

**Bachelorarbeit**

# **Prävention von Hamstrings- Verletzungen in Sprint- Sportarten – eine auf Evidenz basierte Darstellung**

**Erkennung und Präventivbehandlung mittels Krafttraining  
bei Athleten mit erhöhtem Verletzungsrisiko aufgrund von  
Hamstrings-Beschwerden oder Muskeldysbalancen  
zwischen Hamstrings und Quadriceps**

---

**Graf Ceverine, Feldstrasse 9, 8488 Turbenthal (S07-165-442)**

**Oehen Tamara, Eisweiherstrasse 95, 8400 Winterthur (S07-164-965)**

<b>Departement:</b>	<b>Gesundheit</b>
<b>Institut:</b>	<b>Institut für Physiotherapie</b>
<b>Studienjahr:</b>	<b>2007</b>
<b>Eingereicht am:</b>	<b>21. Mai 2010</b>
<b>Betreuende Lehrperson:</b>	<b>Arjen van Duijn</b>



## **Abstract**

Hintergrund: Muskelverletzungen gehören zu den häufigsten Verletzungen im Sport. Sie zwingen Sportler oft zu mehreren Wochen Trainingspause oder bei Komplikationen wie rezidiver Verletzungen sogar zur Aufgabe des Sportes. Viele Faktoren werden als mögliche Risikofaktoren betrachtet, jedoch sind wenige evidenz-basiert.

Zweck: Ziele dieser Arbeit sind es einerseits herauszufinden, ob Sportler mit einem erhöhten Verletzungsrisiko anhand des „Injury Screening“-Fragebogens und isokinetischen Messungen aufgedeckt werden können und andererseits mögliche präventive Kraftinterventionen von Muskelverletzungen aufzuzeigen und zu vergleichen.

Methode: In mehreren medizinischen Datenbanken wurden Studien über Risikofaktoren, speziell über die Kraftdysbalance zwischen der Hamstrings- und Quadriceps-Muskulatur, sowie über die Prävention von Hamstrings-Verletzungen mittels Krafttraining gesucht, miteinander verglichen und qualitativ beurteilt.

Resultate: Mit dem „Injury Screening“-Fragebogen ist es gelungen Sprint-Sportler mit einem erhöhten Verletzungsrisiko aufzudecken. Des Weiteren konnte anhand von isokinetischen Messungen erwiesen werden, dass eine Muskeldysbalance zwischen den Hamstrings und dem M. quadriceps femoris in der Vorsaison ein grosser Risikofaktor für Hamstrings-Verletzungen darstellt. Mittels der Hamstrings Curls Übung auf dem „YoYo Schwungradergometer“ (Betonung auf exzentrische Überbelastung) konnte die isokinetische Muskelkraft der Hamstrings gesteigert und die Verletzungszahl limitiert werden. Auch die exzentrische Kräftigungsübung Nordic Hamstrings erzielte gute Resultate, sie resultierte in einer signifikanten Steigerung des Hamstring/Quadriceps Kraftverhältnisses.

Schlussfolgerung: Für eine erfolgreiche Prävention von Muskelverletzungen der Hamstrings ist es nötig Sportler mit erhöhtem Verletzungsrisiko zu erkennen und anschliessend spezifisch zu behandeln. Studien haben gezeigt, dass exzentrisches Krafttraining eine Möglichkeit ist, das Hamstrings/Quadriceps Kraftverhältnis zu verbessern und Muskelverletzungen zu reduzieren. Welches die effektivste Methode ist, ist unklar. Des Weiteren wird diskutiert, ob es überhaupt möglich ist, den Fokus alleine auf den Risikofaktor Kraftdysbalance zu legen.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Eingrenzung des Themas .....	1
1.2	Zielsetzung und Fragestellung .....	2
1.3	Aufbau der Arbeit .....	2
<b>2</b>	<b>Muskelverletzungen der Hamstrings</b> .....	<b>5</b>
2.1	Verletzungsmechanismen .....	6
2.1.1	Stretching-Typ .....	6
2.1.2	Sprint-Typ .....	6
2.1.3	Fallbericht zum Sprint- und Stretching-Typ .....	7
2.1.4	Verletzungsanfälligkeit und Folgen von repetitiven Bewegungen .....	8
2.2	Klinisches Bild .....	11
2.2.1	Muskelverletzungen und deren Einteilung nach Schweregrad .....	11
2.2.2	Klinischer Untersuch und Merkmale .....	12
2.2.3	Hämatombildung .....	14
2.3	Regeneration .....	15
2.3.1	Therapeutische Ziele und Interventionen .....	16
2.3.2	Wiederverletzungsgefahr .....	17
2.4	Potentielle Risikofaktoren für Hamstrings-Verletzungen .....	18
2.4.1	Nicht veränderbare Risikofaktoren .....	18
2.4.2	Veränderbare Risikofaktoren .....	19
2.5	Prävention von Hamstrings-Verletzungen mittels Krafttraining .....	21
2.5.1	Exzentrisches vs. konzentrisches Krafttraining .....	22
2.5.2	„YoYo Schwungradergometer“ .....	22
2.5.3	Isokinetische Kraftmessungen .....	25
<b>3</b>	<b>Hauptstudien</b> .....	<b>27</b>
3.1	Methodik .....	27
3.2	Studien zur Identifikation von Sportlern mit erhöhtem Verletzungsrisiko .....	28
3.2.1	Studie 1: Aufdeckung mittels des „Injury Screening“-Fragebogens .....	28
3.2.2	Studien 2 und 3: Aufdeckung mittels isokinetischen Kraftmessungen .....	29
3.3	Studien zu präventiven Kraftinterventionen .....	31
3.3.1	Studie 4: Nordic Hamstrings vs. Dehnungsübungen .....	31

3.3.2	Studie 5: Nordic Hamstrings (exzent.) vs. Hamstrings Curls (konz.) ....	31
3.3.3	Studie 6: Hamstrings Curls mit Betonung auf exzentrische Überbelastung (YoYo-Schwungradergometer).....	32
3.3.4	Beobachtete Effekte der Kraftinterventionen .....	33
3.3.5	Beschreibung der angewendeten Hamstrings-Kraftübungen .....	33
3.4	Qualitative Studienbeurteilung.....	36
3.4.1	PEDro-Skala.....	37
3.4.2	Formular von Law et al. (1998).....	37
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>39</b>
4.1	Qualität der Studien.....	39
4.1.1	Probandenzahl .....	39
4.1.2	Ko-Intervention und Kontaminierung .....	39
4.1.3	Verblindung .....	40
4.1.4	frühere Verletzungen .....	40
4.1.5	Diagnose und Grad der Verletzung .....	41
4.1.6	Fazit.....	41
4.2	Identifikationsmöglichkeiten eines erhöhten Verletzungsrisikos .....	41
4.2.1	„Injury Screening“-Fragebogen.....	41
4.2.2	Isokinetische Kraftmessungen.....	42
4.2.3	Fazit.....	43
4.3	Vergleich der Kraftinterventionen .....	44
4.3.1	Einfluss der Intensität auf die Compliance.....	44
4.3.2	Verbesserung der Compliance .....	45
4.3.3	Nicht dem Verletzungsmechanismus entsprechende Ausgangsstellungen .....	45
4.3.4	weiterführende Gedanken und Ideen .....	46
4.3.5	Fazit.....	47
4.4	Multifaktorieller Ursprung von Muskelverletzungen .....	48
4.4.1	Fazit.....	48
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>49</b>
5.1	Kernaussage .....	49
5.2	Physiotherapeutische Relevanz .....	49
5.3	offene Fragen – Forschungslücke .....	50

<b>6 Danksagung</b> .....	<b>51</b>
<b>7 Verzeichnisse</b> .....	<b>53</b>
7.1 Literaturverzeichnis .....	53
7.1.1 Bücher .....	53
7.1.2 Zeitschriften.....	53
7.1.3 Elektronische Publikationen .....	55
7.1.4 Diverses .....	56
7.2 Abbildungsverzeichnis .....	56
7.3 Tabellenverzeichnis.....	57
7.4 Abkürzungsverzeichnis.....	58
<b>8 Eigenständigkeitserklärung</b> .....	<b>59</b>
<b>9 Anhang</b> .....	<b>61</b>
9.1 Überblick der sechs Hauptstudien .....	61
9.2 Beurteilungen der sechs Hauptstudien.....	61
9.3 „Hamstring Injury Screening“-Fragebogen.....	61





## 1 Einleitung

Muskelverletzungen sind in Sportarten mit vielen explosiven und exzentrischen Kontraktionen, wie bei Sprung- und Sprint-Disziplinen, sehr zahlreich (Van den Berg, 2007) und gehören mit einem Anteil von 10 - 55% zu den häufigsten Traumata im Sport (Järvinen et al., 2007). Dabei spielen Verletzungen der Hamstrings eine bedeutende Rolle, da sie besonders häufig auftreten (Petersen & Hölmich, 2005). So stellen sie im Fussball (12%) und in der australischen Art des Fussballs (15%) das meist auftretende Trauma dar (Clark, 2008) und weisen eine Wiederverletzungsrate von 12 - 31% auf (Petersen & Hölmich, 2005). Hamstrings-Verletzungen stellen gar das dritthäufigste orthopädische Problem nach Knie- und Sprunggelenksverletzungen dar (Sherry & Best, 2004).

Diese hohe Verletzungsrate sowie das grosse Risiko einer Wiederverletzung unterstreichen die Wichtigkeit eines Präventionsprogrammes, welches gezielt auf die Reduktion von Muskelverletzungen gerichtet ist (Clark, 2008). Dadurch könnte das Risiko vermindert werden, dass Sportler in den Teufelskreis von wiederholten Verletzungen am gleichen Körperteil geraten (Engebretsen, Myklebust, Holme, Engebretsen & Bahr, 2008), welche die sportliche Leistungsfähigkeit sehr einschränken und sogar ein Ende der Karriere bedeuten können (Engelhart, 2006).

Diese Hintergründe haben die Autoren dazu bewegt, die Möglichkeit der Erkennung von Sportlern mit einem erhöhten Hamstrings-Verletzungsrisiko einerseits sowie die Prävention von Hamstrings-Muskelverletzungen andererseits genauer zu untersuchen. Dieses Thema ist sehr weitläufig und muss deshalb weiter eingeschränkt werden.

### 1.1 Eingrenzung des Themas

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Prävention von Erst- und Wiederverletzung der Hamstrings-Muskulatur. Dabei werden nur Verletzungen des ersten bis dritten Grades nach Ryan (Muskelzerrung bis Muskelfaserriss) ohne eine vollständige Muskelruptur in Betracht gezogen.

Als Probanden dienen Athleten von Sprint-Sportarten wie Fussball, der australischen Art des Fussballs und Leichtathletik, wobei männliche, erwachsene Sportler von guter körperlicher Fitness bis Spitzensportler bevorzugt werden.

Prävention kann an verschiedenen Punkten ansetzen. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf dem Faktor Kraft, das heisst ob und wie durch gezieltes Krafttraining das Verletzungsrisiko vermindert werden kann. Dies soll anhand von Studien herausgefunden werden, die untersuchen, ob Sportler mit einem erhöhten Verletzungsrisiko in der Vorsaison identifiziert werden können und ob durch präventive Kraftinterventionen die Verletzungshäufigkeit während der Saison reduziert werden kann.

## 1.2 Zielsetzung und Fragestellung

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es mittels evidenz-basierten Forschungen aufzuzeigen, ob eine Muskeldysbalance der unteren Extremitäten und Hamstrings-Beschwerden bei Athleten von Sprint-Sportarten in der Vorsaison Anzeichen für auftretende Hamstrings-Verletzungen sind. Ein zweites Ziel ist das Aufzeigen von präventivem Hamstrings-Krafttraining und dessen Einfluss auf die Hamstrings-Muskelkraft und Verletzungshäufigkeit.

Daraus ergibt sich folgende Fragestellung:

*„Können Athleten aus Sprint-Sportarten mit erhöhtem Hamstrings-Verletzungsrisiko anhand des „Injury Screening“-Fragebogens oder isokinetischen Kraftmessungen in der Vorsaison ermittelt und die Hamstrings-Verletzungshäufigkeit durch präventive Kraftinterventionen reduziert werden?“*

## 1.3 Aufbau der Arbeit

Um sich ein Bild über Muskelverletzungen, ihre Entstehungsmechanismen und potentielle Risikofaktoren machen zu können, wird das Thema als Einstieg im Theorie-Teil genauer erläutert. Weiter stellt ein Input über Prävention mittels Krafttraining einen wichtigen Teil als Grundlage für den Hauptteil dar. In diesem werden die sechs Hauptstudien (Askling, 2003; Croisier, 2008; Engebretsen, 2008; Gabbe, 2006; Mjølsnes, 2004 & Yeung, 2009) zum Thema „Athleten mit erhöhtem Hamstrings-Verletzungsrisiko erkennen und präventive Kraftinterventionen zur Vermeidung von Muskelverletzungen in den Hamstrings (Muskelzerrung und Muskelfaserriss)“ zusammengefasst, Resultate aufgeführt und qualitativ beurteilt. Abschliessend werden in der Diskussion einige Punkte über die Studienqualitäten hervorgehoben, die

Massnahmen anhand ihrer Vor- und Nachteile diskutiert und weiterführende Ideen beleuchtet. Zudem werden Schlussfolgerungen über die Spieleraufdeckung mit erhöhtem Verletzungsrisiko und präventive Interventionen mittels Krafttraining von Muskelverletzungen in den Hamstrings gezogen sowie die bestehenden Forschungslücken und die physiotherapeutische Relevanz aufgezeigt.

In der folgenden Arbeit wird aus Übersichts- und Platzgründen auf die weibliche Form verzichtet. Falls nicht anders erwähnt, ist mit der männlichen Schreibweise ebenso die weibliche Form gemeint.



## 2 Muskelverletzungen der Hamstrings

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen von Hamstrings-Verletzungen dargestellt, damit in den folgenden Kapiteln die Präventionsmassnahmen und Identifikationsmöglichkeiten genauer ermittelt und geprüft werden können.

Zuerst wird auf deren zwei unterschiedliche Entstehungsmöglichkeiten und ihre Verletzungsanfälligkeit eingegangen. Weiter werden die Grade einer Muskelverletzung sowie das klinische Bild der Hamstrings dargestellt. Die Schwere einer Muskeldestruktion definiert die Symptome, die Ausprägung der Funktionsstörung und den Verlauf der Wundheilung (Van den Berg, 2007). Zur Veranschaulichung werden kurz die therapeutischen Ziele und Interventionen der Rehabilitation und die Gefahr einer Wiederverletzung hervorgehoben. Weiter stellt ein Überblick über potentielle Risikofaktoren für eine Muskelverletzung der Hamstrings einen wichtigen Punkt dar. Abgerundet wird dieses Kapitel mit Grundlagen zu präventiven Kraftinterventionen und isokinetischen Kraftmessungen.

Tabelle 1 veranschaulicht die Häufigkeit der medizinischen Probleme mit den Hamstrings-Muskeln.

**Tabelle 1 - Fakten bzgl. Muskelverletzungen**

<b>Sportart</b>	<b>%-Anteil der Muskelverletzungen aller auftretenden Verletzungen</b>	<b>Quellenangabe</b>
Australische Art des Fussballs	16 - 23%	Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen und Bahr (2006)
Sprinter	29%	Arnason et al. (2006)
Fussball	12 – 16%	Arnason et al. (2006)
Basketball	6%	Brooks, Fuller, Kemp und Reddin (2006)
Cricket	11%	Brooks et al. (2006)
Rugby	6 – 15%	Brooks et al. (2006)
<b>Allgemeine Fakten</b>	<b>Häufigkeit in %</b>	<b>Quellenangabe</b>
Wiederverletzungsrate	12 – 31%	Petersen und Hölmich (2005)
Während den letzten 15 Minuten der Halbzeit	47%	Greig und Siegler (2009)
Sprint-Typ	57%	Askling, Tengvar, Saartok und Thorstensson (2007)
Dehnungs-Typ	17%	Askling et al. (2007)

## **2.1 Verletzungsmechanismen**

Muskelverletzungen sind sehr unterschiedlichen Ursprungs. Einerseits können sie durch Fremdeinwirkung, Kontusionen und Muskelprellungen entstehen (direkte Muskelverletzungen) und andererseits können hohe Zug- und Dehnungskräfte Muskelzerrungen oder sogar Muskelfaserrisse zur Folge haben (indirekte Muskelverletzungen) (Van den Berg, 2007). Bei den indirekten Muskelverletzungen kann nochmals nach der Art der Muskelbeanspruchung unterschieden werden, d.h., ob die Verletzung beim Dehnen oder unter Belastung zugezogen wird (Askling et al., 2007).

Der Verletzungsmechanismus ist von hoher Bedeutung, sodass eine präventive Intervention an diesem angelehnt werden muss, um das Verletzungsrisiko auf ein Minimum reduzieren zu können (Schache, Wrigley, Baker & Pandy, 2009).

Die Hamstrings-Verletzungen sind grösstenteils indirekte Muskelverletzungen (Clark, 2008), wobei sie in 57% der Fälle beim Laufen auftreten und in 17% durch langsames Stretching verursacht werden (Askling et al., 2007).

In den nachfolgenden Abschnitten wird kurz der Stretching-Typ vorgestellt und dann genauer auf den Sprint-Typ eingegangen. Weiter folgt ein Fallbericht eines Sprinters und einer Tänzerin, welcher diese beiden Typen veranschaulicht. Abschliessend wird auf die Verletzungsanfälligkeit der Hamstrings-Muskeln und auf mögliche Veränderungen von exzentrischen Bewegungen eingegangen.

### **2.1.1 Stretching-Typ**

Beim Stretching-Typ werden Hamstrings Muskelverletzungen oftmals durch eine kombinierte Dehnung mit extendiertem Knie und flektierter Hüfte verursacht. Die Schmerzen treten eher langsam auf und gehen mit einem akuten Funktionsverlust einher (Askling et al., 2007). Die Verletzung ist meistens in der proximalen, freien Sehne des M. semimembranosus lokalisiert (Heiderscheit et al., 2010).

### **2.1.2 Sprint-Typ**

Schache et al. (2009) erwähnen in ihrer Studie, dass die Meinungen bezüglich des genauen Verletzungszeitpunktes des Sprint-Typs bis zum heutigen Zeitpunkt auseinandergehen. Einige Forscher sind der Ansicht, dass die Verletzung während der terminalen Schwungphase zugezogen wird, während andere den initialen Bodenkon-

takt als kritischen Punkt betrachten. Diese Hypothesen beruhen entweder auf theoretischen Grundlagen oder auf Analysen asymptomatischer Testpersonen. Jedoch kommt aus der Studie hervor, dass die Hamstrings-Verletzung des Sprint-Typs eher in der Schwung-, als in der Standphase zugezogen wird (Schache et al., 2009).

Gemäss Yu et al. (2008) ist der Moment, bei welchem der Sportler mit dem Abbremsen des Sprints beginnt, massgebend für den Verletzungszeitpunkt.

In der weiteren Arbeit wird nur auf Hamstrings-Verletzungen des Sprint-Typs eingegangen, welche vorwiegend im Caput longum des M. biceps femoris auftreten (Askling et al., 2007).

### **2.1.3 Fallbericht zum Sprint- und Stretching-Typ**

Die folgenden zwei unabhängigen Fälle aus dem Fallbericht von Askling, Tengvar, Saartok und Thorstensson (2000) verdeutlichen wie unterschiedlich die beiden Verletzungsmechanismen (sowie deren Regeneration) sein können. Beim Sprinter wird die Hamstrings-Verletzung durch eine schnelle aktive Bewegung verursacht, während dies bei der Tänzerin durch eine langsame passive Bewegung geschieht.

Die Autoren betonen, dass die Rehabilitationszeit oftmals deutlich unterschätzt wird (Askling et al., 2000).

Es ist zu beachten, dass für diesen Bericht nur zwei Personen mit einbezogen wurden und man die Ergebnisse somit nicht ohne weitere Untersuchung verallgemeinern kann.

#### **Fallbericht zum Sprint-Typ**

Ein 20-jähriger professioneller Sprinter erleidet während einem Rennen einen scharfen Schmerz in seinem rechten dorsalen Oberschenkel. Er beendet den Lauf dennoch, kann dies aber nicht mehr mit maximaler Geschwindigkeit tun. Der Sprinter hatte vorher noch keinerlei Verletzungen im Oberschenkel. Der Oberschenkel des Betroffenen fühlt sich während dem Gehen steif und etwas schmerzhaft an, bei Extension des Beines nimmt der Schmerz zu. Bei der Befunderhebung zeigt sich in der Palpation kein spürbarer Defekt, ein MRI jedoch weist einen partiellen Riss im M. semitendinosus und ein subkutanes Ödem auf.

Die geplante Rehabilitationsphase von drei Wochen reicht nicht aus und der Sprinter muss seine Saison vorzeitig beenden. Erst nach 18 Wochen ist er wieder auf seinem ursprünglichen Leistungsniveau (Askling et al., 2000).

### **Fallbericht zum Stretching-Typ**

Eine 22-jährige professionelle Tänzerin spürt plötzlich einen starken Schmerz in ihrem rechten hinteren Oberschenkel, während sie zu Hause eine langsame Dehnung ausführt. 17 Stunden nach der Verletzung wird eine ausführliche Befunderhebung gemacht. Die Tänzerin spürt während dem normalen Gehen Steifigkeit und Schmerz in der verletzten Region, denkt jedoch, dass es sich lediglich um eine kleine Verletzung handelt. Extension des betroffenen Beines führt zu einem brennenden Schmerz. Bei der Palpation sind keine Defekte spürbar, das MRI jedoch zeigt eine Teilruptur der proximalen Sehne des M. semimembranosus, sowie ein kleines Ödem. Die Tänzerin führt ein Standard Rehabilitationsprogramm aus. Nach zwölf Wochen ist es für sie wieder möglich am Tanzunterricht teilzunehmen. Die vollständige Leistungsfähigkeit ist aber nach einem Jahr noch immer nicht erreicht (Askling et al., 2000).

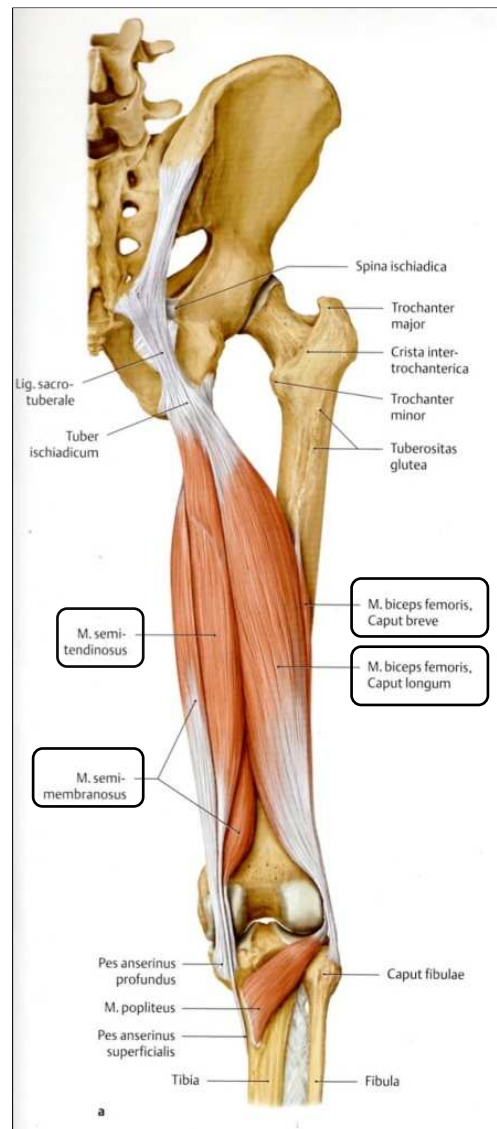
#### **2.1.4 Verletzungsanfälligkeit und Folgen von repetitiven Bewegungen**

Dieser Abschnitt erklärt die Verletzungsanfälligkeit der Hamstrings und mögliche Veränderungen als Folge von repetitiven Bewegungen.

#### **Arbeitsweise und Verletzungsanfälligkeit der Hamstrings**

Die Hamstrings-Muskulatur (in Abbildung 1 ersichtlich) ist aufgrund ihrer anatomischen Gliederung sehr anfällig auf Verletzungen. Die zweigelenkige Muskelgruppe wird grossen Längenänderungen unterzogen. Während den täglichen Bewegungen wie gehen, kauern und sitzen findet eine gleichzeitige Flexion in der Hüfte und im Knie mit gegenseitigem Effekt auf die Hamstrings-Länge statt. Insbesondere während dem Laufen und Kicken extendiert das Knie und flektiert die Hüfte, was eine verlängerte, stark gespannte Position der Hamstrings-Muskeln und somit ein signifikant höheres Risiko auf einen Muskelriss zur Folge hat (Brockett, Morgan & Proske, 2001).





**Abbildung 1 - Hamstrings-Muskulatur**

(M. semitendinosus, M. semimembranosus, M. biceps femoris Caput breve & longum)  
(Schünke, Schulte & Schumacher, 2005)

Genauer betrachtet, arbeiten die Hamstrings in der terminalen Schwungphase als konzentrische Hüftextensoren, um den Oberschenkel rasch nach hinten zu schwingen, und zugleich als Knieflexoren, um das Vorwärtsschwingen des Unterschenkels exzentrisch abzubremsen. In der initialen Bodenkontaktphase arbeiten sie als konzentrische Knieflexoren, um den Geschwindigkeitsverlust zu minimieren und zusätzlich als konzentrische Hüftextensoren, um den Körperschwerpunkt reibungslos vorwärts zu schieben (Sugiura, Saito, Sakuraba, Sakuma & Suzuki, 2008). Zudem findet eine isometrische Anspannung statt, um die Stabilität des Kniegelenks zu gewährleisten (Clark, 2008). Wenn diese Bewegung oft ausgeführt wird, wie dies in jeder

Sportart mit wiederholtem, explosivem Sprinten der Fall ist, kann es zu multiplen mikroskopischen Schäden in der Hamstrings-Muskulatur kommen. Da der Athlet ermüdet, worunter die Technik leidet, müssen die Hamstrings eine grössere Rolle als stabilisierende Muskeln übernehmen. Demzufolge wird der Belastungsgrad drastisch gesteigert und die Muskulatur somit anfälliger für Verletzungen (Clark, 2008).

Laut Clark (2008) ist von der Hamstrings-Muskelgruppe der M. biceps femoris mit 53% am häufigsten betroffen. Es wird angenommen, dass die Anatomie des Muskels die Ursache für die hohe Verletzungsinzidenz ist. Der M. biceps femoris besteht aus zwei Anteilen, welche beide separat innerviert werden. Diese Innervation kann eine schlecht terminierte Kontraktion, eine reduzierte Kraftproduktion sowie Instabilität während einer exzentrischen Kontraktion zur Folge haben (Clark, 2008).

Generell ist zu bemerken, dass Antagonisten einem grösseren Verletzungsrisiko ausgesetzt sind, als der Agonist selber. Während dem exzentrischen Nachlassen kontrahieren die Muskeln bei gleichzeitig schneller Verlängerung. Es ist bekannt, dass repetitive exzentrische Kontraktionen zu einer potentiellen Muskelfaserschädigung führen, wobei Muskelkater in den darauffolgenden Tagen ein Indikator dafür ist (Brockett et al., 2001).

### **Mögliche Veränderung nach exzentrischen Bewegungen**

Während exzentrischer Kontraktionen können einige Sarkomere über die Myofilamentenüberlappung hinaus gedehnt werden, wodurch sie nach der Muskelentspannung reissen. Durch wiederholte Kontraktionen vergrössern sich die Rupturregionen, bis es folgend zur Membranschädigung (Mikrorisse), einem Verlust der Calcium-Homöostase und zu gegebener Zeit zu einem eventuellen Muskelfasertod kommt (Brockett et al., 2001). Die folgende lokale Entzündungsantwort führt zu einer Sensibilisierung der Muskelnozizeptoren und Mechanorezeptoren (Brockett, Morgan & Proske, 2004).

## 2.2 | Klinisches Bild

In diesem Unterkapitel werden die klinischen Bilder von Muskelverletzungen im Allgemeinen und von Hamstrings im Speziellen erläutert.

### 2.2.1 Muskelverletzungen und deren Einteilung nach Schweregrad

Muskelverletzungen können aufgrund des Schweregrades der Destruktion in verschiedene Grade eingeteilt werden. Hierzu hat sich die Klassifizierung nach Ryan aus dem Jahre 1969 bewährt (Van den Berg, 2007):

- Grad I: Riss einiger weniger Fasern, bei intakter Faszie
- Grad II: Riss einer grösseren Anzahl von Fasern, bei intakter Faszie (lokales Hämatom)
- Grad III: Riss einer grossen Anzahl von Fasern, mit partiellem Riss der Faszie (diffuse Blutung im Muskel beziehungsweise unter die Haut)
- Grad IV: Kompletter Riss des Muskels und seiner Faszie

Verletzungen des *Grades I* (bei dem nur wenige Fasern rupturiert sind) werden als *Muskelzerrung* bezeichnet. Beschwerden treten vor allem bei Belastung auf. Die Muskelkraft und die Muskeldehnung sind durch Schmerzen eingeschränkt. Im Läsionsgebiet ist eine deutliche Tonuserhöhung palpierbar. Obwohl es sich um eine verhältnismässig kleine Läsion handelt, ist die Funktion des Muskels minimiert (Van den Berg, 2007).

Schwerwiegendere Destruktionen des *Grades II und III* gelten als *Muskelfaserriss*. Sie gehen mit plötzlichen, einschiessenden Schmerzen sowie deutlicher Funktionseinschränkung des betroffenen Muskels einher. Meistens sind eine weiche, schwammartige Delle, sowie ein Hypertonus der umliegenden Muskulatur palpierbar (Van den Berg, 2007).

Bei einem *Muskelriss (Grad IV)*, der üblicherweise im Muskel-Sehnen-Übergang lokalisiert ist, tritt ein plötzlicher Schmerz mit komplettem Funktionsausfall des verletzten Muskels auf. In der Inspektion und Palpation zeigen sich ein sicht- und tastbarer Defekt des Muskelgewebes, da die Rupturenden auseinanderweichen (Van den Berg, 2007). Clark (2008) bemerkt, dass obwohl Hamstrings-Muskelverletzungen sehr häufig im Sport vorkommen, ein kompletter Riss der Hamstrings-Muskeln sehr selten ist, und nur ungefähr 1% aller Hamstrings-Verletzungen ausmacht. Der Mus-

kelriss wird deshalb, wie in der Einleitung beschrieben, in dieser Arbeit nicht weiter thematisiert.

Es ist zu beachten, dass in zahlreichen Studien Muskelverletzungen in die drei Kategorien „mild“, „mittel“ und „schwer“ eingeteilt werden (Askling, Karlsson & Thorstensson, 2003). Dabei steht „milde Verletzung“ für eine Abwesenheit vom Training und/oder Match für weniger als eine Woche, „mittlere Verletzung“ für eine Abwesenheit von einer Woche bis zu einem Monat und „schwere Verletzung“ für eine Abwesenheit von mehr als einem Monat.

Weiter ist anzumerken, dass der englische Begriff „hamstring strain“ sowohl Muskelzerrung als auch -faserriss der Hamstrings bedeuten kann. Somit ist es nicht eindeutig, ob „strain“ den ersten, zweiten oder dritten Grad betrifft und macht damit eine Einteilung nach Ryan unmöglich. Eine Totalruptur wird aber ausgeschlossen, da die gefundene Literatur für diesen Grad der Verletzung das englische Wort „rupture“ benutzt. Deshalb wird in dieser Arbeit für Muskelverletzungen des Grades I bis III allgemein von Hamstrings-Verletzung gesprochen.

### **2.2.2 Klinischer Untersuchung und Merkmale**

Die Befunderhebung ist von grosser Bedeutung, um den Schweregrad der Verletzung zu beurteilen und unter anderem die Differenzierung zwischen Muskelverletzungen und übertragenen Schmerzen („referred pain“) zu ermöglichen. Dies ist wichtig, damit eine optimale Behandlung erfolgen und somit das Wiederverletzungsrisiko minimiert werden kann (Brukner & Khan, 2006). Die korrekte Diagnosestellung ist nicht immer einfach, wie unter anderem der Vergleich der Symptome in Tabelle 2 zeigt. Deshalb können zusätzlich bildgebende Verfahren von Nöten sein (Gielen, Robinson, Van Dyck & Van der Stapen, 2007).

**Tabelle 2 - Vergleich der Symptome** (in Anlehnung an Brukner & Khan, 2006)

<b>Hamstrings-Verletzungen</b>	<b>Übertragene Schmerzen</b>
Plötzlicher Beginn	Plötzlicher Beginn oder allmähliches Steifheitsgefühl
Meist starke, einschiessende Schmerzen	Meist weniger ernst (krampfartig oder zwickend)
Schwierigkeiten zu gehen, unfähig zu laufen	Meist schmerzfreies Gehen oder Joggen möglich
Deutlich reduzierte Dehnfähigkeit	Minimal reduzierte Dehnfähigkeit
Klar minimierte Kraft gegen Widerstand	Maximale oder leicht submaximale Kraft gegen Widerstand
Lokales Hämatom	Keine lokalen Zeichen
Slump Test negativ	Slump Test häufig positiv
Gluteale Triggerpunkte können vorhanden sein	Gluteale Triggerpunkte, bei denen durch Palpation die Hamstrings Schmerzen reduziert werden
Anormale Statik der Lendenwirbelsäule möglich	Häufig anormale Statik der Lendenwirbelsäule
Ultraschall / MRI anormal	Ultraschall / MRI normal

### **Bildgebende Diagnosestellung**

Wie bereits zuvor erwähnt, können zur Unterstützung in der Diagnosestellung zusätzlich bildgebende Verfahren verwendet werden. Sie können hilfreich sein, um die genaue Lokalisation der Verletzung sowie die Grösse und den Schweregrad der Destruktion zu definieren (Gielen, et al., 2007). Ein Beispielbild ist in Abbildung 2 ersichtlich.

Sowohl der Ultraschall, als auch die Magnetresonanztomographie (MRI) haben sich als effektive Mittel erwiesen um Muskelverletzungen darzustellen (Gielen et al., 2007). Wenn die Symptome örtlich begrenzt sind, empfiehlt es sich den Ultraschall zu verwenden, da dies eine schnelle, einfache und kostengünstige Methode ist (Gielen et al., 2007; Brukner & Khan, 2006). Jedoch ist es mit dem Ultraschall schlechter möglich, ein gutes Bild in der Tiefe zu erhalten, deshalb ist in Bereichen des Beckens und im proximalen Oberschenkel oder bei diffusen Symptomen das MRI von Vorteil (Gielen et al., 2007). Des Weiteren kann in einem Ultraschallbild eine zurückbleibende Narbe einer früheren Verletzung als akute Verletzung fehlinterpretiert werden. Im Allgemeinen wird das MRI bei schwerwiegenden Verletzungen mit Verdacht auf eine Ruptur bevorzugt, da es die Verletzungsgrösse (Länge und Querschnittfläche) präziser messen kann (Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov & Thelen, 2010).

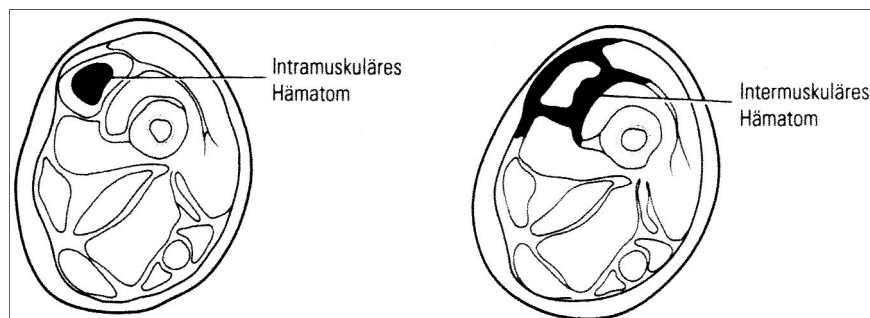


**Abbildung 2 - MRI Bild einer typischen Muskelverletzung des proximalen Muskel-Sehnenübergangs und der Sehne des M. biceps-femoris.**

4 Tage (A) und 42 Tage (D) nach dem Trauma, \* = Tuber Ischiadicum  
(Askling, Tengvar, Saartok & Thorstensson, 2007)

### 2.2.3 Hämatombildung

Van den Berg (2007) erwähnt, dass es bei Muskelverletzungen aufgrund einer Schädigung der intramuskulären Gefässe häufig zu Einblutungen ins Gewebe kommt. Besonders bei Traumata im Sport ist die Gefahr der Ausbildung eines Hämatoms gross, da die Durchblutung deutlich erhöht ist. Bei der Entstehung von Hämatomen wird zwischen dem intra- und intermuskulären Hämatom unterschieden.



**Abbildung 3 – Schematische Darstellung intra- und intermuskuläres Hämatom**  
(Renström, 1997)

Ein intramuskuläres Hämatom bedeutet eine Blutung innerhalb der unbeschädigten Faszie, was einen erhöhten intramuskulären Druck zu Folge hat. Dies wiederum führt zu einer Kompression der Gefässe und zur Blutstillung. Eine weitere Abdichtung des Gefässes erfolgt durch die Blutgerinnung. Bei einer intramuskulären Blutung kann

eine chirurgische Entlastung von Nöten sein, um Komplikationen zu vermeiden (Van den Berg, 2007).

Wenn die Faszie durch eine Muskelverletzung rupturiert wird und Blut ins Muskelzwischen-  
schengewebe ausweichen kann, wird dies als intermuskuläres Hämatom bezeichnet. Auch in diesem Fall werden die verletzten Gefässe schon nach kurzer Zeit durch Blutstillung/-gerinnung verschlossen. Es bleibt oftmals eine deutliche Schwellung sowie ein Bluterguss unterhalb der eigentlichen Verletzung ersichtlich (Van den Berg, 2007).

Es ist von grosser Bedeutung, dass man die Hämatomentstehung so weit als möglich limitiert, da Blutungen die Stoffwechselforgänge, die Transportwege von Zellen und Nährstoffen, sowie die Mobilität des Gewebes einschränken und somit die reguläre Wundheilung verzögern (Van den Berg, 2007). Die Grösse und Lokalisation des Hämatoms ist von grosser Wichtigkeit für die Regeneration des Muskels. Ein grosses Hämatom bringt eine grosse Bindegewebsnarbe und folglich eine schlechtere Muskelheilung mit sich (Engelhart, 2005). Narbengewebe ist immer steifer und deshalb anfälliger für erneute Verletzungen, als das ursprüngliche Gewebe (Heiderscheit et al., 2010).

Es ist besonders wichtig, dass man bei einer Muskelverletzung keine harten therapeutische Techniken, wie Friktionen oder Massage einsetzt, da dies die physiologischen Regenerationsprozesse stören würde und es zu erneuten Blutungen kommen könnte (Van den Berg, 2007).

### **2.3 Regeneration**

Muskelverletzungen können vollständig ausheilen und ihre volle Funktion wiedererreichen, da die Muskulatur sehr gut durchblutet und innerviert ist und eine ausgesprochen gute Regenerationsfähigkeit aufweist (Van den Berg, 2007). Dies ist jedoch nur der Fall, wenn der Sportler eine optimale Rehabilitation durchläuft (Engelhart, 2006).

In diesem Unterkapitel werden die therapeutischen Ziele und Interventionen sowie das Wiederverletzungsrisiko erläutert.

### **2.3.1 Therapeutische Ziele und Interventionen**

#### **Akutphase**

Die Sofortmassnahmen bei einer Verletzung sind von grosser Bedeutung, da sie den Heilungsprozess bedeutend beeinflussen. Je früher die Akutmassnahmen ergriffen werden, desto besser kann die Hämatomentstehung eingeschränkt werden, was wiederum ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Regeneration darstellt (Knobloch, 2009).

Ziel der akuten Behandlung ist es, die Blutung einzudämmen und damit die Ausbreitung der Verletzung zu begrenzen. Die Anwendung des RICE Prinzips (Rest, Ice, Compression, Elevation) limitiert das Austreten von Flüssigkeit ins Gewebe (Knobloch, 2009). Der Sportler sollte sofort von den sportlichen Aktivitäten ausgeschlossen werden und an der betroffenen Extremität einen Druckverband erhalten. Weiter sollte regelmässig gekühlt werden, um sowohl die Blutung als auch die Bildung eines Ödems zu reduzieren (Engelhart, 2005). Zusätzlich soll der Betroffene das Bein hochlagern, um die Blutung zu verringern und den Abtransport von Blut und Gewebswasser durch eine Verminderung des hydrostatischen Drucks anzuregen (Knobloch, 2009).

Die Immobilisationszeit sollte für eine optimale Wundheilung sowie die Wiedergewinnung von voller Kraft und Beweglichkeit weniger als eine Woche betragen. Sie soll aber trotzdem solange andauern, dass sich das Narbengewebe soweit entwickeln kann, dass es einwirkende Kräfte aushält und es nicht zu einer erneuten Verletzung kommt (Järvinen et al., 2007). Durch frühzeitige Mobilisation werden funktionelle Einschränkungen und Komplikationen, die durch Immobilisation entstehen können, in Grenzen gehalten (Renström, 1997).

Die Studienergebnisse von Järvinen et al. (2007) haben gezeigt, dass Frühmobilisation zu einer schnelleren und intensiveren Muskelregeneration, guter Kapillarnetzeinwachsung sowie besserer parallelen Ausrichtung der Muskelfasern führt.



## **Schonungs- und Belastungsphase**

Für eine vollständige Rehabilitation sind physiologisch funktionelle Reize, die den Stoffwechsel anregen von besonderer Bedeutung. Dies kann durch eine individuell dosierte Bewegungstherapie mit unterstützenden physikalischen Massnahmen erreicht werden (List, 2009).

Bevor jedoch der verletzte Muskel wieder belastet wird, sollte eine Schonungsphase eingelegt werden, deren Dauer vom Grad der Verletzung abhängig ist (List, 2009):

- Grad I: nach 14 Tagen
- Grad II: nach 3 – 4 Wochen
- Grad III: nach 4 – 6 Wochen
- Grad VI: nach 6 – 12 Wochen

## **Rückkehr zum Sport**

Es gibt keine standardisierten Kriterien, wann ein Sportler wieder trainieren darf. Järvinen et al. (2007) empfehlen sportspezifische Aktivitäten erst wieder aufzunehmen, wenn der verletzte Muskel ebenso dehnbar ist wie der gesunde und elementare Bewegungen wieder schmerzfrei ausgeführt werden können.

Es ist zu beachten, dass Verletzungen prinzipiell eine längere Rehabilitation benötigen, wenn sie sich nahe beim Tuber ischiadicus beziehungsweise in der freien proximalen Sehne des M. biceps femoris befinden oder es sich um eine Verletzung des Stretching-Typs handelt (Askling et al., 2007).

Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass die Zeit nach einer Hamstrings-Verletzung bis zum schmerzfreien Gehen, signifikant mit der Zeit bis zur Rückkehr in den Sport zusammenhängt. Falls ein Proband nicht innert 24 Stunden schmerzfrei gehen kann, hat er ein viermal höheres Risiko, dass die Rehabilitation mehr als drei Wochen dauert (Warren, Gabbe, Schneider-Kolsky & Bennell, 2008).

### **2.3.2 Wiederverletzungsgefahr**

Die Wiederverletzungsrate von Muskelverletzungen ist mit 12 – 31% verhältnismäßig hoch (Petersen & Hölmich, 2005). Gründe für erneute Verletzungen sind oft eine ungenügende Ausheilung der Primärverletzung und ein zu früher Beginn mit sport-spezifischen Aktivitäten (Engelhart, 2006 & Heiderscheit, 2010). Zudem ist die se-

kundäre Verletzung meistens ernster als die primäre, da durch die erneute Destruktion des Muskelgewebes eine weitere Narbe gebildet wird (Heiderscheit et al., 2010). Dies schränkt die Elastizität des Muskels ein, was ihn wiederum anfälliger für Verletzungen macht. Es ist deshalb besonders wichtig, dass der Sportler eine optimale Rehabilitation durchläuft (Engelhart, 2006).

Bei einer Reruptur ist eine langfristige Rehabilitation mit Dehnungsübungen, sowie konzentrischen und exzentrischen Übungen nötig. Wenn die Narbenbildung sehr ausgeprägt ist, kann eine operative Narbenentfernung notwendig sein, da es ansonsten zu neuromuskulären Koordinationsstörungen und Muskelkrämpfen kommen könnte (Engelhart, 2006).

## **2.4 Potentielle Risikofaktoren für Hamstrings-Verletzungen**

Das Verstehen der individuellen Risikofaktoren für Verletzungen ist eine wichtige Grundlage für die Ausarbeitung präventiver Massnahmen. Risikofaktoren werden üblicherweise in zwei Hauptkategorien aufgeteilt: in intrinsische (Personen-bezogene) und extrinsische (Umwelt-bezogene) Faktoren (Petersen & Hölmich, 2005). Petersen und Hölmich (2005) erwähnen jedoch, dass eine Unterscheidung in veränderbar und unveränderbar relevanter sei und daher werden sie nachfolgend so aufgeteilt.

Es gibt zahlreiche potentielle Risikofaktoren für Hamstrings-Muskelverletzungen. Lediglich wenige sind evidenz-basiert, während sich die meisten auf theoretische Grundlagen stützen. So zum Beispiel besagt das theoretische Modell von Worrell, dass sich das Risiko für eine Hamstrings-Verletzung durch eine Kombination von Abnormitäten erhöht (Petersen & Hölmich, 2005).

### **2.4.1 Nicht veränderbare Risikofaktoren**

Im Allgemeinen werden meist drei unveränderbare Risikofaktoren erwähnt: frühere Verletzung, erhöhtes Alter und bestimmte Völker (schwarze Abstammung, Ureinwohner Australiens) (Petersen & Hölmich, 2005 & Arnason et al., 2004).

Aus der Studie von Arnason et al. (2004) geht hervor, dass eine Vorgeschichte von Muskelverletzungen ein signifikanter Risikofaktor für eine neue ipsilaterale Muskelverletzung ist. In der Studie von Verrall et al. (2001) wird aufgezeigt, dass Sportler

mit einer Geschichte von früheren posterioren Oberschenkelverletzungen ein fünfmal höheres Risiko für einen Muskelfaserriss in den Hamstrings haben. Die Ursache stellt das Narbengewebe dar, welches nach einer Verletzung entsteht. Wie bereits unter 2.3.2 erwähnt, ist es immer weniger funktionell als das ursprüngliche Gewebe und deshalb besonders verletzungsanfällig (Verrall et al. 2001). Jedoch gibt es auch Literatur die keine Verbindung zwischen früheren Verletzungen und dem Verletzungsrisiko machen können (Yeung, Suen & Yeung, 2009).

Arnason et al. (2004) bemerken, dass diejenigen Fussballspieler, welche während der Studienperiode eine Hamstrings-Verletzung erlitten, signifikant älter waren und bei ihnen ein Trend zu höherem prozentualen Körperfettanteil im Vergleich zur Gruppe ohne Hamstrings-Verletzungen festzustellen war. Bei der Studie von Verrall, Slavotinek, Barnes, Fon und Spriggins (2001) hat sich gezeigt, dass ältere Sportler sogar ein erhöhtes Verletzungsrisiko haben, wenn frühere posteriore Oberschenkelverletzungen ausgeschlossen wurden. Eine Alterszunahme von einem Jahr steigert die Wahrscheinlichkeit einer Hamstrings-Verletzung um 1,3-mal, unabhängig von einer früheren posterioren Oberschenkelverletzung.

Verrall et al. (2001) ergänzen, dass Athleten mit zahlreicheren Typ-2 Fasern anfälliger auf Muskelverletzungen sind. Ureinwohner Australiens weisen daher ein erhöhtes Risiko auf.

#### **2.4.2 Veränderbare Risikofaktoren**

Die meist verbreiteten veränderbaren Risikofaktoren stellen die Kraftdysbalance, Muskelermüdung, reduzierte Beweglichkeit und ungenügendes Aufwärmen dar (Petersen & Hölmich, 2005).

##### **Kraftdysbalance (Hamstrings/Quadriceps)**

Einige frühere Untersuchungen haben sich auf das Potential der Messungen von Kraftdysbalancen oder bilateralen Kraftdefiziten konzentriert, um das Risiko von Hamstrings-Wiederverletzungen abzuschätzen. Diese Studien besagen, dass die exzentrische Hamstrings-Kraft und der Winkel der Maximalkraft die aussagekräftigsten Messgrößen seien (Heiderscheit et al., 2010).

Brukner und Khan (2006) erwähnen, dass in den meisten Studien eine niedrige Hamstrings-Kraft als signifikanter Prädiktor für eine Hamstrings-Verletzung dargestellt wird. Es könne auch sein, dass die Muskellänge, bei der das maximale Drehmoment erzeugt werden kann wichtiger ist, als die eigentliche Grösse des maximalen Drehmomentes.

Das Kraftungleichgewicht zwischen Hamstrings und Quadriceps ist bis auf die eine Studie von Bennell et al. aus dem Jahre 1998 als Risikofaktor für Hamstrings-Verletzungen aufgezeigt worden (Yeung et al., 2009).

### **Ermüdete Muskulatur**

Im Review von Clark (2008) wird erwähnt, dass Muskelverletzungen häufig dann entstehen, wenn sich der Muskel in einem ermüdeten Zustand befindet, da er zu diesem Zeitpunkt weniger in der Lage ist die einwirkende Energie abzufangen und es zu Störungen der Bewegungskoordination kommen kann. In der Studie von Greig und Siegler (2009) ist ersichtlich, dass sich die exzentrische Hamstrings-Kraft in Abhängigkeit der Zeit reduziert. 47% der Hamstrings-Verletzungen, die während den Fussballmatches passierten, wurden in den letzten 15 Minuten jeder Halbzeit zugezogen.

Es ist wichtig, dass Sportler sich auf einem hohen Level ihrer Fitness befinden, um so den Effekt von Müdigkeit auf die Muskulatur zu verringern (Clark, 2008).

### **Ungenügendes Aufwärmen**

Genügendes Aufwärmen vor dem Sport ist ausserordentlich wichtig, um Verletzungen vorzubeugen. Durch ein Warm-up steigert sich die Durchblutung und Temperatur der Muskulatur und folglich ist sie weniger zäh. Dies ermöglicht, dass der Muskel elastischer wird und so die Belastung aushalten kann, ohne dass Muskelfasern reißen. Ein ungenügend erwärmter Muskel ist steifer und zu wenig dehnbar. Wenn der Sportler unter diesen Bedingungen eine schnelle exzentrische Kontraktion ausübt, kann es rasch zu einer Verletzung kommen (Clark, 2008).

### **Reduzierte Beweglichkeit**

Clark (2008) erwähnt, dass ungenügende Beweglichkeit der Muskulatur prädisponierend für Verletzungen ist, da festes Gewebe weniger gut in der Lage ist sich schnell zu verlängern ohne einen Schaden davon zu ziehen. Ein gut dehnbarer Muskel hin-

gegen kann die exzentrisch einwirkende Kraft auf die Muskelsehne übertragen und die Muskelfasern tragen keinen Schaden davon (Clark, 2008).

Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have und Cambier (2003) konnten feststellen, dass Probanden, welche eine Verletzung der Hamstrings oder des Quadriceps erlitten, in diesen Muskeln eine signifikant schlechtere Beweglichkeit als die unverletzten Personen hatten. Es wird daraus gefolgert, dass eingeschränkte Beweglichkeit einen deutlichen Risikofaktor darstellt. Arnason et al. (2006) konnten jedoch keine augenscheinliche Relation zwischen dem Auftreten von Hamstrings-Verletzungen und Dehnübungen feststellen.

### **Lumbale Hyperlordose**

Eine Hyperlordose der Lendenwirbelsäule gilt als Risikofaktor, da die Gluteal- und Ischiocrurale Muskulatur dadurch in eine mechanisch benachteiligte Stellung gerät. Eine gute Inspektion der Haltung von Sportlern kann deshalb hilfreich sein, um Personen mit einer verstärkten Lendenlordose zu erkennen. Anschliessend sollte ein Kraft- und Stabilitätsprogramm für den Rumpf durchgeführt werden, um die Haltung zu verbessern (Clark, 2008).

## **2.5 Prävention von Hamstrings-Verletzungen mittels Krafttraining**

Krafttraining wurde als präventive Massnahme gegen Hamstrings-Verletzungen vorgeschlagen. Dieser Vorschlag basiert auf Tierversuchen, bei welchen gezeigt wurde, dass ein stärkerer Muskel mehr Kraft absorbieren kann, bevor er nachlässt, als ein schwächerer (Askling et al., 2003). Daher wird die Korrektur von Muskalkraftdefiziten als eine mögliche Variante erachtet um das Verletzungsrisiko zu mindern (Brukner & Khan, 2006).

Die folgenden Abschnitte sollen eine Einführung und einen Überblick über mögliche Arten des Krafttrainings und isokinetischen Messungen zur Prävention von Hamstrings-Verletzungen geben.

### **2.5.1 Exzentrisches vs. konzentrisches Krafttraining**

Brukner und Khan (2006) erwähnen, dass aufgrund des vermutlichen Verletzungsmechanismus der Hamstrings eine exzentrische Kräftigung zur Prävention von Wiederverletzungen wichtig ist. Muskelkräftigung ist artspezifisch, das heisst konzentrische Übungen erhöhen die konzentrische Muskelkraft, exzentrische Übungen erhöhen die exzentrische Muskelkraft mit geringer Überschneidung.

Exzentrisches Üben wurde schon lange als eine potentielle Methode für die Prävention von Hamstrings-Verletzungen erachtet. Zahlreiche Studien besagen, dass wenn das maximale Drehmoment bei einer längeren Muskellänge erzeugt werden kann, dies ein Schutz vor Hamstrings-Verletzungen wäre (Gabbe, Branson & Bennel, 2006).

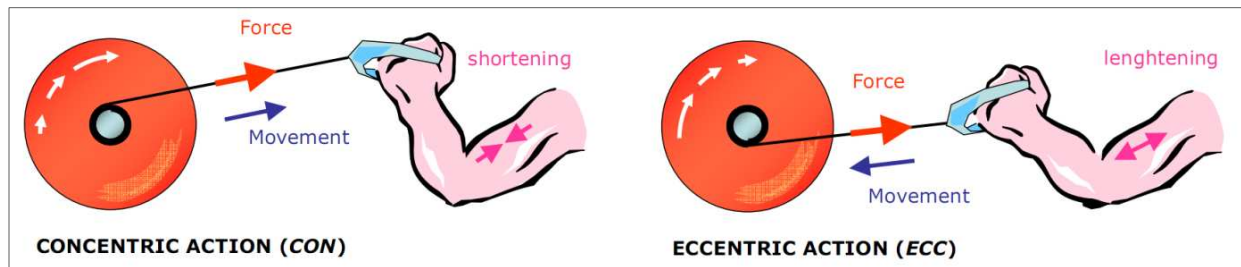
Brukner und Khan (2006) sind der Meinung, dass die ideale Übung eine exzentrische Abbremsung der sehr hohen Kniewinkelgeschwindigkeit mit maximaler Kraftproduktion um 30° Knieflexion ist.

### **2.5.2 „YoYo Schwungradergometer“**

Im folgenden Text wird die Funktionsweise des „YoYo Schwungradübungsgerätes“ (wird als Intervention in der Hauptstudie von Askling et al., 2003 verwendet) vorgestellt sowie die exzentrische Überbelastung und das Prinzip des variablen Widerstandes erklärt, welches entscheidende Vorteile gegenüber dem klassischen Krafttraining mit Gewichten hat.

#### **Funktionsweise**

Der „YoYo Schwungradergometer“ besteht aus einem Schwungrad, welches durch ein Seil in Drehung versetzt wird und völlig unabhängig von der Schwerkraft arbeitet (Pozzo, 2008), (Siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4 – Funktionsweise des „YoYo Schwungradergometers“**

(Pozzo, 2008)

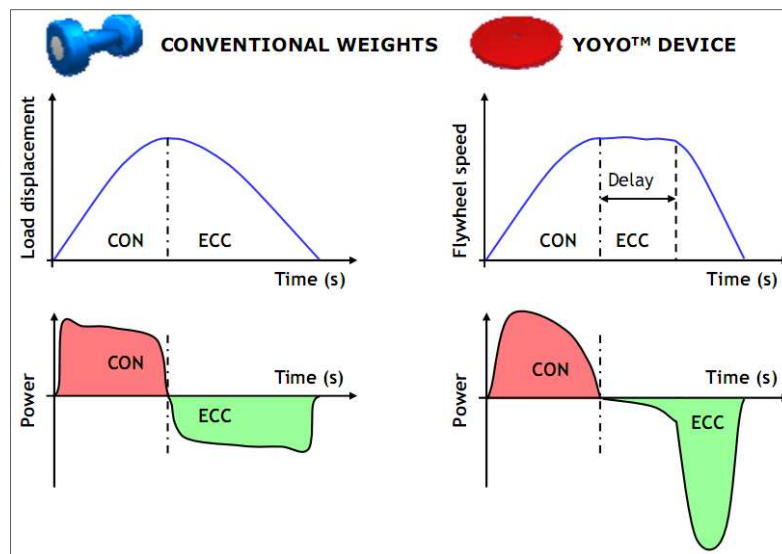
- Während der *konzentrischen Phase* der Übung zieht sich der Muskel mit der maximalen Kraft zusammen und zieht an einem Seil, welches auf dem Schwungrad aufgewickelt ist. Das Abwickeln dieses Seils setzt das Schwungrad mit hoher Geschwindigkeit in Drehung. Die Seillänge ist so eingestellt, dass sie am Bewegungsende komplett abgerollt ist.
- Durch die Trägheit des Schwungrades dreht sich dieses weiter und wickelt das Seil in Gegenrichtung wieder auf (*exzentrische Phase*). Nach anfänglichem leichten Widerstand beginnt der Athlet das Schwungrad aktiv abzubremsen, indem er am Seil zieht, bis das Schwungrad still steht.

Durch erneutes Ziehen am Seil wird die nächste Wiederholung der Übung gestartet (Pozzo, 2008).

### **Exzentrische Überbelastung**

Der Muskel ist in der exzentrischen Phase effizienter als in der konzentrischen. Deswegen sollte der Muskel in der exzentrischen Phase einem höheren Spitzenwert als in der konzentrischen ausgesetzt werden, um ein optimales Training zu erzielen. Dies wird mit der sogenannten exzentrischen Überbelastung erreicht (Pozzo, 2008).

Während der Übung mit dem „YoYo Schwungradergometer“ wird die Muskelanstrengung während der konzentrischen Phase in eine kinetische Rotationsenergie des Schwungrades umgewandelt (rote Fläche in Abbildung 5). Diese Energie wird anschließend in der exzentrischen Phase wieder abgebaut (grüne Fläche). Die beiden Flächen (rote und grüne) in der Leistungs-Zeitkurve sind stets gleich gross (Pozzo, 2008).



**Abbildung 5 – Exzentrische Überbelastung (Pozzo, 2008)**

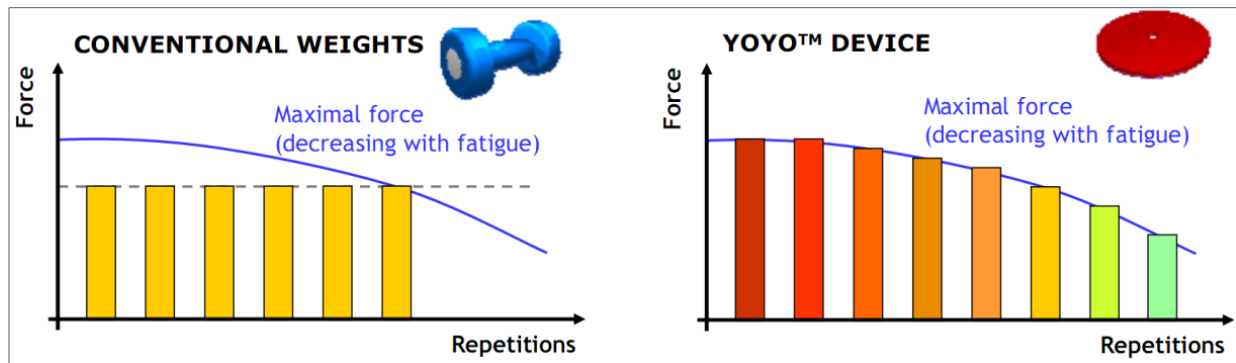
Da der Muskel erst mit einer gewissen Zeitverzögerung aktiv beginnt das Schwungrad abzubremsen, hat dieses einen Teil des Seiles bereits aufgewickelt. Dies führt dazu, dass weniger Zeit (bzw. Seil) zur Verfügung steht, um das Schwungrad zum Stillstand zu bringen (d.h. die Energie des Schwungrades abzubauen) und somit zu einer exzentrischen Überbelastung des Muskels, welche dem grünen Scheitelpunkt in Abbildung 5 entspricht. Je länger die Verzögerung der Bremsphase ist, desto höher ist die exzentrische Überbelastung (Pozzo, 2008).

Beim konventionellen Training ist eine solche Überbelastung nicht möglich, da die Kraft stets der Schwerkraft entspricht (Pozzo, 2008).

### **Variabler Widerstand**

Ein weiterer bedeutender Unterschied des „YoYo Schwungradergometers“ zum konventionellen Training mit Gewichtsstapelmaschinen ist, dass bei Gewichten der Widerstand konstant ist (Gewichtskraft), während beim Schwungradergometer der Widerstand variabel und zu jedem Zeitpunkt proportional zur Muskelkraft ist. Je grösser die Kraft ist (mit der am Seil gezogen wird) desto grösser ist die Drehbeschleunigung des Schwungrades und somit der Widerstand (Pozzo, 2008), (Siehe Abbildung 6).





**Abbildung 6 – Variabler Widerstand und somit optimales Training (Pozzo, 2008)**

Diese besondere Eigenschaft des Schwungrades erlaubt es, dass jede einzelne Wiederholung mit der maximalen Muskelkraft durchgeführt wird, auch wenn sich diese durch Erschöpfung reduziert.

Beim klassischen Training hingegen ist das Gewicht so bestimmt, dass die letzte Wiederholung gerade noch zu schaffen ist. Das bedeutet, dass die Belastungen bei allen Wiederholungen bis auf die letzte submaximal durchgeführt werden. Dank dem variablen Widerstand kann sich der Schwungradergometer in jedem Zeitpunkt und Gelenkbeugewinkel optimal der Kraft des Athleten anpassen (Pozzo, 2008).

### 2.5.3 Isokinetische Kraftmessungen

In der Sportmedizin und der Rehabilitation werden isokinetische Kraftmessungen von verschiedenen Kraftvariablen (Kräftedysbalancen) der unteren Extremitäten häufig durchgeführt. Einerseits, um mögliche Risikofaktoren für auftretende Knie- und Hamstrings-Verletzungen zu identifizieren und andererseits um Rehabilitationsprogramme und deren Erfolge zu überprüfen (Impellizzeri, Bizzini, Rampinini, Cereda & Maffiuletti, 2008).

So messen zum Beispiel Yeung et al. (2009) in ihrer Studie folgende Kraftvariablen:

- grösstes Drehmoment
- der Winkel, bei welchem der Muskel das maximale Drehmoment erzeugen kann
- konventionelles Verhältnis: Hamstrings zu Quadriceps  
( $H_{konz.} / Q_{konz.}$  Verhältnis)
- funktionelles Verhältnis: Hamstrings zu Quadriceps  
( $H_{exzent.} / Q_{konz.}$  Verhältnis)

- Verhältnis: Hamstrings zu gegenüberliegendem Hamstrings  
( $H_{\text{konz.}} / H_{\text{konz.}}$  Verhältnis)

Des Weiteren wird oftmals auch die bilaterale Differenz der exzentrischen Hamstrings-Kraft der unteren Extremitäten untersucht (Croisier et al., 2008). Diese erwähnten Tests werden mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, wie zum Beispiel 60°/Sek., 120°/Sek., 180°/Sek und 240°/Sek. ausgeführt.

Es wird geglaubt, dass eine gute Kraftbalance zwischen den Knieflexoren und den Extensoren zu einem stabileren Gelenk führt und somit ein niedrigeres Verletzungsrisiko besteht. Das minimal ausreichende konventionelle Verhältnis, um Hamstrings-Verletzungen zu minimieren, ist für Vermutungen offengelassen, dennoch schlägt die allgemeine Norm vor, dass die Hamstrings mehr als 60% des Kraftlevels des Quadriceps betragen sollen, d.h. ein H/Q Verhältnis von wenigstens 0.6 (Clark, 2008).

Isokinetische Messungen können mittels verschiedensten Dynamometern gemacht werden, wie Cybex Norm, Biodex, Kin Com, Merac, Lido, Orthotron, Technogym, Con-Trex usw. (Impellizzeri et al., 2008).

Die Bewertung der Reliabilität isokinetischer Messverfahren muss bestimmt sein, bevor diese Parameter für aussagekräftige Untersuchungen oder für die Beurteilung von Patienten benutzt werden können (Impellizzeri et al., 2008).

### 3 Hauptstudien

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Prävention von Muskelverletzungen der Hamstrings bei Sprint-Sportarten. Dazu wurde einerseits recherchiert, ob Athleten mit erhöhtem Verletzungsrisiko aufgrund einer Muskeldysbalance oder Hamstrings-Beschwerden ermittelt werden können und andererseits, ob präventive Massnahmen mittels Krafttraining die Hamstrings-Verletzungshäufigkeit reduzieren können.

In diesem Kapitel wird zuerst das methodologische Vorgehen bei der Recherche nach Studien aufgezeigt. Anschliessend werden die sechs Hauptstudien dieser Arbeit (Askling, 2003; Croisier, 2008; Engebretsen, 2008; Gabbe, 2006; Mjølsnes, 2004 & Yeung, 2009) vorgestellt und ihre Resultate bezüglich der Kraftinterventionen miteinander verglichen. Am Schluss wird die Qualität der Studien beschrieben.

#### 3.1 Methodik

Die Literaturrecherche der Bachelorarbeit wurde unter der Verwendung von Schlagwörtern in den relevanten Datenbanken wie Medline, CINAHL, PEDdro, Pubmed, The Cochrane Library und AMED getätigt. Dabei wurden die neueren Studien ab dem Jahr 2000 bevorzugt. Zum Teil jedoch mussten ältere Forschungsarbeiten konsultiert werden, da keine neueren Erkenntnisse zum betreffenden Thema vorliegen. Für die Suche wurden einzelne oder mehrere der folgenden Schlagwörtern in Kombination gebraucht: „Muscle“, „injury“, „strain“, „hamstrings“, „physiology“, „pathophysiology“, „injury mechanism“, „kinematics“, „rehabilitation“, „prevention“, „intervention“, „training“, „risk factors“, „strength“, „eccentric“, „strength imbalance“, „sports“, „soccer“ and „football“.

Daneben wurden die Internetseiten der Zeitschriften „The American Journal of Sports medicine“, „The British Journal of Sports Medicine“, „Applied Journal of Physiology“ sowie „The Journal of Strength and Conditioning Research“ direkt durchsucht. Weiter dienten auch die Quellenangaben von bereits gefundenen Reviews als Hilfe um auf neue Studien zu stossen.

Ergänzend wurde in verschiedenen Bibliotheken nach Fachliteratur geforscht um sich ein breites Hintergrundwissen anzueignen. Um kleinere Informationslücken zu schliessen wurde spezifisch nach den fehlenden Informationen mit google.ch gesucht.

Die getroffene Themeneingrenzung, wie sie im Kapitel 1.1 beschrieben ist, diente schliesslich dazu, die zutreffendsten Studien aus den unzähligen gefundenen auszuwählen. Diese wurden anschliessend noch auf ihre Qualität und Evidenz hin untersucht bis schliesslich die sechs erwähnten Studien übrig blieben welche benützt wurden um die Fragestellung dieser Arbeit zu beantworten. Hierzu ist anzumerken, dass die Studie von Croisier, Ganteaume, Binet, Genty und Ferret (2008) keine Angabe über das Geschlecht der Probanden macht und diejenige von Yeung et al. (2009) auch weibliche Teilnehmer einschliesst und es somit nicht gelungen ist, nur männliche Sportler zu untersuchen.

### **3.2 Studien zur Identifikation von Sportlern mit erhöhtem Verletzungsrisiko**

In diesem Unterkapitel wird die Möglichkeit der Identifikation von Sportlern mit einem erhöhten Verletzungsrisiko anhand dreier Studien (Croisier, 2008; Engebretsen, 2008 & Yeung, 2009) untersucht. Diese Studien verwenden dazu zwei verschiedene Methoden. Einerseits wird ein von den Sportlern selbst ausgefüllter Fragebogen ausgewertet (Engebretsen et al., 2008), andererseits dienen isokinetische Kraftmessungen zur Identifikation von Sportlern mit erhöhtem Verletzungsrisiko (Croisier et al., 2008 & Yeung et al., 2009). Diese beiden Arten werden anschliessend beschrieben.

#### **3.2.1 Studie 1: Aufdeckung mittels des „Injury Screening“-Fragebogens**

In der Studie von Engebretsen et al. (2008) wurde untersucht, ob Fussballspieler mit erhöhtem Verletzungsrisiko der unteren Extremitäten in der Vorsaison mittels eines selbstaufgefüllten Fragebogens identifizierbar sind. Dieser Fragebogen ist in fünf Abschnitte unterteilt. Der erste erhebt Daten wie Geburtsdatum, Team, Spielposition und Erfahrung. Der zweite bis vierte Abschnitt umfasst Informationen über die vier Körperpartien: Fussgelenk, Knie, Hamstrings-Muskeln und Leiste.

Bei jeder dieser Region werden zum einen die Verletzungsgeschichte (Verletzungstärke, Zeitspanne seit letztem Trauma und Abwesenheit von Training) und zum anderen die Funktionen (Symptome, Muskelkater, Schmerz, Alltagsaktivitäten und Lebensqualität) geprüft. Im Anhang 9.3 sind die Fragen bezüglich der Hamstrings aufgeführt. Jede dieser Fragen kann auf einer Skala von Null bis vier beurteilt werden,

wobei je nach Kontext Null für Nie/“Überhaupt nicht“ und vier für Immer/“Sehr ...“ steht (Engebretsen et al., 2008).

Für die Auswertung wurde jedem Null den Prozentwert 100% zugeordnet, jedem 1 den Wert 80% etc. und anschliessend für alle Kategorien separat ein Durchschnittswert gebildet. Das heisst ein Spieler mit gar keinen Beschwerden erhält die Bewertung 100% bei jeder Kategorie. Die Gesamtauswertung wird aus dem Durchschnittsprozentsatz der Kategorien kalkuliert. Die 508 Probanden konnten dadurch in zwei Gruppen, eine risikoreiche (N=388) und eine risikoarme (N=120), eingeteilt werden (Engebretsen et al., 2008).

Die Kriterien für ein erhöhtes Risiko waren eine akute Verletzung während den letzten zwölf Monaten oder eine reduzierte Funktion mit einer Durchschnittsbewertung von weniger als 80% eines der erwähnten Körperabschnitte. Die Einteilung der Spieler mit erhöhtem Verletzungsrisiko in die Kontroll- oder Interventionsgruppe (N=195 bzw. N=193) erfolgte randomisiert. Die Intervention bestand aus einem Programm für die Körperteile mit erhöhtem Risiko und wurde selbstständig ausserhalb des Trainings durchgeführt. Das Hamstrings Training bestand aus der Nordic Hamstrings Übung, welche im Abschnitt 3.3.5 beschrieben wird.

Diese Studie zeigt, dass Spieler mit erhöhtem Verletzungsrisiko mittels eines umfangreichen Fragebogens aufgedeckt werden können. Es wurden total 505 Verletzungen bei 283 verschiedenen Spielern rapportiert, davon 82 Verletzungen in der risikoarmen und 423 in der risikoreichen Gruppe. Von den Spielern, bei welchen ein erhöhtes Hamstrings-Verletzungsrisiko prognostiziert wurde, haben sich effektiv ca. 20% an den Hamstrings verletzt. Jedoch konnte aufgrund mangelnder Compliance kein Effekt des Trainingsprogrammes aufgezeigt werden (Engebretsen et al., 2008).

### **3.2.2 Studien 2 und 3: Aufdeckung mittels isokinetischen Kraftmessungen**

Sowohl die Studie von Croisier et al. (2008) wie auch diese von Yeung et al. (2009) konzentrierten sich auf Kraftdysbalancen zwischen den Hamstrings und dem M. quadriceps femoris in der Vorsaison als mögliche Prädiktoren für Hamstrings-Muskelverletzungen. Jedoch liegen die Schwerpunkte auf leicht verschiedenen Aspekten. Croisier et al. (2008) konzentrierten sich auf die Identifikation der Spieler mit erhöhtem Verletzungsrisiko, während Yeung et al. (2009) den Schwerpunkt vor allem auf die Identifikation der Risikofaktoren legen.

### **Studie von Croisier et al. (2008)**

Croisier et al. (2008) massen bei 462 Fussballern verschiedene Kraftvariablen, welche anschliessend mittels vordefinierten statistischen Grenzwerten beurteilt wurden. Die Spieler mit einer Dysbalance erhielten ein zusätzliches Hamstrings-Krafttraining unter Supervision eines Physiotherapeuten oder des Teamtrainers. Es wird jedoch nicht erwähnt, welche Übungen durchgeführt wurden. Nach neun Monaten haben Nachmessungen stattgefunden.

Die Resultate dieser Studie zeigen, dass sich vorsaisonale isokinetische Messungen als Überprüfungsmedium zur Aufdeckung von Muskeldysbalancen eignen. Des Weiteren legt die Studie dar, dass die Verletzungsanfälligkeit bei Spielern mit unbehandelten Kraftdysbalancen im Vergleich zu Spielern ohne Dysbalance signifikant erhöht war. Genauer sind Fussballspieler mit unbehandelten Kraftdysbalancen einem viermal so hohen Verletzungsrisiko ausgeliefert als solche mit einem normalen Kraftprofil. Um ein Verletzungsrisiko entscheidend zu vermindern, muss nebst einem Kräftigungsprogramm auch die Überprüfung der isokinetischen Parameter bis zur Normalisierung stattfinden (Croisier et al., 2008).

### **Studie von Yeung et al. (2009)**

Yeung et al. (2009) prüften den Zusammenhang von isokinetischen Daten und passiver Muskellänge mit der Hamstrings-Verletzungshäufigkeit bei 44 Sprintern. Die Athleten wurden in der Vorsaison untersucht und über zwölf Monate begleitet. In dieser Zeit wurden gesamthaft 24 Verletzungen notiert, davon 50% an den Hamstrings. Von den acht betroffenen Sportlern verletzten sich zwei zweimal und einer sogar dreimal. Diese Wiederverletzungen betrafen jedes Mal das ipsilaterale Bein. Des Weiteren zeigt diese Studie, dass das Verletzungsrisiko zu Beginn der Saison grösser ist.

Yeung et al. (2009) veranschaulichen, dass das Hamstrings-Verletzungsrisiko bei einer Abnahme des konventionellen H/Q Verhältnisses von 180°/Sek. steigt. Sie schlussfolgern, dass ein isokinetisches Assessment in der Vorsaison Athleten mit einem erhöhten Verletzungsrisiko identifizieren kann.

### **3.3 Studien zu präventiven Kraftinterventionen**

In diesem Unterkapitel werden drei Studien (Askling, 2003; Gabbe, 2006 & Mjølsnes, 2004) verglichen, welche ein Präventionsprogramm für Hamstrings-Verletzungen des Grades I bis III untersuchen. Alle bauen ihre Forschungen auf der Annahme früherer Studien auf, dass Kräftigung der Hamstrings die Verletzungsrate minimieren kann. Die Kraftübungen, welche als Intervention verwendet wurden, sind im Abschnitt 3.3.5 erläutert.

#### **3.3.1 Studie 4: Nordic Hamstrings vs. Dehnungsübungen**

In der Pilotstudie von Gabbe et al. (2006) wurde untersucht, ob mittels eines exzentrischen Trainingsprogrammes in der Vorsaison Hamstrings-Verletzungen vorgebeugt werden können. Die 220 männlichen Fußballspieler wurden zufällig in eine Interventions- oder Kontrollgruppe eingeteilt.

Die Probanden der Interventionsgruppe führten während zwölf Wochen zusätzlich zu ihrem sportspezifischen Training die exzentrische Kraftübung Nordic Hamstrings unter Supervision durch. Die Kontrollgruppe hingegen hatte die Aufgabe bilaterale statische Dehnungsübungen für die Hüftflexoren, die Hamstrings und den M. gastrocnemius sowie LWS Rotation von gleicher Zeitdauer wie die Interventionsgruppe auszuüben.

Da die Compliance der Teilnehmer sehr schlecht war und nur gerade 46.4% der Interventionsgruppe wenigstens zwei von fünf Trainingssessionen durchgeführt haben, konnten keine signifikanten Ergebnisse erzielt werden. Wenn man nur diejenigen Probanden analysiert hat, welche mindestens zwei Sessionen durchgeführt haben, konnte immerhin der Trend festgestellt werden, dass das exzentrische Training hilfreich ist, jedoch gab es keine Signifikanz. Als Hauptgrund für die schlechte Beteiligung gaben die Spieler Muskelkater an, der als Folge der Übung aufgetreten sei (Gabbe et al., 2006).

#### **3.3.2 Studie 5: Nordic Hamstrings (exzent.) vs. Hamstrings Curls (konz.)**

Ziel der Autoren Mjølsnes, Arnason, Østhagen, Raastad und Bahr (2004) ist es, mit ihrer Studie die Wirkung der verschiedenen Kräftigungsübungen Nordic Hamstrings und Hamstrings Curls auf die Muskelkraft zu vergleichen.

Für die Untersuchung wurden 21 männliche Fussballer randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Interventionsgruppe führte während zehn Wochen die exzentrische Übung Nordic Hamstrings durch. Die Kontrollgruppe übte über denselben Zeitraum konzentrische Hamstrings Curls auf einer traditionellen Leg Curls Maschine aus (Mjølsnes et al., 2004).

Die Studie von Mjølsnes et al. (2004) zeigt eine Erhöhung aller Hamstrings-Kräftetests der Nordic Hamstrings-Gruppe auf. Es konnte vor allem eine Steigerung des funktionellen H/Q Verhältnisses sowie eine Verbesserung des exzentrischen Hamstrings-Drehmomentes erreicht werden. Im Vergleich dazu, wurde keine Veränderung in der Hamstrings-Curls Gruppe erzeugt. In beiden Gruppen konnte kein Effekt auf die maximale konzentrische Quadriceps-Kraft festgestellt werden. Auf Verletzungen wurde in dieser Studie nicht eingegangen.

### **3.3.3 Studie 6: Hamstrings Curls mit Betonung auf exzentrische Überbelastung (YoYo-Schwungradergometer)**

Askling et al. (2003) wollen mit ihrer Studie aufzeigen, welche Auswirkungen ein Kräftigungsprogramm der Hamstrings mit exzentrischer Überbelastung auf die Häufigkeit und den Schweregrad von Hamstrings-Verletzungen hat, sowie herausfinden, ob dadurch eine Verbesserung der Kraft und Geschwindigkeitsleistung erzielt werden kann.

Die Studie wurde mit 30 männlichen Fussballspielern durchgeführt. Die Probanden wurden für ein zehnwöchiges Training randomisiert in eine Interventions- und Kontrollgruppe aufgeteilt. Die Interventionsgruppe führte mit dem „YoYo Schwungradergometer“ spezifische Hamstrings-Übungen durch, welche aus konzentrischer und exzentrischer Bewegung bestehen. Die Kontrollgruppe hatte neben ihrem sonstigen Training keine zusätzlichen Aufgaben (Askling et al., 2003).

In der Studie von Askling et al. (2003) zeigt sich in der Interventionsgruppe mit dem „YoYo Schwungradergometer“ sowohl eine Verbesserung der isolierten Kraft (konzentrisch und exzentrisch) der Hamstrings, wie auch in koordinierter Aktivität, welche sich in einer erhöhten Sprintgeschwindigkeit auf 30 Metern äussert. Ausserdem ist die Anzahl der Verletzungen über die Studiendauer in der Trainingsgruppe (drei von 13 Verletzungen) signifikant tiefer als in der Kontrollgruppe (zehn von 13 Verletzungen). Acht der Dreizehn Verletzungen wurden als „milde Verletzung“ klassifiziert, vier



als „mittlere“ und eine als „schwere“. Von diesen dreizehn Verletzungen ereigneten sich sechs während den Spielen, die anderen sieben während den Trainings. Die Spieler rapportierten, dass acht der neun akut traumatischen Verletzungen während Sprintaktivitäten passierten und eine, die einzige „schwere Verletzung“, während eines Rutsch-Angriffes. Die restlichen vier wurden als Overuse-Verletzungen eingestuft (Askling et al., 2003).

### 3.3.4 Beobachtete Effekte der Kraftinterventionen

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die mit den Kraftinterventionen erzielten Ergebnisse der erläuterten Studien (Askling, 2003; Gabbe, 2006 & Mjølsnes, 2004).

**Tabelle 3 – Beobachtete Effekte der Kraftinterventionen**

Interventions-Gruppe	N	Kontroll-Gruppe	N	Dauer	positive Effekte der Interventionsgruppe (im Vergleich zur Kontrollgruppe)	Studie
HC mit dem Schwungradergometer (exzent. Überbelastung)	15	keine Intervention	15	· 10Wo.	· Hamstrings-Kraft (exzent. & konz.) ↑ · 30-Meter-Sprintgeschwindigkeit ↑ · Verletzungsanzahl ↓	Askling et al., 2003
NH (exzent.)	11	HC (konz.)	10	· 10Wo.	· Hamstrings-Kraft (exzent. & isomet.) ↑ · funktionelles H/Q Verhältnis ↑	Mjølsnes et al., 2004
NH (exzent.)	114	Dehnen	106	· 12Wo.	· Compliance (v.a. NH-Gruppe) ↓ · Verletzungshäufigkeit ↓ (wenn nur 2. Sessionen verglichen werden)	Gabbe et al., 2006

Es wird ersichtlich, dass sowohl die Hamstrings Curls Übung (HC) mit dem „YoYo Schwungradergometer“ als auch Nordic Hamstrings Übung (NH) einen positiven Einfluss auf die Hamstrings-Kraft und Verletzungsanzahl haben.

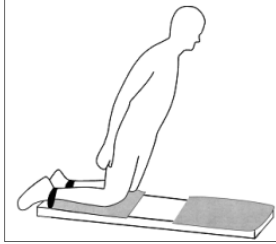
### 3.3.5 Beschreibung der angewendeten Hamstrings-Kraftübungen

In diesem Abschnitt werden die Nordic Hamstrings sowie die Hamstrings Curls, auch Leg Curls genannt, Kraftübungen aus diesen Studien detaillierter beschrieben, da in der Diskussion genauer auf diese eingegangen wird.

## Nordic Hamstrings (NH)

Die exzentrisch betonte Nordic Hamstrings-Kraftübung wird in drei Studien als präventive Intervention angewendet (Engebretsen, 2008; Gabbe, 2006 & Mjøl̄snes, 2004). In Tabelle 4 ist die Übung bezüglich der Ausgangsstellung, Bewegungsablauf und Dosierung detailliert nach Brockett et al. (2001) erklärt.

**Tabelle 4 - Nordic Hamstrings** (in Anlehnung an Brockett et al., 2001)

<b>Ausgangsstellung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auf einem gepolstertem Brett kniend</li> <li>• Unterschenkel sind mit einem Velcro Sprunggelenks-Gurt stabilisiert</li> </ul>	 <p><b>Abbildung 7 - NH-Ausrüstung</b> (Brockett et al., 2001)</p>
<b>Bewegungsablauf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Körper langsam gegen die Schwerkraft nach vorne Richtung Boden absenken</li> <li>• steife Körperhaltung (konstanter Hüftwinkel)</li> <li>• so lange wie möglich nach unten senken → lange exzentrische Hamstrings-Kontraktion</li> </ul>	
<b>Dosierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 Serien à 6 Wdh.</li> <li>• Pause: 10 Sek. zwischen Wdh. Und 2-3 Min. zwischen Serien</li> </ul>	

In den Studien von Mjøl̄snes et al. (2004); Gabbe et al. (2006) und Engebretsen et al. (2008) wird diese Intervention als Partnerübung durchgeführt, d.h. anstatt des Gurtes wird eine zweite Person zur Fixation der Unterschenkel eingesetzt. Zudem variieren die Ausgangsstellungen, der Bewegungsablauf, die Dosierungen und der Ausführungszeitpunkt. Dabei ist anzumerken, dass Engebretsen et al. (2008) diese Übung entsprechend Mjøl̄snes et al. (2004) anwenden.

Der Proband benützt die Hände und Arme zum Abdämpfen des Falles, bis die Brust den Boden berührt. Um zurück in die Ausgangsstellung kommen stösst sich der Proband mit den Händen Richtung Vertikale ab, um so die Belastung während der konzentrischen Phase zu minimieren (Mjøl̄snes et al., 2004). Gabbe et al. (2006) geben hierzu keine Informationen.

Auffallend in der Studie von Gabbe et al. (2006) ist, dass der Proband die Hüfte nicht flektiert hat, aber die Arme vor der Brust verschränkt hält. Mjøl̄snes et al. (2004) starten aus einer flektierten Hüftstellung. Zudem führen sie eine sukzessive Steigerung der Dosierung über die zehn Trainingswochen durch. Begonnen wird in der ersten

Woche mit einer Trainingssession die zwei Serien à fünf Wiederholungen beinhaltet. In der fünften bis zehnten Woche wird die Dosierung auf drei Sessionen mit je drei Serien à zwölf, zehn bzw. acht Wiederholungen erhöht. Die Belastung kann gesteigert werden, sobald der Proband fähig ist, dem Fall länger zu widerstehen. Sobald dies bei zwölf Wiederholungen durch das ganze Bewegungsausmass möglich ist, kann die Geschwindigkeit bei der Startphase gesteigert werden oder die Hilfsperson kann zusätzlich einen Stoss an den Schultern geben. Bei Gabbe et al. (2006) hingegen bleibt die Trainingsintensität über die ganze Interventionszeit gleich, zwölf Serien à sechs Wiederholungen. Die Übung wird am Ende des üblichen Trainings, noch vor dem Auslaufen, ausgeführt. Mjølshes et al. (2004) geben den Durchführungszeitpunkt nicht an.

### **Hamstrings Curls (HC) mit dem „YoYo Schwungradergometer“**

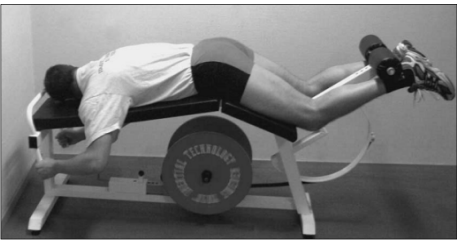
Askling et al. (2003) untersuchen in ihrer Studie die Wirkung auf Muskelverletzungen und auf die Muskelkraft der Hamstrings Curls Übung mit dem „YoYo Schwungradergometer“, welcher einen Schwerpunkt auf die exzentrische Überbelastung legt (siehe 2.5.2). Tabelle 5 zeigt die Ausgangsstellung, den Bewegungsablauf und die Dosierung dieser Übung.

### **Hamstrings Curls (HC) mit einer traditionellen Hamstrings Curls Maschine**

Die Hamstrings-Curls Übung mit der traditionellen Hamstrings Curls Maschine (z.B. Isotonic Line M010) wird in der Studie von Mjølshes et al. (2004) in der Kontrollgruppe im Vergleich zur Nordic Hamstrings-Gruppe benützt.

Der Unterschied zur Übung mit dem „YoYo Schwungradergometer“ liegt hier in der Konzentration auf die konzentrische Phase. Dazu werden die Fersen so schnell und kraftvoll wie möglich in Richtung Gesäss gezogen. Um die Belastung während der exzentrischen Phase zu minimieren, werden die Füße mit so kleiner Anstrengung wie möglich zurück in die Ausgangsstellung gebracht (Mjølshes et al., 2004).

**Tabelle 5 - Hamstrings Curls mit dem „YoYo Schwungradergometer“**  
(in Anlehnung an Askling et al., 2003)

<b>Ausgangsstellung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauchlage</li> </ul>	 <p><b>Abbildung 8 – HC mit dem „YoYo Schwungradergometer“</b> (Askling et al., 2003)</p>
<b>Bewegungsablauf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konzentrisch: von gestreckter Knieposition bis volle Knieflexion (130-140°) mit max. Anstrengung</li> <li>• exzentrisch: Start der Abbremsung bis 90° Knieflexion</li> <li>• exzentrische Überbelastung: Fortsetzung der Abbremsung bis gestreckte Knieposition mit max. Anstrengung</li> </ul>	
<b>Dosierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Serien à 8 Wdh.</li> <li>• erste Serie dient der spezifischen Aufwärmung</li> <li>• Pause zwischen Serien: 1 Min.</li> <li>• durchschnittliche Winkelgeschwindigkeit: 60°/Sek.</li> <li>• konzentrische Muskelaktivität: 2,2 Sek.</li> <li>• exzentrische Muskelaktivität: 1,5 Sek.</li> </ul>	
<b>Durchführung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• im nicht ermüdeten Zustand</li> <li>• nach einem standardisierten Aufwärmen (15 min Jogging oder Velofahren)</li> </ul>	

### 3.4 Qualitative Studienbeurteilung

Zwei verschiedene Methoden (PEDro-Skala und Formular von Law et al. (1998)) werden zur qualitativen Beurteilung der Hauptstudien (Askling, 2003; Croisier, 2008; Engebretsen, 2008; Gabbe, 2006; Mjølsnes, 2004 & Yeung, 2009) verwendet, welche anschliessend begründet werden. Über deren Bewertung wird nur kurz Stellung genommen. Im Anhang in Tabelle 8 und Tabelle 9 sind beide detaillierten Beurteilungen aufgeführt.

### **3.4.1 PEDro-Skala**

Vier dieser Studien weisen das Design einer randomisierten kontrollierten Studie auf und können daher nach der PEDro Skala (deutsch) beurteilt werden (Hegenscheidt, Harth & Scherfer, 1999). Sowohl die Studie von Gabbe et al. (2006), Askling et al. (2003) wie auch jene von Engebretsen et al. (2008) sind mit fünf von zehn Punkten bewertet. Die Studie von Mjølsness et al. (2004) erhält als Totalskore vier Punkte. Keine dieser vier Studien erhält einen von möglichen drei Punkten für die Verblindung von Probanden, Therapeuten oder Untersucher.

### **3.4.2 Formular von Law et al. (1998)**

Die Studie von Croisier et al. (2008) und Yeung et al. (2009) weisen das Design einer Kohortenstudie auf und können deshalb nicht mit der PEDro Skala qualifiziert werden. Daher wird die Bewertung von allen sechs Studien zusätzlich nach dem Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien von Law et al. (1998) mit leicht abgeänderter Version (ohne Kommentar/Begründungen) durchgeführt. In jeder dieser Studie sind der Zweck der jeweiligen Forschungsarbeit, die Hintergrundliteratur und die Schlussfolgerungen angegeben. Keine dieser Arbeiten begründet deren Stichprobengrösse oder informiert über die Ausschliessung von Ko-Intervention. Grundsätzlich wird die Reliabilität und Validität der Outcomemessungen knapp bis gar nicht erwähnt.



## **4 Diskussion**

Im Diskussionsteil gehen die Autoren dieser Bachelorarbeit auf Punkte ein, die sie entweder genauer erläutern oder kritisch analysieren möchten. Betrachtet werden die Studienqualität, die Identifikationsmöglichkeiten eines erhöhten Verletzungsrisikos, die Kraftinterventionen sowie der multifaktorielle Ursprung der Muskelverletzungen. Zu jedem dieser Themen werden weitergehende Ideen und ein Fazit dargelegt.

### **4.1 Qualität der Studien**

Dieses Unterkapitel diskutiert einige Kriterien aus den zwei zuvor erwähnten Beurteilungsmethoden, die einer differenzierten Betrachtung bedürfen.

#### ***4.1.1 Probandenzahl***

Die sechs Hauptstudien dieser Bachelorarbeit (Askling, 2003; Croisier, 2008; Engebretsen, 2008; Gabbe, 2006; Mjølsnes, 2004 & Yeung, 2009) weisen grundsätzlich eher kleine Teilnehmeranzahlen vor. Drei dieser Studien (Askling, 2003; Mjølsnes, 2004 & Yeung, 2009) haben je zwischen 21 bis 44 Probanden untersucht. Engebretsen et al. (2008) führten ihre Studie mit 508 Teilnehmern durch, konnten jedoch keine Rückschlüsse aufgrund stark mangelhafter Compliance aus deren Trainings-Intervention ziehen. Aus demselben Grund konnten Gabbe et al. (2006), welche 220 Personen untersuchen konnten, nur Vermutungen über den Effekt ihrer Intervention ziehen, indem sie nur einen Teil der Interventionsdauer betrachteten, um so eine grössere Teilnahme zu haben.

#### ***4.1.2 Ko-Intervention und Kontaminierung***

Wie die Autoren dieser Arbeit festgestellt haben, sind in keiner der erwähnten sechs Hauptstudien Massnahmen gegen eine Ko-Intervention angegeben. Engebretsen et al. (2008) erwähnen, dass 19 ihrer 31 beobachteten Teams bereits ähnliche vorbeugende Übungen in der Vorsaison ausübten und dass es nicht möglich ist, diese Mannschaften davon abzuhalten. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Sportler der anderen Studien nicht auch in ihrem sportspezifischen Training gleiche oder ähnliche Massnahmen ausführen und/oder andere präventive Faktoren wie

Beweglichkeit, Ausdauer, Aufwärmen usw. berücksichtigen, die das Ergebnis beeinflussen könnten.

Die Autoren sind der Meinung, dass es besser wäre, wenn die Aufsichtsperson über die Gruppenzuordnung informiert ist, um eine Kontaminierung zu vermeiden oder wenigstens feststellen (und in der Auswertung ausschliessen) zu können. Bei der Untersuchung von Engebretsen et al. (2008) ist nicht auszuschliessen, dass die Hilfsperson für die Intervention nicht der Kontrollgruppe angehört und deswegen ebenfalls die Übungen ausprobieren möchte.

#### **4.1.3 Verblindung**

In der Physiotherapie stellt die Verblindung, vor allem die des Therapeuten, einen schwierig zu erreichenden Punkt dar. Es fragt sich, ob ein Therapeut bestmöglich behandeln, sprich ein optimales Präventionsprogramm erstellen kann, wenn er nicht über die Absicht und das Ziel der Intervention informiert ist.

#### **4.1.4 frühere Verletzungen**

Ein weiterer Diskussionspunkt sind die Ein- und Ausschlusskriterien der Probanden bezüglich früherer Verletzungen. Allgemein wird kein Augenmerk auf frühere Verletzungen gerichtet. Es wird lediglich erwähnt (Askling, 2003; Gabbe, 2006 & Mjølsnes, 2004), dass verletzte Spieler zum Zeitpunkt des Studienstartes ausgeschlossen werden. Mjølsnes (2004) präzisiert weiter, dass keine Probanden in den Studien eingeschlossen sind, welche in den letzten drei Monaten eine Verletzung erlitten.

Dies lässt offen, ob eventuell bereits eine eingeschränkte Elastizität des Muskels aufgrund einer früheren Verletzung vorhanden ist und für eine grössere Anfälligkeit der Verletzungen sprechen würde (Heiderscheit et al., 2010), (siehe Abschnitt 2.3.2). Abschliessend ist deshalb nicht einheitlich festzuhalten, um welche Art von Prävention (Primär bzw. Prävention von Wiederverletzungen) es sich in den analysierten Studien handelt und somit auch in dieser Arbeit, welche sich auf diese Studien stützt.



#### **4.1.5 Diagnose und Grad der Verletzung**

Die Studie von Askling et al. (2003) weist eine höhere Verletzungsrate als vorangegangene Forschungsarbeiten auf. Die Mehrheit der Verletzungen (62%) ist jedoch als „mild“ definiert, sprich haben eine Abwesenheit von höchstens einer Woche zur Folge.

Dies lässt bei den Autoren die Frage aufkommen, ob manche dieser „milden Verletzungen“ nicht nur starken Muskelkater darstellen könnten anstelle einer schwerwiegenderen Muskelverletzung. Als Folge könnte das positive Ergebnis der Nordic Hamstrings-Übung bei der Studie von Askling et al. (2003) verfälscht werden. Daher sind die Autoren der Meinung, dass wenn immer möglich für Studienzwecke ein MRI- oder Ultraschallbild die Verletzungsstärke aufzeigen soll, was jedoch mit hohen Kosten verbunden ist.

#### **4.1.6 Fazit**

Aus den Studienbeurteilungen und den zuvor diskutierten Punkten lässt sich schließen, dass die Qualität dieser sechs Hauptstudien mittelmässig ist. Die Autoren können keine Studie speziell positiv oder negativ hervorheben. Sicher stellen die meist niedrige Probandenanzahl und die teils mässige Compliance Einschränkungen der Evidenz dar, insbesondere um konkrete Angaben bezüglich der Risikoverminderung oder Identifikation zu machen. Jedoch konnten Verbesserungen (siehe Tabelle 3) festgestellt werden.

### **4.2 Identifikationsmöglichkeiten eines erhöhten Verletzungsrisikos**

Im Folgenden werden der „Injury Screening“-Fragebogen und die isokinetischen Messungen diskutiert.

#### **4.2.1 „Injury Screening“-Fragebogen**

Engbretnsen et al. (2008) konnten in ihrer Studie Fussballspieler mit erhöhtem Verletzungsrisiko der unteren Extremitäten durch einen selbstausgefüllten Fragebogen identifizieren, der Punkte über frühere Verletzungen sowie unter anderem Funktionen der Hamstrings beinhaltet. Der Vorteil dieser Methode ist, dass es eine sehr kostengünstige und einfache Variante darstellt, und somit für jegliches Leistungslevel ge-

eignet ist. Zudem könnte dieser Fragebogen auf eine webbasierte Anwendung erweitert werden, um Sportler ohne medizinische Betreuung für ihr Verletzungsrisiko zu sensibilisieren (Engbretsen et al., 2008).

Bevor jedoch dieser Fragebogen im grossen Stil angewendet wird, sollte dessen Qualität und Gültigkeit in mehreren, unabhängigen Studien untersucht werden.

Abgesehen von diesen positiven Punkten sehen die Autoren die subjektive Beurteilung dieser Methode als möglichen Nachteil. Es kann nicht gesagt werden, wie achtsam und wie kohärent die Spieler die einzelnen Fragen zu ihrem Befinden beantwortet haben. Engbretsen et al. (2008) erwähnen diesbezüglich nur das nicht Beherrschen der norwegischen Sprache als Ausschlusskriterium von Probanden.

Weiter ist zu beachten, dass die Studie von Engbretsen et al. (2008) jegliche Verletzungen der unteren Extremitäten betrachtet und nicht nur Hamstrings-Verletzungen. In der Studie werden kaum Zahlen bezüglich Hamstrings-Verletzungen erwähnt. Für die Autoren ist es folglich nicht möglich zu sagen, wie sich die Identifikation von erhöhtem Verletzungsrisiko spezifisch für die Hamstrings-Muskeln übertragen lässt.

#### **4.2.2 Isokinetische Kraftmessungen**

Yeung et al. (2009) und Askling et al. (2003) haben isokinetische Kraftmessungen in der Vorsaison vorgenommen, um das Kraftprofil jedes Sportlers zu ermitteln und somit mögliche Aussagen über ein erhöhtes Verletzungsrisiko machen zu können.

Yeung et al. (2009) stellen in ihrer Studie fest, dass das konventionelle H/Q<sub>180</sub> Verhältnis von allen Kraftvariablen der beste Prädiktor für Hamstrings-Verletzungen ist, wobei das Risiko einer Verletzung mit zunehmendem Verhältnis abnimmt. Dies ist insofern überraschend, als dass das funktionelle H/Q Verhältnis die Fähigkeit der exzentrisch arbeitenden Hamstrings beschreibt, um die konzentrische Quadriceps-Aktivität während der terminalen Schwungphase abzubremsen und genau dies der Hamstrings-Verletzung zugrundeliegt. Somit wäre theoretisch das funktionelle Verhältnis aussagekräftiger.

Unabhängig davon ist Clark (2008) der Ansicht, dass das konventionelle H/Q Verhältnis zwar einige Informationen über die funktionellen Fähigkeiten der unteren Extremitäten aufzeigen kann, jedoch drei grundlegende Schwächen birgt:

- Die isokinetische Messung ist einerseits für viele Spieler nicht leicht zu erreichen und andererseits kann dieses Verfahren die schnellen Wechsel der Bewegungsgeschwindigkeit, die während der Schwungphase im Laufen passieren, nicht nachahmen.
- Der Test ist konzentrisch, obwohl die Mehrzahl der Verletzungen während exzentrischer Hamstrings Kontraktion stattfinden.
- Die Bewegungsposition, in welcher die Maximalkraft generiert wird, wird nicht beachtet. Dies ist wichtig, da das maximale Drehmoment bei einem extendierten Knie zu einer weniger starken Veränderung der Muskellänge führt und deshalb möglicherweise das Risiko einer Verletzung durch abnehmende Instabilität der Sarkomere während der exzentrischen Kontraktion vermindert wird (Clark, 2008).

Croisier et al. (2008) erachten ein tiefes funktionelles H/Q Verhältnis als einen Risikofaktor für Muskelverletzungen.

Wichtig ist, dass die isokinetischen Messungen mit einer hohen Winkelgeschwindigkeit durchgeführt werden, da so eine bessere Korrelation zum athletischen Bewegungsablauf besteht (Yeung et al., 2009).

Ein negativer Punkt wird in der systematischen Einführung solcher Assessments bei Hobbysportlern gesehen, da diese Methode im Vergleich zur investierten Trainingszeit vermutlich zu teuer und zeitaufwendig wäre (Croisier et al., 2008).

#### **4.2.3 Fazit**

Die Autoren sind der Meinung, dass sowohl der Fragebogen wie auch die isokinetische Messung zur Abschätzung des Risikos geeignet sind. Der Fragebogen ist eine sehr einfache und kostengünstige Methode und dadurch ideal für eine Ersteinschätzung, welche allerdings eine weitere Verifizierung bedarf. Falls damit ein möglicherweise erhöhtes Verletzungsrisiko ermittelt wird, sollten objektive Messungen getätigt und falls nötig mit einer entsprechenden Intervention ausgeglichen werden.

Die Schwierigkeit der isokinetischen Messung wird in der Bestimmung eines relevanten Grenzwertes für das H/Q Verhältnisses gesehen, ab welchem von einem erhöhten Risiko gesprochen werden kann. Wie auch Yeung et al. (2009) erwähnt haben, muss dieser Wert bei jeder Sportart eigens definiert werden. Zudem könnte dieser auch innerhalb einer Sportart variieren, so zum Beispiel mit dem Leistungslevel, Regelmässigkeit, Erholungsdauer etc.

Die bilateralen Muskelkraftdifferenzen werden als ein weniger bedeutender Faktor angesehen, da die meisten Personen von Natur aus ein stärkeres und schwächeres Bein haben. Zudem wird in Sportarten wie Fussball hauptsächlich das eine Bein zusätzlich mit Kickübungen trainiert, was einen Einfluss auf die Unterschiede der bilateralen Beinkraft haben kann.

### **4.3 Vergleich der Kraftinterventionen**

Es konnten sowohl mit der Nordic Hamstrings Übung wie auch mit dem Trainieren des „YoYo Ergometers“ positive Ergebnisse erzielt werden. Genauer sind diese Resultate in Tabelle 3 dargestellt.

Es ist zu beachten, dass zum Beispiel Gabbe et al. (2006) und Mjølsnes et al. (2004) die Wirkung der Nordic Hamstrings Übung untersucht haben, jedoch nicht die exakt gleiche Ausgangsstellung, Dosierung und Zeitpunkt der Durchführung verwendeten und somit unterschiedliche signifikante Resultate dargelegt werden (siehe Abschnitt 3.3.5 für Details zu den Übungen).

Im Folgenden werden einerseits die Resultate bezüglich dieser Differenzen diskutiert und andererseits die generellen Vor- und Nachteile der angewendeten Interventionen sowie die Compliance und Supervision erörtert.

#### **4.3.1 Einfluss der Intensität auf die Compliance**

Die Nordic Hamstrings Übung ist sehr intensiv, was in der Studie von Gabbe et al. (2006) besonders deutlich ersichtlich ist. Die Compliance der Probanden war so tief, dass keinerlei signifikanten Ergebnisse gemessen werden konnten. Als Hauptgrund für die Verweigerung des Trainings gaben die Spieler den von der Übung erhaltenen Muskelkater an, welcher zu einer Hemmung der Spielerteilnahme am Mannschaftstraining führte. Ausserdem glaubten die Probanden, dass der Muskelkater ein

Zeichen für ein erhöhtes Risiko für Hamstrings-Verletzungen darstellen könnte (Gabbe et al., 2006).

Bei Mjøl̄snes et al. (2004) hingegen, wurde diese Übung gut toleriert, was sich in einer guten Compliance ausgewirkt hat. Um den resultierenden Muskelkater zu minimieren, wurde die Intensität durch eine fortlaufende aber langsame Steigerung der Trainingssessionen pro Woche, der Serienanzahl mit deren Wiederholungen angepasst.

#### **4.3.2 Verbesserung der Compliance**

Sowohl die Studie von Gabbe et al. (2006) und jene von Engebretsen et al. (2008) zeigen, wie wichtig eine gute Compliance der Teilnehmer ist, um signifikante Ergebnisse zu erzielen und somit relevante Aussagen machen zu können. Zudem bemerken Engebretsen et al. (2008) weiter, dass es ein Minimum an Übungsdurchführung braucht bevor ein Effekt erwartet werden kann.

Engebretsen et al. (2008) schliessen aus ihren Resultaten, dass Supervision eine gute Möglichkeit darstellt, um die Compliance zu verbessern. Weiter könnte es hilfreich sein, wenn die Übungen in der Gruppe und unter einem qualifizierten Instruktor durchgeführt werden, um so eine möglicherweise entstehende Langeweile zu minimieren und den initialen Muskelkater zu bewältigen. Eine qualifizierte und kompetente Supervision würde gleichzeitig auch die Qualität der Interventionsdurchführung verbessern (Engebretsen et al., 2008).

#### **4.3.3 Nicht dem Verletzungsmechanismus entsprechende Ausgangsstellungen**

Die Position, in welcher man die Hamstrings trainiert, entspricht sowohl bei der Nordic Hamstrings wie auch bei der Hamstrings Curls Übung nicht mit dem Verletzungsmechanismus des Sprint-Typs überein. Beide Übungen sind im Abschnitt 3.3.5 genauer beschrieben. Mjøl̄snes et al. (2004) erwähnen, dass dies aus präventiver Perspektive betrachtet eine exzentrische Übung darstellen würde, welche eine sehr hohe Kniewinkelgeschwindigkeit mit maximaler Kraftproduktion bei 30° Knieflexion abbremsst. Bisher ist keine Methode bekannt, welche diese Kriterien abdeckt.

Bei der Nordic Hamstrings Übung war es vielen Spielern nach zehn Trainingswochen möglich, die Vorwärtsbewegung erst kurz vor dem Boden zu stoppen, was in etwa

einer 30°Knieflexion entspricht. Dies war sogar möglich, wenn sie von einem Partner mit einer beachtlichen Geschwindigkeit gestossen wurden. Wenn es den Sportlern gelingt dieses Level zu erreichen kommt die Übung der üblichen Verletzungssituation sehr nahe (Mjølsnes et al., 2004).

Bei der Trainingsmethode mit dem „YoYo Schwungradergometer“ kann diese maximale exzentrische Abbremsung bei ca. 30°Knieflexion ebenfalls erreicht werden. Die exzentrische Überbelastung wird durch anfängliches längeres Nachlassen grösser. Zudem weist sie die in der Theorie unter 2.5.2 genannten Vorteile auf.

#### **4.3.4 weiterführende Gedanken und Ideen**

Das Trainieren ohne Geräte, wie zum Beispiel bei der Nordic Hamstrings Übung, ist bei Sportlern aus tieferen Stärkenklassen von Vorteil. In solchen Vereinen sind die nötigen finanziellen Mittel für grössere Anschaffungen, wie eine Hamstring Curls Maschine, oft nicht vorhanden. Die Prävention von Muskelverletzungen sollte jedoch auch dort einen wichtigen Teil des Trainings darstellen.

Zusätzlich wird für die Autoren die Wichtigkeit einer korrekten Dosierung verdeutlicht. Da die beschriebenen Übungen sehr intensiv sind, sollte das Training langsam und individuell gesteigert werden. Auch der Durchführungszeitpunkt sollte beachtet werden. Zu Beginn der Intervention ist der Zeitpunkt im nicht ermüdeten Muskelzustand von Vorteil, um so weniger Schäden mit der Übung selbst zu erzeugen. Bei der Nordic Hamstrings Übung kann die Intensität durch die Wiederholungszahl, Vergrößerung oder Verkleinerung des ROMs, die Geschwindigkeit und durch ein zusätzliches Stossen einer Drittperson verändert werden. Beim Training mit Gewichten oder dem Schwungradergometer kann die Intensität zusätzlich durch vermehrte Zugstärke oder Gewicht verändert werden. Beim Trainieren mit Gewichten gilt nach van Duijn (2007) die extensive Wiederholungsmethode als die Methode der Wahl. Es werden drei bis fünf Serien à 15 Wiederholungen durchgeführt und das Gewicht wird so gewählt, dass nach den durchgeführten Repetitionen eine vollständige Erschöpfung vorhanden ist. Diese Methode hat die Rekrutierung der 2a Muskelfasern zum Ziel, welche schneller hypertrophieren können als die 1a Muskelfasern. Die Intensitätssteigerung der Nordic Hamstrings Übung nach Mjølsnes et al. (2004) hat sich als sinnvoll erwiesen. In der Studie zeigt sich einen positiven Effekt auf die Kraft und die Compliance und könnte somit in der Praxis dementsprechend angewendet werden.

Ferner erachten die Autoren die Ausgangsstellung und Durchführung als einen bedeutsamen Punkt. Je nach Stellung des Beckens sind die Hamstrings in einer verlängerten oder angenäherten Stellung, (veränderte Hebelwirkung durch verschiedene Gelenkstellungen) was einen unterschiedlichen Effekt auf das Muskelkrafttraining haben kann. Weiter ist zu beachten, dass mit diesen erwähnten Übungen je nach Ausführung verstärkt die konzentrische oder die exzentrische Hamstrings-Kraft oder sogar beide Kontraktionsvarianten trainiert werden können. Es ist deshalb sehr wichtig, dass bei der Durchführung der Fokus auf der gewünschten Aktivierung liegt. Laut Clark (2008) scheint die Nordic Hamstrings Übung jedoch keine Steigerung der konzentrischen Hamstrings-Kraft zu generieren. Diese Methode kombiniert mit Widerstandsübungen, wie Hamstrings Curls oder Dead Lift (konzentrisch), würde helfen, um optimale H/Q Verhältnisse für exzentrische und konzentrische Kontraktion zu erreichen (Clark, 2008). Generell sollte der Schwerpunkt auf dem Ausgleich der Kraftdysbalancen liegen, welche durch eine Nachmessung der isokinetischen Kraftvariablen bestätigt werden können. Dies zeigt sich in der Studie von Croisier et al. (2003).

#### **4.3.5 Fazit**

Die Nordic Hamstrings Übung und die Hamstrings Curls mit dem „YoYo Schwungradergometer“ weisen positive Effekte auf die Hamstrings-Verletzungshäufigkeit auf. Aus der erfolgten Recherche kann nicht gesagt werden, welche Übung effektiver ist.

Ein optimales Hamstrings-Training würde für die Autoren in der Theorie eine stehende Hamstrings Curls Übung, mit einer schnellen Geschwindigkeit bei der Durchführung des exzentrischen Abbremsens darstellen. Um die Compliance sicher zu stellen, wird es als hilfreich erachtet, wenn diese präventiven Übungen direkt ins spezifische Training eingebaut würden. So wäre die Supervision und somit die Durchführungsquantität und -qualität gesichert und es könnte eine individuelle Intensitätssteigerung garantiert werden.

## **4.4 Multifaktorieller Ursprung von Muskelverletzungen**

In dieser Bachelorarbeit wurde der Schwerpunkt auf den Risikofaktor Kraftdysbalance bei Hamstrings-Verletzungen gelegt. Deshalb sind auch die Massnahmen der verwendeten Forschungsarbeiten auf diesen Faktor fokussiert.

Es ist jedoch zu beachten, dass die Entstehung von Muskelverletzungen multifaktoriell ist. Dies wird bei Croisier et al. (2008) bestätigt, da in dieser Studie auch 4.1% der Spieler, welche keine Muskeldysbalancen aufgewiesen haben, eine Verletzung erlitten. Bei diesen Probanden muss folglich eine andere Ursache zu Grunde liegen. Yeung et al. (2009) erwähnen, dass extrinsische Faktoren, wie die Lauffläche und die Schuhe usw. für eine genaue Aufklärung des Verletzungsmechanismus mit beachtet werden sollen.

### **4.4.1 Fazit**

Die Autoren schlussfolgern, dass es aufgrund der vielseitig möglichen Entstehung schwierig ist, den Fokus gezielt auf einen Risikofaktor zu legen. Es ist folglich wichtig, dass verschiedene Risiko- und Umweltfaktoren bei der Prävention in Betracht gezogen werden. Eine erfolgreiche Strategie für die Prävention von Hamstrings-Verletzungen wäre das Beachten und die bestmögliche Aufhebung der modifizierbaren Risikofaktoren wie verminderte Kraft, Beweglichkeit, Ermüdung usw. Damit dies so umgesetzt werden kann, müssen jedoch die potentiellen Risikofaktoren weiter untersucht werden, um eindeutige Ergebnisse liefern zu können.



## **5 Schlussfolgerungen**

Nachfolgend werden Schlussfolgerungen über die Kernaussagen der Arbeit gezogen, die physiotherapeutische Relevanz und Forschungslücken aufgezeigt.

### **5.1 Kernaussage**

Diese Arbeit zeigt, dass Athleten aus Sprint-Sportarten mit einem erhöhten Verletzungsrisiko mittels dem selbstausgefüllten „Injury Screening“-Fragebogen von Engbreitsen et al. (2008) identifiziert werden können. Da dieser Fragebogen jedoch nur in dieser einen Studie untersucht wurde und sich allgemein auf Verletzungen der unteren Extremität konzentriert, ist die Streuung dieser Methode (Aufdeckung des Hamstrings-Verletzungsrisiko) in Grenzen zu halten und bedarf weiterer Forschung. Zusätzlich ist die Identifikation der Sportler mit erhöhtem Hamstrings-Verletzungsrisiko aufgrund einer Kraftdysbalance von den Hamstrings- zu den Quadriceps-Muskeln mittels isokinetischen Kraftmessungen in der Vorsaison möglich. Dabei ist nicht eindeutig, ob das funktionelle oder das konventionelle Verhältnis relevanter und somit aussagekräftiger für ein erhöhtes Verletzungsrisiko ist. Weiter scheint der Grenzwert, für ein erhöhtes Verletzungsrisiko, in jeder Sportart anders zu sein und erfordert daher noch weitere Untersuchungen.

Präventive Kraftinterventionen wie die Nordic Hamstrings und Hamstrings Curls Übung mit dem „YoYo Schwungradergometer“ können die Hamstrings-Verletzungshäufigkeit reduzieren sofern die Dosierung gut beachtet wird. Eine sukzessive Steigerung der Intensität zeigt eine deutlich bessere Compliance und trägt somit zu signifikanteren Resultaten bei. Das Verletzungsrisiko kann weiter vermindert werden durch ein Nachmessen der Kraftvariablen, bis das Muskelungleichgewicht beseitigt wurde.

### **5.2 Physiotherapeutische Relevanz**

Die Arbeit zeigt, dass präventive Massnahmen für Muskelverletzungen nötig sind, damit die Sportler nicht in den Teufelskreis der hohen Wiederverletzungsrate geraten. Wenn möglich sollten Sportphysiotherapeuten die Teams bei der Planung und Durchführung eines Präventionsprogrammes unterstützen. Sie ermöglichen, dass die Spieler eine korrekte Instruktion erhalten und durch ihre Supervision können die

Qualität und Quantität der Übungen sicher gestellt werden. Mittels spezifischen, auf den Sportler angepasste Übungen kann am Ausgleich von Muskeldysbalancen gearbeitet werden. Aufgrund der anfallenden Kosten für die Einstellung einer Fachperson, ist das Trainieren mit Hilfe eines Physiotherapeuten hauptsächlich im Leistungsbe- reich realistisch.

### **5.3 offene Fragen – Forschungslücke**

Sowohl die Nordic Hamstrings wie auch die Hamstrings Curls Übung mit dem „YoYo Schwungradergometer“ zeigen eine Reduzierung der Hamstrings-Verletzungshäufigkeit. Wie die Autoren gesichtet haben, gibt es keinen Vergleich dieser beiden Massnahmen. Folglich wäre es von Bedeutung herauszufinden, ob sich eine der erwähnten Interventionen in einer direkten Gegenüberstellung als effektiver erweisen würde. Des Weiteren sind die Kraftinterventionen jeweils nur für eine Saison betrachtet worden. Es wäre wichtig zu wissen, ob die Verletzungshäufigkeit durch längere Interventionsdauer weiter gesenkt werden kann.

Ausserdem wäre es wichtig Studien durchzuführen, welche die Evidenz weiterer veränderbaren Risikofaktoren wie reduzierte Beweglichkeit, ermüdete Muskulatur oder ungenügendes Aufwärmen detaillierter erforschen. Die Autoren erachten die konkrete Durchführung als schwierig, da man aufgrund der multifaktoriellen Entstehung der Muskelverletzungen nicht ein Faktor isoliert betrachten sollte. Eine kombinierte Untersuchung birgt jedoch die Schwierigkeit eine relevante Aussage über die Effektivität der einzelnen Faktoren machen zu können.

Weiter sind zusätzliche Untersuchungen zur Klärung des genauen Verletzungsmechanismus nötig, um eine bessere Anpassung der Präventionsprogramme an diesen Mechanismus zu ermöglichen.

Für die Autoren bleibt offen, ob für die Primärprävention wie auch Prävention von Wiederverletzungen die gleichen Kraftinterventionen angewendet werden können. Folglich ist auch in diesem Bereich weitere Forschung nötig, um einer optimaleren Prävention näher zu kommen.

## **6 Danksagung**

An dieser Stelle möchten wir uns bei all denjenigen bedanken, die uns bei der Anfertigung dieser Bachelorarbeit zur Seite gestanden sind.

Ein besonderer Dank gilt unserem Betreuer, Herrn Arjen van Duijn, der uns durch seine hilfreichen Anregungen und theoretischen Inputs unterstützt hat.

Weiter möchten wir Laetitia Borra, Lucas Oehen, Robert Scherzinger und Kurt Graf herzlich für das Korrekturlesen unserer Arbeit danken.

Nicht zuletzt möchten wir uns bei unseren Eltern bedanken, die uns dieses Studium überhaupt erst ermöglicht und über die ganze Zeit unterstützt haben.



## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Literaturverzeichnis

#### 7.1.1 Bücher

- Brukner P. & Khan, K. (2006). *Clinical Sports Medicine*. Australia: The McGraw-Hill Companies.
- Engelhart, M. (2005). *Sportverletzungen-Sportschäden*. Stuttgart: Thieme Verlag KG.
- Engelhart, M. (2006). *Sportverletzungen*. München: Elsevier GmbH.
- Gielen, J. L., Robinson, P., Van Dyck, P., Van der Stappen, A. & Vanhoenacker, F. M. (2007). *Imaging of Orthopaedic Sports Injuries*. Berlin: Springer-Verlag.
- Knobloch, K. (2009). *Aus nach Sportverletzung*. Balingen: Spitta Verlag GmbH
- List, M. (2009). *Physiotherapie in der Traumatologie*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Renström, P. A. F. H. (1997). *Sportverletzungen und Überlastungsschäden. Prävention, Therapie, Rehabilitation*. Köln: Deutscher-Ärzte Verlag.
- Schünke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. (2005). *Prometheus Lernatlas der Anatomie*. Stuttgart: George Thieme Verlag.
- Van den Berg, F. (2007). *Angewandte Physiologie 3- Therapie, Training, Test*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.

#### 7.1.2 Zeitschriften

- Arnason, A., Sigurdsson, B., Gudmundsson, A., Holme, I. Engebretsen, L. & Bahr, R. (2004). Risk Factors for Injuries in Football. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1), 5 – 16.
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2006). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1 – 9.
- Askling, C., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. (2000). Sports related hamstring strains – two cases with different etiologies and injury sites. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10, 304 – 307.
- Askling, C., Karlsson, J. & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 244 – 250.
- Askling, C., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. (2007). Acute First-Time Hamstring Strains During Slow-Speed Stretching: Clinical, Magnetic Resonance Imaging, and Recovery Characteristics. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1716 – 1724.

- Askling, C., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. (2007). Acute First Time Hamstring Strains During High-Speed Running: A Longitudinal Study Including Clinical and Magnetic Resonance Imaging Findings. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(2), 197 – 206.
- Bennell, K., Wajswelner H., Lew P., Schall-Riauour, A., Leslie, S., Plant, D. & Cironi, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sports medicine*, (32), 309 – 314.
- Brockett, C. L., Morgan D. L. & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 783 – 790.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L. & Proske, U. (2004). Predicting Hamstring Strain Injury in Elite Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 379 – 387.
- Brooks, J. H. M., Fuller, C. W., Kemp, S. P. T. & Reddin, D. B. (2006). Incidence, Risk, and Prevention of Hamstring Muscle Injuries in Professional Rugby Union. *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*, 34(8), 1297 – 1306.
- Clark, R. A. (2008). Hamstring Injuries: Risk Assessment and Injury Prevention. *ANNALS Academy of Medicine Singapore*, 37(4), 341 – 346.
- Croisier, J., Ganteaume, S., Binet, B., Genty, M. & Ferret, J. (2008). Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 10(10), 1 – 7.
- Dvorak, J. & Junge, A. (2000). Football Injuries and Physical Symptoms: A Review of the Literature. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 3 – 9.
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2008). Prevention of Injuries Among Male Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(6), 1052 – 1060.
- Gabbe, B. J., Branson, R. & Bennel, K. L. (2006). A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 103 – 109.
- Goldman, E. & Jones, D. (2010). Interventions for preventing hamstring injuries (review). *The Cochrane Collaboration*, 1, 1 – 42.
- Greig, M. & Siegler, J. C. (2009). Soccer-Specific Fatigue and Eccentric Hamstrings Muscle Strength. *Journal of Athletic Training*, 44(2), 180 – 184.
- Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S. & Thelen, D. G. (2010). Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation, and Injury Prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(2), 67 – 81.
- Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Rampinini, E., Cereda, F. & Maffiuletti, N. A. (2008). Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 28, 113 – 119.
- Järvinen, T. A. H., Järvinen, T. L. N., Kääriäinen, M., Äärimaa, V., Vaittinen, S., Kalimo, H. & Järvinen, M. (2007). Muscle injuries: optimising recovery. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21(2), 317 – 331.

- Mjølsnes, R., Arnason, A., Osthagen, T., Raastad, T. & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14, 311 – 317.
- Petersen, J. & Hölmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 319 – 323.
- Proske, U., Morgan, D. L., Brockett, C. L. & Percival, P. (2004). Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. *Proceedings of the Australian Physiological and Pharmacological Society*, 34, 25 – 30.
- Schache, A. G., Wrigley, T. V., Baker, R. & Pandy, M. G. (2009). Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. *Gait & Posture*, 29, 332 – 338.
- Sherry, M. A. & Best, T. M. (2004). A Comparison of 2 Rehabilitation Programs in the Treatment of Acute Hamstring Strains. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34, 116 – 125.
- Smith, T. O., Hunt, N. J. & Wood, S. J. (2006). The physiotherapy management of muscle Haematomas. *Physical Therapy in sport*, 7, 201–209.
- Sugiura, Y., Saito, T., Sakuraba, K., Sakuma, K. & Suzuki, E. (2008). Strength Deficits Identified With Concentric Action of the Hip Extensors and Eccentric Action of the Hamstrings Predispose to Hamstring Injury in Elite Sprinters. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(8), 457 – 464.
- Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., Barnes, P. G., Fon, G. T. & Spriggins, A. J. (2001). Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *British Journal of Sports medicine*, 35, 435 – 440.
- Warren, P., Gabbe, B. J., Schneider-Kolsky, M. & Bennell, K. L. (2008). Clinical Predictors of time to return to competition and of recurrence following hamstring strain in elite Australian footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 8, 1 – 21.
- Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T. & Cambier, D. (2003). Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players. *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*, 31(1), 41 – 46.
- Yeung, S. S., Suen, A. M. Y. & Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalances as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 27, 1 – 23.
- Yu, B., Queen, R. M., Abbey, A. N., Liu, Y., Moorman, C. T. & Garrett, W. E. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *Journal of Biomechanics* 41, 3121 – 3126.

### **7.1.3 Elektronische Publikationen**

- Hegenscheidt, S., Harth, A. & Scherfer, E. (2008). *PEDro Scale - German Translation* [On-Line]. Available: [http://www.pedro.fhs.usyd.edu.au/media/downloads/PEDro\\_scale/PEDroscale\\_german.pdf](http://www.pedro.fhs.usyd.edu.au/media/downloads/PEDro_scale/PEDroscale_german.pdf) (05.03.2010)

Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westermorland, M. (1998). *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien* [On-Line]. Available: <http://www.srs-mcmaster.ca/Portals/20/pdf/ebp/quantform.pdf> (05.03.2010).

Pozzo, M. (2008). *The YoYo<sup>TM</sup> Technology: Fundaments and applications* [On-Line]. Available: [http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro\\_to\\_yoyotech.pdf](http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro_to_yoyotech.pdf) (13.04.2010).

#### **7.1.4 Diverses**

Van Duijn, A. (2007). *Krafttraining in der Rehabilitation – Grundlagen Kapitel 9, Modul A&I*. Winterthur: Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften - Departement Gesundheit, Institut für Physiotherapie.

## **7.2 Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 – Hamstrings-Muskulatur.

Schünke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. (2005). Prometheus Lernatlas der Anatomie. Stuttgart: George Thieme Verlag.  
Originaltitel: Flexoren (Ischiokrurale Muskulatur und M. popliteus).

Abbildung 2 – MRI Bild einer typischen Muskelverletzung des proximalen Muskel-Sehnenübergangs und der Sehne des M. biceps-femoris.

Askling, C., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. (2007). Acute First Time Hamstring Strains During High-Speed Running: A Longitudinal Study Including Clinical and Magnetic Resonance Imaging Findings. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(2), 197 – 206.  
Originaltitel: The progression of a typical hamstring injury in 1 sprinter.

Abbildung 3 – schematische Darstellung intra- und intermuskuläres Hämatom.

Renström, P. A. F. H. (1997). Sportverletzungen und Überlastungsschäden. Prävention, Therapie, Rehabilitation. Köln: Deutscher-Ärzte Verlag.  
Originaltitel: schematische Darstellung intramuskuläres (a) beziehungsweise intermuskuläres (b) Hämatom.

Abbildung 4 – Funktionsweise des „YoYo Schwungradergometer“s.

Pozzo, M. (2008). *The YoYo<sup>TM</sup> Technology: Fundaments and applications* [On-Line]. Available: [http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro\\_to\\_yoyotech.pdf](http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro_to_yoyotech.pdf) (13.04.2010).  
Originaltitel: Working principle of YoYo<sup>TM</sup> device.

Abbildung 5 – Exzentrische Überbelastung.

Pozzo, M. (2008). *The YoYo<sup>TM</sup> Technology: Fundaments and applications* [On-Line]. Available: [http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro\\_to\\_yoyotech.pdf](http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro_to_yoyotech.pdf) (13.04.2010).  
Originaltitel: Generation of eccentric overload.



Abbildung 6 – Variabler Widerstand und somit optimales Training.

Pozzo, M. (2008). *The YoYo™ Technology: Fundamentals and applications* [On-Line]. Available:

[http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro\\_to\\_yoyotech.pdf](http://www.yoyosquat.com/downloads/studies/intro_to_yoyotech.pdf)  
(13.04.2010).

Originaltitel: The concept of variable resistance.

Abbildung 7 – NH-Ausrüstung

Brockett, C. L., Morgan D. L. & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 783 – 790.

Originaltitel: Eccentric exercise equipment.

Abbildung 8 – HC mit dem „YoYo Schwungradergometer“.

Askling, C., Karlsson, J. & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 244 – 250.

Originaltitel: The set-up for specific hamstring training.

### 7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Fakten bzgl. Muskelverletzungen

Eigenkreation in Anlehnung an Arnason et al. (2006); Askling et al. (2007); Brooks et al. (2006); Greig et al. (2009) & Petersen et al. (2005)

Tabelle 2 – Vergleich der Symptome

In Anlehnung an Brukner & Khan (2006)

Tabelle 3 – Beobachtete Effekte der Kraftintervention

Eigenkreation in Anlehnung an Askling et al. (2003); Gabbe et al. (2006) & Mjøl̄snes et al. (2004)

Tabelle 4 – Nordic Hamstrings

Eigenkreation in Anlehnung an Brockett et al. (2001)

Tabelle 5 – Hamstrings Curls

Eigenkreation in Anlehnung an Askling et al. (2003)

Tabelle 6 – Überblick dreier Studien zu Spieleraufdeckung mit erhöhtem Verletzungsrisiko

Eigenkreation in Anlehnung an Croisier et al. (2008); Engebretsen et al. (2008) & Yeung et al. (2009)

Tabelle 7 – Überblick dreier Studien zu präventiven Kraftinterventionen

Eigenkreation in Anlehnung an Askling et al. (2003); Gabbe et al. (2006) & Mjøl̄snes et al. (2004)

Tabelle 8 – Qualitative Beurteilung der randomisierten kontrollierten Studien nach der deutschen PEDro Skala

In Anlehnung an Hegenscheidt et al. (2008)

Tabelle 9 – Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien nach Law et al. (1998)

## 7.4 Abkürzungsverzeichnis

---

<b>Wortabkürzung</b>	<b>Definition</b>
bzgl.	bezüglich
d.h.	das heisst
exzent.	exzentrisch
H/Q Verhältnis	Hamstrings / Quadriceps Verhältnis
HC	Hamstrings Curls
isomet.	isometrisch
konz.	konzentrisch
LWS	Lendenwirbelsäule
m.	männlich
M.	Musculus
Min.	Minuten
MRI	Magnetresonanztomographie
Hamstrings-Verletzung	Muskelverletzung Grad I – III der Hamstrings
N	Probandenzahl
NH	Nordic Hamstrings
RCT	randomisierte kontrollierte Studie
RICE	Rest, Ice, Compression, Elevation
ROM	Range of motion
Sek.	Sekunden
usw.	und so weiter
w.	weiblich
Wdh.	Wiederholung
Wo.	Woche
z.B.	zum Beispiel

## **8 Eigenständigkeitserklärung**

Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst haben.

Winterthur, 20. Mai 2010

---

Ceverine Graf

---

Tamara Oehen



## **9 Anhang**

### **9.1 Überblick der sechs Hauptstudien**

In den zwei Tabellen sind die von den Autoren verwendeten Hauptstudien (Askling, 2003; Croisier, 2008; Engebretsen, 2008; Gabbe, 2006; Mjølsnes, 2004 & Yeung, 2009) dieser Arbeit zusammengefasst. In Tabelle 6 auf Seite 62 sind drei Studien zur Aufdeckung der Spieler mit erhöhten Hamstrings-Verletzungsrisiko aufgelistet und in Tabelle 7 auf Seite 63 drei Studien, welche präventive Kraftinterventionen untersuchen.

### **9.2 Beurteilungen der sechs Hauptstudien**

Die zwei folgenden Tabellen beinhalten die qualitative Beurteilung der sechs Hauptstudien (Askling, 2003; Croisier, 2008; Engebretsen, 2008; Gabbe, 2006; Mjølsnes, 2004 & Yeung, 2009). In Tabelle 8 auf Seite 64 sind die Studien nach der deutschen PEDro Skala (Hegenscheidt et al., 2008) und in Tabelle 9 auf Seite 65 nach dem Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien von Law et al. (1998) beurteilt. Zudem sind auf Seite 66 bis 71 beide Original-Beurteilungsformulare angehängt.

### **9.3 „Hamstring Injury Screening“-Fragebogen**

Ab Seite 72 folgen vier Seiten aus dem „Injury Screening“-Fragebogen von Engebretsen et al. (2008) beigefügt. Diese Seiten über die Hamstrings-Muskulatur geben einen vertieften Einblick über die erfragten Punkte.

**Tabelle 6 - Überblick dreier Studien zu Spieleraufdeckung mit erhöhtem Verletzungsrisiko**

Titel der Studie	Prevention of Injuries Among Male Soccer Players	Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players	A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters : preseason muscle imbalance as a possible risk factor
<b>Autoren</b>	A. H. Engebretsen, G. Myklebust, I. Holme, L. Engebretsen, R. Bahr	J. Croisier, S. Ganteaume, J Binet, M. Genty, J. Ferret	S. S. Yeung, A. MY Suen, E. W. Yeung
<b>Jahr, Publikation</b>	2008, The American Journal of Sports Medicine	2008, The American Journal of Sports Medicine	2009, British Journal of Sports Medicine
<b>Design</b>	RCT	Prospective Cohort Study (prognosis)	Prospective Cohort Study
<b>Zweck</b>	-Sind Spieler mit erhöhten Verletzungsrisiko mittels einem Fragebogen identifizierbar -Kann ein Übungsprogramm für Spieler mit erhöhtem Verletzungsrisiko die vier meisten Verletzungen im Fussball verhindern	-Können isokinetische Kraftvariablen, welche in Vorsaisonuntersuchungen gesammelt werden, Prädiktoren für folgende Hamstrings Muskelverletzungen sein -Können durch Normalisierung dieser Kraftvariablen Hamstrings-Verletzungen reduziert werden	-12 monatige Studie um die Häufigkeit und Risikofaktoren der Hamstrings-Verletzungen in Sprinter zu identifizieren
<b>Teilnehmer</b>	-508 männliche Fussballspieler von 31 Teams der 1. bis 3. Liga (Ausfälle abgezogen) -Norwegen	-462 Fussballspieler aus versch. professionellen Teams (Ausfälle abgezogen) -Belgien, Brasilien, Frankreich	-44 Sprinters (m. & w.) vom Sportinstitut, Athletischen Amateur-Verband und College-Teams -Hong Kong
<b>Intervention</b>	-Vorsaison: Fragebogen für Einteilung in risikoreiche und risikoarme Gruppe <b>Gruppen</b> -risikoreiche Interventionsgruppe (n=193) zusätzliches Programm für jenen Körperteil, der als erhöhtes Risiko identifiziert wurde. Für Hamstrings: exzentrische Übung „Nordic Hamstrings“, (vor/nach Training oder zu Hause) -risikoreiche Kontrollgruppe (n=195) -risikoarme Kontrollgruppe (n=120)	-Vorsaison: Isokinetische Messungen -Hamstrings-Verletzungen wurden über 9 Monate dokumentiert -Dysbalance wurden nicht gleich behandelt <b>Gruppen</b> -keine Dysbalance (n=246) -Dysbalance, kein zusätzliches Training (n=91) -Dysbalance, zusätzliches Hamstrings-Krafttraining, keine weitere Kontrolle (n=55) -Dysbalance, zusätzliches Hamstrings-Krafttraining, bis Variablen durch folgender Untersuchung als normalisiert bestätigt wurden (n=74)	-Vorsaison: Assessments (passive Muskellängen und isokinetische Messungen) - Athleten wurden über 12 Monate begleitet und sie mussten über fehlende Trainings/Wettkämpfe den Untersucher informieren -Diagnose einer Hamstrings-Verletzung durch klinische Untersuchung durch einen Physiotherapeuten -Nur Analyse, keine Intervention
<b>Ergebnisse</b>	-Spieler mit einem signifikant erhöhtem Verletzungsrisiko konnten mittels Fragebogen identifiziert werden -kein Effekt durch das Trainingsprogramm aufgrund mangelnder Compliance	-Verletzungsrisiko für Hamstrings bei Fussballspieler mit unbehandelten Kraftdysbalancen ist 4x so hoch im Vergleich zu Spieler mit normalem Kräfteprofil -Normalisierung der isokinetischen Parameter reduziert das Verletzungsrisiko und -häufigkeit	-Isokinetische Untersuchung in der Vorsaison kann Athleten mit erhöhtem Risiko identifizieren -Vorsaison Hamstrings/Quadriceps Verhältnisses von weniger als 0.6 mit einer Geschwindigkeit von 180°/Sek. erhöht das Risiko von Hamstrings-Verletzungen um 17x

**Tabelle 7 - Überblick dreier Studien zu präventiven Kraftinterventionen**

<b>Titel der Studie</b>	<b>A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football</b>	<b>Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload</b>	<b>A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players</b>
<b>Autoren</b>	B. J. Gabbe, R. Branson, K. L. Bennell	C. Askling, J. Karlsson, A. Thorstensson	R. Mjølsnes, A. Arnason, T. Østhaugen, T. Raastad, R. Bahr
<b>Jahr, Publikation</b>	2006, Journal of Science and Medicine in Sport	2003, Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	2004, Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports
<b>Design</b>	RCT	RCT	RCT
<b>Zweck</b>	-Wirksamkeit eines exzentrischen Hamstrings Trainingsprogramms in der Vorsaison um damit zu verhindern (exzentrisches Training vs. Dehnen)	-Auswirkung eines Hamstrings-Kraftprogramms in der Vorsaison (Schwerpunkt auf exzentrische Überbelastung) auf das Auftreten und Schweregrad von Hamstrings-Verletzungen in der folgenden Saison -Effekt des Trainings auf die Kraft und die Geschwindigkeitsleistung und ihre mögliche Beziehung mit der Prävention von Hamstrings-Verletzungen	-Vergleich der Wirkungen auf die Muskelkraft in einem 10-wöchigen Trainingsprogramm mit zwei verschiedenen Übungen: traditionelle Hamstrings Curls und Nordic Hamstrings
<b>Teilnehmer</b>	-220 männlich Spieler aus 7 Amateurfussball-Klubs (Australische Art des Fussballs) -Australien	-30 männliche Fußballspieler aus 2 der besten Teams der höchsten Spiel Liga -Schweden	-21 gut trainierte, männliche Fußballer der 1. – 4. Liga, Sportstudenten -Norwegen
<b>Intervention</b>	12 Trainingswochen - <b>Interventionsgruppe (n=114)</b> zusätzliches exzent. Training: Nordic Hamstrings, am Ende des Trainings aber vor dem Auslaufen - <b>Kontrollgruppe (n=106)</b> bilaterale statische Dehnungsübungen, (M. gastrocnemius, Hüftflexoren, Hamstrings) und LWS Rotation	10 Trainingswochen - <b>Interventionsgruppe (n=15)</b> zusätzliches spezifisches Hamstrings Training mit der Maschine „YoYo Schwungradergometer“ (konz. & exzent.) Im nicht ermüdeten Zustand, nach einem standardisierten Aufwärmen -Kontrollgruppe (n=15) keine Intervention	10 Trainingswochen - <b>Interventionsgruppe (n=11)</b> Nordic Hamstrings NC (exzentrisch) - <b>Kontrollgruppe (n=10)</b> Hamstrings Curls HC mit einer traditioneller Maschine (Leg Curls) (konz.) -Vorsaison: Isokinetische Messungen
<b>Ergebnisse</b>	-Verletzungshäufigkeit könnte mit einem einfachen Interventionsprogramm in der Vorsaison reduziert werden (Vergleich der Gruppenteilnehmer, welche an den ersten zwei Trainings-Sessions teilgenommen haben) -Mangelnde Compliance: Die Partizipationsrate der Teilnehmer in der Interventionsgruppe sank um 50% von der ersten zur zweiten Session (Total 5). Im Vergleich dazu waren es 10% in der Kontrollgruppe.	Interventionsgruppe: -deutliche Steigerung der isokinetischen Hamstrings Beugungskraft (Drehmomentes), sowohl konz. wie auch exzent. -Erhöhung der 30 Meter Sprintgeschwindigkeit -deutlich weniger Hamstrings-Verletzungen (3/13) Kontrollgruppe: -keine Änderungen der Hamstrings Beugungskraft (Drehmomentes) und Sprintgeschwindigkeit 13 Verletzungen (davon 3 in Interventionsgruppe): -Schweregrad: 8 „milde“, 4 „mittlere“, 1 „schwere“ -Ereignis: während Match 6 und Training 7	NC Gruppe: -signifikante Steigerung der Hamstrings Kräfte-tests (z.B. exzent. Hamstrings-Drehmomentes) -signifikante Steigerung des funktionellen Hamstrings/Quadriceps Kräfteverhältnisses HC Gruppe : -keine Veränderungen der Hamstrings Kräfte-tests beide Gruppen: -keine Änderung des konz. Quadriceps Drehmomentes (Kraft)

**Tabelle 8 - Qualitative Beurteilung der randomisierten kontrollierten Studien nach der deutschen PEDro- Skala**  
(Hegenscheidt et al., 2008)

<b>Autor</b>	<b>Gabbe et al. (2006)</b>	<b>Askling et al. (2003)</b>	<b>Mjølsnes et al. (2004)</b>	<b>Engebretsen et al. (2008)</b>
1) Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert (nicht Teil des Totalskore)	Ja	Ja	Ja	Ja
2) Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet	Ja	Ja	Ja	Ja
3) Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	Nein	Nein	Nein	Nein
4) Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	Ja	Ja	Nein	Nein
5) Alle Probanden waren geblindet	Nein	Nein	Nein	Nein
6) Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	Nein	Nein	Nein	Nein
7) Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales outcome gemessen haben, waren geblindet	Nein	Nein	Nein	Nein
8) Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales outcome gemessen	Nein	Ja	Ja	Ja
9) Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales outcome durch eine „intention to treat“ Methode analysiert	Ja	Nein	Nein	Ja
10) Für mindestens ein zentrales outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	Ja	Ja	Ja	Ja
11) Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmasse für zumindest ein zentrales outcome	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Totalskore</b>	<b>5/10</b>	<b>5/10</b>	<b>4/10</b>	<b>5/10</b>



**Tabelle 9 – Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien nach Law et al. (1998)**

<b>Autor</b>	<b>Croisier et al. (2008)</b>	<b>Yeung et al. (2009)</b>	<b>Engebretsen et al. (2008)</b>	<b>Gabbe et al. (2006)</b>	<b>Askling et al. (2003)</b>	<b>Mjølsnes et al. (2004)</b>
<b>Zweck der Studie</b> -Zweck klar angegeben?	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja
<b>Literatur</b> -Relevante Hintergrund-Literatur gesichtet?	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja
<b>Design</b>	-Kohortenstudie	-Kohortenstudie	-RCT	-RCT	-RCT	-RCT
<b>Stichprobe</b> - Stichprobe detailliert beschrieben? - Stichprobengrösse begründet?	-Ja -Nein	-Ja -Nein	-Ja -Nein	-Ja -Nein	-Ja -Nein	-Ja -Nein
<b>Ergebnisse (outcomes)</b> -Outcome Messungen reliabel? -Outcome Messungen valide?	-Ja -Nein	-Ja -Ja	-Nicht angegeben -Nicht angegeben	-Ja -Ja	-Nicht angegeben -Nicht angegeben	-Ja -Nicht angegeben
<b>Massnahmen</b> -Massnahmen detailliert beschrieben? - Kontaminierung vermieden? -gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?	-Ja -Ja -Nicht angegeben	-Ja -entfällt -entfällt	-Ja -Nicht angegeben -Nicht angegeben	-Ja -Ja -Nicht angegeben	-Ja -Ja -Nicht angegeben	-Ja -Nicht angegeben -Nicht angegeben
<b>Ergebnisse</b> -statische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? -geeignete Analyse(n) angegeben? -klinische Bedeutung angegeben? -Ausscheidungen von Teilnehmern angegeben?	-Ja -Ja -Ja -Ja	-Ja -Ja -Ja -Nein	-Ja -Ja -Ja -Ja	-Ja -Ja -Ja -Nein	-Ja -Ja -Ja -Nein	-Ja -Ja -Ja -Ja
<b>Schlussfolgerungen und klinische Implikationen</b> - Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja	-Ja

## **PEDro Scale**

- |   |                               |                             |     |
|---|-------------------------------|-----------------------------|-----|
| 1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert   | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)   | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen  | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich   | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 5. Alle Probanden waren geblindet   | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet  | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales outcome gemessen haben, waren geblindet  | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales outcome gemessen  | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales outcome durch eine, 'intention to treat' Methode analysiert | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 10. Für mindestens ein zentrales outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet  | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |
| 11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales outcome   | nein <input type="checkbox"/> | ja <input type="checkbox"/> | wo: |

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem "Expertenkonsens", und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität“ der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität“ von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Last amended June 21st, 1999 - PEDro Scale German Translation April 2008; Stefan Hegenscheidt, Angela Harth, Erwin Scherfer

**Hinweise zur Handhabung der PEDro scale:**

Für alle Kriterien	<b>Punkte werden nur vergeben, wenn ein Kriterium eindeutig erfüllt ist.</b> Falls beim genauen Lesen einer Arbeit die Möglichkeit besteht, dass ein Kriterium nicht erfüllt wurde, sollte kein Punkt für dieses Kriterium vergeben werden.
Kriterium 1	Dieses Kriterium gilt als erfüllt, wenn berichtet wird, wie die Probanden rekrutiert wurden, und wenn eine Liste mit Kriterien dargestellt wird, die genutzt wurde, um zu entscheiden, wer geeignet war an der Studie teilzunehmen.
Kriterium 2	Wenn in einem Artikel steht, dass die Zuordnung zu den Gruppen randomisiert erfolgte, so wird dies von der Studie angenommen. Die genaue Methode der Randomisierung muss dabei nicht näher spezifiziert sein. Methoden wie Münz- oder Würfelwürfe sollten als Randomisierung angesehen werden. Quasi-randomisierte Zuordnungsverfahren wie die Zuordnung durch Krankenaktennummern im Krankenhaus, Geburtsdatum, oder alternierende Zuordnungen, erfüllen dieses Kriterium nicht.
Kriterium 3	<i>Verborgene Zuordnung</i> bedeutet, dass die Person, die entschieden hat ob der jeweilige Proband für eine Teilnahme geeignet war oder nicht, zum Zeitpunkt dieser Entscheidung nicht wissen konnte, welcher Gruppe der jeweilige Proband zugeordnet werden würde. Für dieses Kriterium wird auch dann ein Punkt vergeben, wenn über eine verdeckte Zuordnung nicht berichtet wird, aber in dem Bericht zum Ausdruck kommt, dass die Zuordnung mit Hilfe blickdichter Briefumschläge erfolgte, oder dass die Zuordnung das Kontaktieren eines nicht am Ort befindlichen Verwalters der Zuordnungslisten beinhaltete.
Kriterium 4	In Studien, die therapeutische Interventionen untersuchen, muss jeweils vor Beginn der Intervention mindestens eine Messung hinsichtlich des Schweregrades des zu behandelnden Zustandes, und mindestens ein anderes zentrales Outcome beschrieben werden (Eingangsmessungen). Der Gutachter muss ausreichend davon überzeugt sein, dass sich klinisch signifikante Unterschiede in den Gruppen-Outcomes nicht allein schon aufgrund von Unterschieden in den prognostischen Variablen zu Beginn der Studie (also zum Baseline-Zeitpunkt) erwarten ließen. Dieses Kriterium gilt auch dann als erfüllt, wenn nur Baseline-Daten für diejenigen Probanden beschrieben werden, welche bis zum Ende an der Studie teilgenommen haben.
Kriterien 4,7-11	<i>Zentrale Outcomes</i> sind jene Outcomes, welche das primäre Maß für eine Effektivität (oder eine fehlende Effektivität) der Therapie darstellen. In den meisten Studien wird mehr als eine Variable zur Outcome-Messung verwendet.
Kriterien 5-7	Blindung bedeutet, dass die betreffende Person (Proband/In, Therapeut/In oder Untersucher/In) nicht gewusst hat, welcher Gruppe der Proband zugeordnet worden ist. Außerdem wird eine Blindung von Probanden und Therapeuten nur dann als gegeben angenommen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass sie nicht in der Lage gewesen wären, zwischen den Behandlungen, die in den verschiedenen Gruppen ausgeführt wurden, zu unterscheiden. In Studien, in denen zentrale Outcomes von den Probanden selbst angegeben werden (z.B. Visuelle Analog Skala oder Schmerztagebücher), gilt der Untersucher als geblindet, wenn der Proband geblindet war.
Kriterium 8	Dieses Kriterium gilt nur dann als erfüllt, wenn die Studie sowohl über die Anzahl der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden, als auch über die Anzahl der Probanden, von denen tatsächlich zentrale Outcomes festgehalten werden konnten, Auskunft gibt. Bei Studien mit Outcome-Messungen zu mehreren Messzeitpunkten, muss mindestens ein zentrales Outcome bei mehr als 85% der Probanden zu einem dieser Zeitpunkte gemessen worden sein.
Kriterium 9	Eine ‚Intention to treat‘ Analyse bedeutet, dass in den Fällen, in denen Probanden die zugeordnete Behandlung (oder Kontrollanwendung) nicht erhalten haben und in denen Ergebnismessungen möglich waren, die Messwerte so analysiert werden, als ob die Probanden die zugeordnete Behandlung (oder Kontrollanwendung) erhalten hätten. Wird eine Analyse nach der ‚Intention to treat‘ Methode nicht erwähnt, gilt dieses Kriterium dennoch als erfüllt, falls explizit zum Ausdruck kommt, dass alle Probanden die Behandlungen oder Kontrollanwendungen wie zugeordnet erhalten haben.
Kriterium 10	Ein ‚Zwischen-Gruppen-Vergleich‘ beinhaltet einen statistischen Vergleich einer Gruppe mit einer anderen Gruppe. Abhängig vom jeweiligen Studiendesign kann es sich dabei um den Vergleich von zwei oder mehr verschiedenen Behandlungen, oder auch um den Vergleich einer Behandlung mit einer Kontrollanwendung (z.B. Placebo-Behandlung, Nicht-Behandlung, Scheinbehandlung) handeln. Die Analyse kann als einfacher Vergleich der Outcomes zwischen den Gruppen erfolgen, die nach einer durchgeführten Behandlung gemessen wurden, oder auch als Vergleich der Veränderungen in einer Gruppe mit den Veränderungen in einer anderen Gruppe (wurde eine faktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um die Daten zu analysieren, so wird dies im letzteren Fall häufig als eine ‚Gruppe x Zeit Interaktion‘ berichtet). Der Vergleich kann als Hypothesentestung (die einen ‚p‘-Wert liefert, der die Wahrscheinlichkeit dafür angibt, dass der Unterschied zwischen den Gruppen rein zufällig entstanden ist) oder als Schätzung (z.B. der Differenz des Medians oder des arithmetischen Mittels, der Unterschiede in den Prozentanteile, oder der Number Needed to Treat, oder des relativen Risikos oder der ‚Hazard Ratio <sup>1)</sup> ‘) mit einem dazugehörigen Konfidenz-Intervall durchgeführt werden.
Kriterium 11	Ein Punktmaß ist ein Maß der Größe des Behandlungseffekts. Der Behandlungseffekt kann als Differenz in den Outcomes zwischen zwei Gruppen beschrieben werden, oder auch als Outcome in jeder der Gruppen. Streuungsmaße können sein: Standardabweichungen, Standardfehler, Konfidenzintervalle, Interquartilsabstände (oder andere Quantilsabstände), und Ranges. Punktmaße und/oder Maße der Streuung können graphisch dargestellt sein (z.B. können Standardabweichungen als Balkendiagramm dargestellt werden), so lange diese Darstellungen eindeutig sind (z.B. so lange klar ist ob die Fehlerbalken Standardabweichungen oder Standardfehler darstellen). Für kategoriale Outcomes (nominal- oder ordinalskaliert) gilt dieses Kriterium als erfüllt, wenn die Anzahl der Probanden für jede Kategorie in jeder Gruppe angegeben ist.

<sup>1</sup> Der Begriff Hazard Ratio („Risikoeintrittsquotient“) wird auch in der deutschen medizinischen Fachliteratur verwendet. Die Hazard Ratio ist der Quotient aus den Eintrittswahrscheinlichkeiten (Ereignisdichten) in den zu vergleichenden Gruppen.



## Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

**TITEL:**


### Kommentare

<p><b>ZWECK DER STUDIE</b></p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> </ul>	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ergotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</p>
<p><b>LITERATUR</b></p> <p>Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> </ul>	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p>
<p><b>DESIGN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT)</li> <li><input type="radio"/> Kohortenstudie</li> <li><input type="radio"/> Einzelfall-Design</li> <li><input type="radio"/> Vorher-Nachher-Design</li> <li><input type="radio"/> Fall-Kontroll-Studie</li> <li><input type="radio"/> Querschnittsstudie</li> <li><input type="radio"/> Fallstudie</li> </ul>	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p>



	Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.	
<p><b>STICHPROBE</b></p> <p>N =</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> </ul> <p>Wurde die Stichprobengröße begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul>	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p>	
<p><b>Ergebnisse (outcomes)</b></p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung(pre-, post- follow up)).</p> <p>Outcome Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)      Listen Sie die verwendeten Messungen auf</p>	
<p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul>		



<p><b>MASSNAHMEN</b></p> <p>Wurden die Maßnahmen detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul> <p>Wurden gleichzeitige weitere Maßnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul>	<p>Beschreiben Sie kurz die Maßnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Maßnahmen in der ergotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p>
<p><b>ERGEBNISSE</b></p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>War(en) die Analyse(n) geeignet?</p>	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie groß genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p>



<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p>
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> </ul>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p>
<p><b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</b></p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> </ul>	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die ergotherapeutische Praxis? Welches waren die hauptsächlichsten Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p>

OSLO SPORTS TRAUMA RESEARCH CENTER  
HAMSTRING INJURY SCREENING QUESTIONNAIRE

3A - Information on previous hamstring strains

LEFT SIDE

Number of previous acute hamstring strains:  
 0  1  2  3  4  5  >5

If you answered "0" above, skip the next 3 questions regarding the left hamstring and continue at the next section, 3B.

Time since most recent injury:  
 0-6 months  6-12 months  1-2 y  >2 y

For how long were you unable to fully play/train?  
 1-3 days  4-7 days  1-4 weeks  >4 weeks

Have you missed a training/match during the previous season due to symptoms from your hamstrings?  
 No - never  
 Yes  
 Rarely  Sometimes  Often

RIGHT SIDE

Number of previous acute hamstring strains:  
 0  1  2  3  4  5  >5

If you answered "0" above, skip the next 3 questions regarding the right hamstring and continue at the next section, 3B.

Time since most recent injury:  
 0-6 months  6-12 months  1-2 y  >2 y

For how long were you unable to fully play/train?  
 1-3 days  4-7 days  1-4 weeks  >4 weeks

Have you missed a training/match during the previous season due to symptoms from your hamstrings?  
 No - never  
 Yes  
 Rarely  Sometimes  Often



### 3B - Hamstrings function

**INSTRUCTIONS:** This survey asks for your view about your hamstrings. This information will help us keep track of how you feel about your hamstrings and how you function in training, match and daily life.

Please respond to every question by ticking the appropriate box, only one box for each question. If you are unsure about how to answer a question, please give the best answer you can. Remember to answer both for the left and the right hamstrings.

#### Symptoms

These questions should be answered thinking of the symptoms from your posterior thigh/hamstrings during the **last week**.

1- Have you experienced soreness/stiffness/had complaints from your posterior thigh/hamstrings?

Left side:					Right side:				
Never	Rarely	Sometimes	Often	Always	Never	Rarely	Sometimes	Often	Always
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Soreness

The following questions cover soreness in the posterior thigh region. Report the degree of soreness that you have experienced from your posterior thigh/hamstrings during a typical week.

2- How sore is your posterior thigh after training?

Left side:					Right side:				
Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much	Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3- How sore is your posterior thigh during training?

Left side:					Right side:				
Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much	Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4- How sore is your posterior thigh when you wake up in the morning?

Left side:					Right side:				
Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much	Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5- How sore is your posterior thigh if you have been sitting still for a while during the day?

Left side:					Right side:				
Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much	Nothing at all	A little	Moderate	A lot	Very much
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Pain

6-How often do you experience pain from your posterior thigh?

Left side:

Never  Rarely  Sometimes  Often  Always

Right side:

Never  Rarely  Sometimes  Often  Always

7-Do you often sustain small strains in your posterior thigh that resolve quickly?

Left side:

Never  Rarely  Sometimes  Often  Always

Right side:

Never  Rarely  Sometimes  Often  Always

Report the degree of pain that you have felt from your posterior thigh/hamstrings during the last week when performing the following activities:

8-Stretching the posterior thigh/hamstrings

Left side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

Right side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

9-Walking up a ladder/stairs (double steps)

Left side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

Right side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

10-Jogging

Left side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

Right side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

11-Changing direction while running

Left side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

Right side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

12-Accelerating

Left side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

Right side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

13-Braking speed after sprinting

Left side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

Right side:

No pain  A little  Moderate  Considerable  Very painful

### Function, daily living and sports

The following questions concern your physical function. For each of the following activities, please indicate the degree of difficulty you have experienced in the last week due to your posterior thigh/hamstrings.

#### 14-Running

Left side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

Right side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

#### 15-Jumping

Left side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

Right side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

#### 16-Accelerating

Left side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

Right side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

#### 17- Braking speed after sprinting

Left side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

Right side:

Nothing at all  A little  Moderate  A lot  Very much

### Quality of life

The following questions concern how problems from your hamstrings restrain you during physical activity. Report the degree of difficulty you have experienced during the last week due to your posterior thigh/hamstrings.

#### 18- In what degree do you trust your hamstrings during physical activity?

Left side:

Totally  A lot  Moderate  To some degree  Not at all

Right side:

Totally  A lot  Moderate  To some degree  Not at all

#### 19-Do you sometimes keep from performing 100% due to concerns of sustaining a hamstring strain?

Left side:

Not at all  To some degree  Moderate  A lot  Totally

Right side:

Not at all  To some degree  Moderate  A lot  Totally