u>	O <100 mg/d	O 100-300 mg/d	O >300 mg/d
O <u>Colostrum</u>	O <1800 mg/d	O 1800 mg/d	O >1800 mg/d
O <u>Elektrolyte</u>	O <empfohlene TD	O empfohlene TD	O >empfohlene TD
O <u>Basenpulver</u>	O <empfohlene TD	O empfohlene TD	O >empfohlene TD
O <u>Andere</u>	O <empfohlene TD	O empfohlene TD	O >empfohlene TD

(F60) Aus welchen Beweggründen nehmen Sie NEM/MN ein?

- O Zur Steigerung bzw. Verbesserung der
- O Ausdauer
- O Kraft
- O Regeneration
- O Verletzungsprophylaxe
- O Krankheitsresistenz (Immunsystem)
- O Andere _____

(F61) Von wem wurde Ihnen Ihre Mikronährstofftherapie empfohlen?

- ☐ Arzt
- ☐ Apotheker
- ☐ Trainer
- ☐ Eigeninitiative
- ☐ Physiotherapeut
- ☐ Literatur
- ☐ Andere _____

(F62) Erfolgt die Einnahme unter der Betreuung eines Arztes?

Ja ☐ Nein ☐

(F63) Bemerken Sie eine Leistungssteigerung durch die Einnahme von Mikronährstoffen?

Ja ☐ Nein ☐

Verletzungen:

(F64) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen seit dem Start mit regelmäßigem triathlon-assoziierten Training (regelmäßigem Schwimmen, Radfahren, Laufen)?

<u>O Kopf</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Halswirbelsäule</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Lendenwirbelsäule</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Schulter</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Luxation des Schultergelenks</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Schlüsselbein</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Oberarm</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Unterarm</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Ellbogen(gelenk)</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Hand/Finger</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Handgelenk</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Brustkorb</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Hüfte</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Leiste</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Knie</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Oberschenkel</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Unterschenkel</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Achillessehne</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Knöchel/Sprunggelenk</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Fuß</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Zehen</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Andere _____</u>	<u>einmal</u> ☐	<u>öfter</u> ☐
<u>O Keine</u>		

Schwimmen

(F65) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche durch das Schwimmen verursacht wurden bzw. erstmals beim Schwimmen auftraten?

- ☐ Kopf
- ☐ Gesicht/Augen (Orbital- und Lidverletzungen)
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere
- ☐ Keine

(F65.1) Was war/ist die Ursache der Verletzung?

- ☐ Trauma (Sturz, Zusammenstoß, Umknöcheln, etc.) außerhalb des Beckens, Sees, etc.
- ☐ Trauma (Schlag, Tritt, Zusammenstoß, etc.) im Becken, See, etc.
- ☐ Überbelastung/Überbeanspruchung

(F65.2) Welche Struktur war/ist bei der Verletzung betroffen?

- ☐ Knochen
- ☐ Knorpel
- ☐ Schleimbeutel
- ☐ Sehnenscheide
- ☐ Muskel
- ☐ Sehne
- ☐ Band
- ☐ Gelenkkapsel
- ☐ Andere _____

(F65.3) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F65.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere
- ☐ Keine Behandlung

(F65.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

(F66) Hatten/haben Sie nachstehende Beschwerden/Krankheiten, welche durch das Schwimmen verursacht wurden bzw. erstmals beim Schwimmen auftraten?

- ☐ Chronischen Schnupfen
- ☐ Asthma
- ☐ Chlor Allergie
- ☐ Ohrenbeschwerden (z.B.: Mittelohrentzündung)
- ☐ Herpes
- ☐ Fußpilz
- ☐ Hautausschlag
- ☐ Augenentzündung
- ☐ Nebenhöhlen/Stirnhöhlen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F66.1) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

Radfahren

(F67) Hatten Sie ein Sturzgeschehen bzw. einen Zusammenstoß, bei dem Sie sich einen Knochenbruch an den nachstehenden Körperbereichen zuzogen?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F67.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?
im Training ☐ im Wettkampf ☐

(F67.2) Wie wurde die Verletzung (Knochenbruch) behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F67.3) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

- <3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

(F68) Zogen Sie sich bei einem Sturzgeschehen bzw. einem Zusammenstoß eine Prellung/Verstauchung oder Bandverletzung an den nachstehenden Körperbereichen zu?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F68.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training ☐ im Wettkampf ☐

(F68.2) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F68.3) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O
3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F69) Zogen Sie sich bei einem Sturzgeschehen/Zusammenstoß oder einer unglücklichen Bewegung eine muskuläre Verletzung an den nachstehenden Körperbereichen zu (Muskelfaserriss)?

- ☐ Schulter
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Andere
- ☐ Keine

(F69.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?
im Training O im Wettkampf O

(F69.2) Hatten Sie damals ein Rennrad, das optimal an Ihre Körperproportionen angepasst war (Sitzposition, Rahmengröße, ...)?

Ja O Nein O

(F69.3) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F69.4) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O
3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F70) Hatten/haben Sie während des Radfahrens Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule / LWS? (Abb.)

Ja O Nein O

(F70.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F70.2) Hatten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, ein Rennrad, das optimal an Ihre Körperproportionen angepasst war (Sitzposition, Rahmengröße, ...)?

Ja O Nein O

(F70.3) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- O Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...)
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- O Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- O Alternative (medizinische) Behandlung
- O Andere _____
- O Keine Behandlung

(F70.4) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O
3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F71) Hatten/haben Sie während des Radfahrens Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule/HWS? (Abb.)

Ja O Nein O

(F71.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F71.2) Hatten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, ein Rennrad, das optimal an Ihre Körperproportionen angepasst war (Sitzposition, Rahmengröße, ...)?

Ja O Nein O

(F71.3) Wie wurde die Verletzung behandelt?

O Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung

O Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung

O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...)

O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage

O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch

O Massage ohne vorherigen Arztbesuch

O Alternative (medizinische) Behandlung

O Andere _____

O Keine Behandlung

(F71.4) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O

3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F72) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche durch das Radfahren verursacht wurden bzw. erstmals beim Radfahren auftraten und in den obigen radspezifischen Fragen nicht erwähnt wurden?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F72.1) Welche Struktur war/ist bei der Verletzung betroffen?

- ☐ Knochen
- ☐ Knorpel
- ☐ Schleimbeutel
- ☐ Sehnenscheide
- ☐ Muskel
- ☐ Sehne
- ☐ Band
- ☐ Gelenkscapsel
- ☐ Andere _____

(F72.2) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training ☐ im Wettkampf ☐

(F72.3) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja ☐ Nein ☐

(F72.4) Hatten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, ein Rennrad, das optimal an Ihre Körperproportionen angepasst war (Sitzposition, Rahmengröße, ...)?

Ja ☐ Nein ☐

(F72.5) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (z.B. Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F72.6) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

(F73) Hatten/haben Sie nachstehende Beschwerden/Störungen, welche durch das Radfahren verursacht wurden bzw. erstmals beim Radfahren auftraten?

- ☐ Probleme im Genitalbereich
- ☐ Erektionsstörungen/Impotenz
- ☐ Hämorrhoiden
- ☐ Andere
- ☐ Keine

(F73.1) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

Laufen

(F74) Hatten/haben Sie Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule/LWS, welche durch das Laufen verursacht wurden bzw. erstmals beim Laufen auftraten? (Abb.)

Ja O Nein O

(F74.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F74.2) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja O Nein O

(F74.3) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja O Nein O

(F74.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- O Ärztlich – Cortisoninfiltration mit anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Ärztlich – Cortisoninfiltration ohne anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Einlagenversorgung mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Einlagenversorgung ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Operativ (zB Umstellungsoperation; Bandscheibenoperation) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Operativ (zB Umstellungsoperation; Bandscheibenoperation) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...)
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- O Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- O Alternative (medizinische) Behandlung
- O Andere _____
- O Keine Behandlung

(F74.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O
3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F75) Hatten/haben Sie Schmerzen hinter der Kniescheibe (zwischen Kniescheibe und Oberschenkelknochen, Runner's knee), welche durch das Laufen verursacht wurden bzw. erstmals beim Laufen auftraten? (Abb.)

Ja O Nein O

(F75.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F75.2) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja O Nein O

(F75.3) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja O Nein O

(F75.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- O Ärztlich – operativ (zB Arthroskopie , Umstellungsoperation....) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Ärztlich – operativ (zB Arthroskopie , Umstellungsoperation....) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Ärztlich – Cortisoninfiltration mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Ärztlich – Cortisoninfiltration ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente,...)
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- O Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- O Alternative (medizinische) Behandlung
- O Andere _____
- O Keine Behandlung

(F75.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O
3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F76) Hatten/haben Sie belastungsabhängige Schmerzen am äußeren Knierand (speziell beim Bergauflaufen; Treppensteigen - IlioTibialesBandSyndrom), welche durch das Laufen verursacht wurden bzw. erstmals beim Laufen auftraten? (Abb.; Abb.)

Ja O Nein O

(F76.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F76.2) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja O Nein O

(F76.3) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja O Nein O

(F76.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- O Ärztlich – operativ (zB Arthroskopie , Umstellungsoperation....) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Ärztlich – operativ (zB Arthroskopie , Umstellungsoperation....) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Ärztlich – Cortisoninfiltration mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Ärztlich – Cortisoninfiltration ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente,...)
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- O Konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- O Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- O Alternative (medizinische) Behandlung
- O Andere _____
- O Keine Behandlung

(F76.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O
3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F77) Hatten/haben Sie Schmerzen im Bereich der Achillessehne oder im Fersenbereich (Achillodynie; retrocalcaneare Bursitis), welche durch das Laufen verursacht wurden bzw. erstmals beim Laufen auftraten? (Abb.)

Ja O Nein O

(F77.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F77.2) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja O Nein O

(F77.3) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja O Nein O

(F77.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

O Ärztlich – Cortisoninfiltration mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Ärztlich – Cortisoninfiltration ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung

O Einlagenversorgung (Fersenkeil) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Einlagenversorgung (Fersenkeil) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung

O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente, Gips, ...)

O Konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Konservative Ärztliche Behandlung (Orthese, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage

O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch

O Massage ohne vorherigen Arztbesuch

O Alternative (medizinische) Behandlung

O Andere _____

O Keine Behandlung

(F77.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O

3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F78) Hatten/haben Sie scharf stechende Schmerzen im Bereich vor der Ferse an der Fußsohle (Fasciitis plantaris), welche durch das Laufen verursacht wurden bzw. erstmals beim Laufen auftraten? (Abb.)

Ja O Nein O

(F78.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F78.2) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja O Nein O

(F78.3) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja O Nein O

(F78.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

O Ärztlich – Cortisoninfiltration mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Ärztlich – Cortisoninfiltration ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung

O Einlagenversorgung (Fersenkeil) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Einlagenversorgung (Fersenkeil) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung

O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente,...)

O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage

O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch

O Massage ohne vorherigen Arztbesuch

O Alternative (medizinische) Behandlung

O Andere _____

O Keine Behandlung

(F78.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O

3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F79) Hatten/haben Sie Schmerzen im Bereich der Innenseite des Schienbeins (typischerweise morgens, Schmerzbesserung unter Belastung - Shin splints), welche durch das Laufen verursacht wurden bzw. erstmals beim Laufen auftraten? (Abb.; Abb.)

Ja O Nein O

(F79.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training O im Wettkampf O

(F79.2) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja O Nein O

(F79.3) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja O Nein O

(F79.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

O Ärztlich – Cortisoninfiltration mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Ärztlich – Cortisoninfiltration ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung

O Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente,...)

O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung

O Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage

O Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch

O Massage ohne vorherigen Arztbesuch

O Alternative (medizinische) Behandlung

O Andere _____

O Keine Behandlung

(F79.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O

3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

(F80) Hatten/haben Sie Schmerzen an nachstehenden Körperbereichen, an denen eine Ermüdungsfraktur/Marschfraktur aufgrund des Laufens diagnostiziert wurde?

- ☐ Hüfte
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Schambein
- ☐ Wadenbein
- ☐ Schienbein
- ☐ Fersenbein
- ☐ Mittelfußknochen
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F80.1) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training ☐ im Wettkampf ☐

(F80.2) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja ☐ Nein ☐

(F80.3) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja ☐ Nein ☐

(F80.4) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F80.5) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

<3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

(F81) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche durch das Laufen verursacht wurden bzw. erstmals beim Laufen auftraten und in den obigen laufspezifischen Fragen nicht erwähnt wurden?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F81.1) Welche Struktur war/ist bei der Verletzung betroffen?

- ☐ Knochen
- ☐ Knorpel
- ☐ Schleimbeutel
- ☐ Sehnenscheide
- ☐ Muskel
- ☐ Sehne
- ☐ Band
- ☐ Gelenkscapsel
- ☐ Andere _____

(F81.2) Wann bemerkten Sie die Verletzung bzw. wann trat die Verletzung das erste Mal auf?

im Training ☐ im Wettkampf ☐

(F81.3) Stand/steht diese Verletzung mit einem Trauma (Sturz/Zusammenstoß/Umkippen) im Zusammenhang?

Ja ☐ Nein ☐

(F81.4) Verwendeten Sie damals, als die Schmerzen auftraten, einen speziell an den Fuß angepassten Laufschuh (z.B.: Einlagen; Fersenkeil....)?

Ja ☐ Nein ☐

(F81.5) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Ärztlich-operativ (z.B. Arthroskopie, Umstellungsoperation, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Ärztlich-operativ (z.B. Arthroskopie, Umstellungsoperation, ...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F81.6) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

- <3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

Krafttraining

(F82) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche durch das Krafttraining im Zuge des Triathlontrainings verursacht wurden bzw. erstmals beim Krafttraining auftraten?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F82.1) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

- <3 Tage O 4-7 Tage O 8-14 Tage O 2-4 Wochen O 1-2 Monate O
3-4 Monate O 4-6 Monate O >6 Monate O

Cross-Training

(F83) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche durch Cross-Training (Langlaufen, Skitourengehen, Inlineskaten, Surfen, Skiroller, ...) im Zuge des Triathlontrainings verursacht wurden bzw. erstmals beim Krafttraining auftraten?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F83.1) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

- <3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

Wettkampfsituationen

(F84) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche während des Schwimmausstieges verursacht wurden bzw. erstmals während des Schwimmausstieges auftraten?

- ☐ Kopf
- ☐ Gesicht/Augen (Orbital- und Lidverletzungen)
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F84.1) Welche Struktur war/ist bei der Verletzung betroffen?

- ☐ Knochen
- ☐ Knorpel
- ☐ Schleimbeutel
- ☐ Sehnenscheide
- ☐ Muskel
- ☐ Sehne
- ☐ Band
- ☐ Gelenkscapsel
- ☐ Andere _____

(F84.2) Wie wurde die Verletzung verursacht?

- ☐ Ohne Fremdeinwirkung (z.B.: Umknöcheln aufgrund Übermüdung)
- ☐ Durch Fremdeinwirkung (z.B.: Zusammenstoß mit einem anderen Teilnehmer)

(F84.3) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F84.4) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

- <3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

(F85) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche in der Phase direkt nach dem Schwimmausstieg und Beginn des Radfahrens (Wechselphase/-zone 1) verursacht wurden bzw. erstmals auftraten?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F85.1) Welche Struktur war/ist bei der Verletzung betroffen?

- ☐ Knochen
- ☐ Knorpel
- ☐ Schleimbeutel
- ☐ Sehnenscheide
- ☐ Muskel
- ☐ Sehne
- ☐ Band
- ☐ Gelenkscapsel
- ☐ Andere _____

(F85.2) Wie wurde die Verletzung verursacht?

- ☐ Ohne Fremdeinwirkung (z.B.: Umknöcheln aufgrund Übermüdung)
- ☐ Durch Fremdeinwirkung (z.B.: Zusammenstoß mit einem anderen Teilnehmer)

(F85.3) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F85.4) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ☐ <u><3 Tage</u> | ☐ <u>4-7 Tage</u> | ☐ <u>8-14 Tage</u> | ☐ <u>2-4 Wochen</u> | ☐ <u>1-2 Monate</u> |
| ☐ <u>3-4 Monate</u> | ☐ <u>4-6 Monate</u> | ☐ <u>>6 Monate</u> | | |

(F86) Hatten/haben Sie an nachstehenden Körperbereichen Verletzungen, welche in der Phase des Radabstieges und Beginn der Laufdistanz (Wechselphase/-zone 2) verursacht wurden bzw. erstmals auftraten?

- ☐ Kopf
- ☐ Halswirbelsäule
- ☐ Lendenwirbelsäule
- ☐ Schulter
- ☐ Luxation des Schultergelenks
- ☐ Schlüsselbein
- ☐ Oberarm
- ☐ Unterarm
- ☐ Ellbogen(gelenk)
- ☐ Hand/Finger
- ☐ Handgelenk
- ☐ Brustkorb
- ☐ Hüfte
- ☐ Leiste
- ☐ Knie
- ☐ Oberschenkel
- ☐ Unterschenkel
- ☐ Achillessehne
- ☐ Knöchel/Sprunggelenk
- ☐ Fuß
- ☐ Zehen
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine

(F86.1) Welche Struktur war/ist bei der Verletzung betroffen?

- ☐ Knochen
- ☐ Knorpel
- ☐ Schleimbeutel
- ☐ Sehnenscheide
- ☐ Muskel
- ☐ Sehne
- ☐ Band
- ☐ Gelenkkapsel
- ☐ Andere _____

(F86.2) Wie wurde die Verletzung verursacht?

- ☐ Ohne Fremdeinwirkung (z.B.: Umknöcheln aufgrund Übermüdung)
- ☐ Durch Fremdeinwirkung (z.B.: Zusammenstoß mit einem anderen Teilnehmer)

(F86.3) Wie wurde die Verletzung behandelt?

- ☐ Operativer Eingriff (Arthroskopie...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Operativer Eingriff (Arthroskopie...) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Infiltration (Cortison) ohne anschließende physiotherapeutische Behandlung
- ☐ Ausschließliche konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...)
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung
- ☐ Konservative Ärztliche Behandlung (Verband, Medikamente, Gips, ...) mit anschließender Behandlung durch Massage
- ☐ Physiotherapie ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Massage ohne vorherigen Arztbesuch
- ☐ Alternative (medizinische) Behandlung
- ☐ Andere _____
- ☐ Keine Behandlung

(F86.4) Wie lange war/ist voraussichtlich die zeitliche Dauer bis zur Wiederaufnahme des normalen Trainingsbetriebes?

- <3 Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ 2-4 Wochen ☐ 1-2 Monate ☐
3-4 Monate ☐ 4-6 Monate ☐ >6 Monate ☐

(F87) Welche nachstehenden Faktoren zwangen Sie jemals zur Aufgabe eines Ironmanbewerbs?

- | | |
|---|-----------------------------|
| ☐ <u>Dehydration</u> | drop down-Button mit Anzahl |
| ☐ <u>Übelkeit/Magenbeschwerden/Magenkrämpfe</u> | drop down-Button mit Anzahl |
| ☐ <u>Durchfall</u> | drop down-Button mit Anzahl |
| ☐ <u>Muskelkrämpfe</u> | drop down-Button mit Anzahl |
| ☐ <u>Verletzung</u> | drop down-Button mit Anzahl |
| ☐ <u>Andere</u> | drop down-Button mit Anzahl |