

Einfluss von neuromuskulärem Training als Prävention der kontaktlosen Ruptur des vorderen Kreuzbandes

Plyometrisches Training der Hamstrings und des M.
quadriceps femoris im Schwerpunkt

Hörler Tabea

Wolf Andreas

Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie

Studienjahr: PT18

Eingereicht am: 29.04.2021

Begleitende Lehrperson: Mohr-Häller Yolanda

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

INHALT

Abstract	1
1 Einleitung	3
1.1 Fragestellung.....	4
2 Theoretischer Hintergrund.....	5
2.1 Anatomie, Biomechanik und Physiologie des vorderen Kreuzbandes.....	5
2.2 Epidemiologie der VKB-Ruptur.....	6
2.3 Risikofaktoren.....	7
2.3.1 Intrinsische Faktoren.....	8
2.3.2 Extrinsische Risikofaktoren	14
2.4 Verletzungsmechanismen von kontaktlosen Rupturen des vorderen Kreuzbandes.....	16
2.5 Neuromuskuläres Training	18
2.5.1 Plyometrisches Training.....	20
2.5.2 Drei Phasen des plyometrischen Trainings.....	20
2.5.3 Plyometrisches Training in der Praxis.....	22
3 Methodik.....	23
3.1 Literaturrecherche	23
3.1.1 Keywords	24
3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien.....	24
3.2 Hauptstudien	25
3.3 Studienbeurteilung.....	26
4 Resultate	27
4.1 Studie von de Marche Baldon et al. (2014)	29
4.1.1 Ergebnisse.....	31
4.1.2 Würdigung	31
4.2 Studie von Zebis et al. (2016).....	33

4.2.1	Ergebnisse	34
4.2.2	Würdigung	35
4.3	Studie von Achenbach et al. (2018).....	36
4.3.1	Ergebnisse	38
4.3.2	Würdigung	38
4.4	Studie von Yang et al. (2018).....	40
4.4.1	Ergebnisse	41
4.4.2	Würdigung	42
4.5	Studie von Taylor et al. (2018)	44
4.5.1	Ergebnisse	46
4.5.2	Würdigung	46
4.6	Studie von Alikhani et al. (2019).....	49
4.6.1	Ergebnisse	50
4.6.2	Würdigung	51
5	Diskussion.....	52
5.1	kritische Beurteilung	52
5.2	Bezug zur Fragestellung.....	54
5.3	Transfer in die Praxis.....	55
5.4	Empfehlungen für weiterführende Studien	56
5.5	Limitationen dieser Arbeit	56
5.6	Schlussfolgerung.....	57
	Literaturverzeichnis	58
	Tabellenverzeichnis.....	67
	Abbildungsverzeichnis.....	67
	Danksagung	69
	Eigenständigkeitserklärung	69
	Deklaration Wortanzahl	69

Anhang.....	70
A1 Search-History.....	70
A2 Critical Appraisal Skills Programme (CASP) – RCT	72
A2.1 CASP Zebis et al. (2016)	73
A2.2 CASP Achenbach et al. (2018)	76
A2.3 CASP Taylor et al. (2018).....	79
A2.4 CASP Alikhani et al. (2019).....	82
A3 Critical Appraisal Skills Programme (CASP) – Cohort Study.....	85
A3.1 CASP de Marche Baldon et al. (2014)	86
A4 Critical Appraisal Skills Programme (CASP) – Case Control Study.....	92
A4.1 CASP Yang et al. (2018).....	93

ABSTRACT

Einleitung

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) und die damit verbundenen Begleitverletzungen gehören zu den häufigsten Knieverletzungen im Zusammenhang mit Sport und Aktivität. Aufgrund der Häufigkeit und der möglichen Spätfolgen einer VKB-Ruptur, ist die Auseinandersetzung mit einem spezifischen Präventionsprogramm wichtig.

Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist herauszufinden, inwiefern plyometrisches Training der Hamstring und des M. quadriceps femoris bei Sportlerinnen und Sportlern präventiv gegen VK B-Rupturen wirkt.

Methode

Zur Literaturrecherche wurden die Datenbanken Cinahl Complete, Medline via Ovid, PEDro und Nebis genutzt. Dadurch wurden sechs Studien zur genauen Analyse ausgewählt. Diese wurden anhand des Würdigungsinstrumentes CASP (Critical Appraisal Skills Programme) analysiert, kritisch beurteilt und diskutiert.

Relevante Ergebnisse

Bei fünf Studien konnte durch ein Interventionsprogramm eine Veränderung der biomechanischen oder neuromuskulären Risikofaktoren beobachtet werden. In der sechsten Studie wurden, anhand des Interventionsprogrammes, unspezifische schwere Knieverletzungen reduziert.

Schlussfolgerung

Eine Zusammenstellung eines Standardinterventionsprogrammes ist nicht möglich, wenn eine präventive Veränderung erreicht werden muss. Es bedingt ein persönliches Interventionsprogramm, damit die sportartspezifischen Anforderungen, individuellen Risikofaktoren und biomechanischen Profile jeder einzelnen Sportlerin, jedes einzelnen Sportlers berücksichtigt werden.

Keywords

anterior cruciate ligament, acl, lower limb, prevention, plyometric training, neuromuscular training, neuromuscular exercises

Background

Rupture of the anterior cruciate ligament (ACL) and associated concomitant injuries are among the most common knee injuries associated with sports and activity. Due to the frequency and potential long-term consequences of ACL rupture, a specific prevention program is needed.

Objective

The aim of this work is to investigate the preventive effect of plyometric training of the hamstring and quadriceps femoris muscles against ACL ruptures in male and female athletes.

Methods

The databases Cinahl Complete, Medline via Ovid, PEDro and Nebis were used for the specific literature research. As a result, six studies were selected for detailed analysis. The studies were critically evaluated and discussed using the appraisal tool CASP (Critical Appraisal Skills Programme).

Results

Five studies observed a change in biomechanical or neuromuscular risk factors as a result of their intervention program. In the sixth study, the intervention program reduced nonspecific severe knee injuries.

Conclusion

Compiling a standard intervention program is not possible if preventive change must be achieved. It requires a personalised intervention program to consider the sport-specific requirements, individual risk factors and biomechanical profiles of each athlete.

Keywords

anterior cruciate ligament, acl, lower limb, prevention, plyometric training, neuromuscular training, neuromuscular exercises

1 EINLEITUNG

51% der Schweizerinnen und Schweizer geben an, dass sie mehrmals wöchentlich Sport treiben und dabei total auf mindestens drei Stunden kommen. Gemäss aktuellen Schätzungen verunfallen 8.5% der Schweizer Bevölkerung jährlich beim Sporttreiben (Lamprecht et al., 2020). Dies entspricht rund 771'300 verletzten Sportlerinnen und Sportlern pro Jahr. Ein Drittel der Verletzungen ist so schwer, dass sie eine Arbeitsunfähigkeit von mehr als drei Tagen zur Folge haben (Majewski, 2010). Gemäss Untersuchungen von Majewski (2010) betreffen zwei Drittel der Verletzungen im Sport die unteren Extremitäten und davon nochmals 30% das Kniegelenk. Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) und die damit verbundenen Begleitverletzungen gehören zu den häufigsten Knieverletzungen im Zusammenhang mit Sport und Aktivität. Gemäss Alghamdi et al. (2017) werden in den Vereinigten Staaten jährlich zwischen 100'000 und 200'000 Rupturen des vorderen Kreuzbandes gemeldet. Zu den Spätfolgen und Risikofaktoren nach einer VKB-Ruptur zählen unter anderem eine verfrühte Gonarthrose, eine Ruptur des kontralateralen vorderen Kreuzbandes und chronische Schmerzen. Diese stellen eine beträchtliche therapeutische Herausforderung dar, da die Behandlung selten erfolgreich ist und die Patientinnen und Patienten mit den genannten Spätfolgen zu leben haben (Ajuied et al., 2014)

Folglich soll in dieser Arbeit, anhand ausgewählter Studien eruiert werden, ob durch neuromuskuläres Training mit Fokus auf die plyometrische Komponente der Hamstrings und des M. quadriceps femoris Verletzungen des Kniegelenks, spezifisch des vorderen Kreuzbandes (VKB), vorgebeugt werden können.

Während unserer Recherche zeigte sich, dass sich viele Studien mit der Thematik der vorderen Kreuzbandruptur befassen. Es werden die Epidemiologie, der Verletzungsmechanismus und Präventionsmöglichkeiten aufgezeigt. In der bis dato bearbeiteten Literatur hat sich herausgestellt, dass eine Prävention der vorderen Kreuzbandruptur sehr vielschichtig ist und sich die Herangehensweisen der verschiedenen Autorinnen und Autoren stark unterscheiden.

Durch den Anstieg der Sportverletzungen wird die Prävention - und die damit verbundenen Trainingsprogramme - in der Physiotherapie immer wichtiger. Die Präventionsprogramme können sowohl im Training als auch in der Therapie eingesetzt werden und so zur Prophylaxe der VKB-Ruptur beitragen. Das Ziel in der

Praxis ist es, das Risiko einer Verletzung des VKB's signifikant zu vermindern. Es soll die positive Auswirkung von Sport und Bewegung auf den Organismus verbessert werden (Faude & Rössler, 2019). Damit die hohen Unfallkosten, der Ausfall der Sportlerinnen und Sportler während der Saison, die notwendige Langzeit-Rehabilitation und die Spätfolgen vermindert werden können, ist ein vertieftes Wissen bezüglich optimaler Prävention notwendig (Yoo et al., 2010).

In dieser Arbeit wird nur auf den Verletzungsmechanismus der kontaktlosen VKB-Ruptur eingegangen. Die Definition einer kontaktlosen Verletzung ist laut Hewett et al., (2006), eine Verletzung ohne Körperkontakt zu Mitspielenden oder Gegnerinnen und Gegnern. Kontaktlose Verletzungsmechanismen werden im Kapitel 2.4 diskutiert.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist herauszufinden, inwiefern plyometrisches Training der vorderen und hinteren Kette der Oberschenkelmuskulatur bei Sportlerinnen und Sportlern präventiv gegen VKB-Rupturen wirkt. Es soll veranschaulicht werden, mit welchen konkreten Interventionen abhängig vom Alter der Athletinnen und Athleten das Risiko für eine VKB-Ruptur signifikant vermindert werden kann und wie dies in der Praxis am besten umgesetzt werden soll.

In der Literatur ist die kontaktlose Verletzung des vorderen Kreuzbandes im Sport sowie auch die möglichen Präventionsprogramme ein gut erforschtes Gebiet. Es wird meistens von einem multimodalen Programm gesprochen. Kontrovers diskutiert wird die Dauer und die Trainingseinheiten, die eingehalten werden sollten, damit von einem wirkungsvollen Präventionsprogramm gesprochen werden kann. Dies soll in der folgenden Arbeit ebenfalls beantwortet werden.

1.1 FRAGESTELLUNG

Inwiefern wirkt neuromuskuläres Training, mit Schwerpunkt auf das plyometrische Training der Hamstrings und des M. quadriceps femoris, bei Athletinnen und Athleten im Jugend- sowie Erwachsenenalter präventiv gegen kontaktlose VKB-Rupturen?

2 THEORETISCHER HINTERGRUND

Im folgenden Kapitel werden Begriffe definiert und mögliche Theorien und Interventionen erläutert.

2.1 ANATOMIE, BIOMECHANIK UND PHYSIOLOGIE DES VORDEREN KREUZBANDES

Das Kniegelenk ist ein komplexes Gelenk mit vielen einzelnen Strukturen. Im folgenden Abschnitt wird die für diese Arbeit relevante Anatomie, Biomechanik und Physiologie erläutert.

Das vordere Kreuzband ist eine kollagene Struktur, die den Ursprung an der medialen Wand der lateralen Femurkondyle hat und anteromedial zur Eminentia intercondylaris der Tibia führt (Acevedo et al., 2014). Beim vorderen Kreuzband kann zwischen zwei Faseranteilen, dem anteromedialen (AM) und posterolateralen (PL) Bündel unterschieden werden. Die zwei Anteile des Kreuzbandes sind miteinander verwachsen. Die Faserbündel haben verschiedene Aufgaben in der Stabilisation des Kniegelenks. Der anteromediale Bündel stabilisiert das Kniegelenk in die anteriore Translation, der posterolaterale Bündel in die Rotationsrichtungen (Zantop & Petersen, 2007). Für die Sicherstellung der Kniegelenkkinematik ist das vordere Kreuzband im Zusammenspiel mit dem hinteren Kreuzband verantwortlich. Die Kreuzbänder sind an der Koordination der Roll-Gleit-Bewegung im Kniegelenk mitbeteiligt (Hochschild, 2012). Für die dynamischen Stabilisatoren sind der M. quadriceps femoris, die Hamstrings und der M. gastrocnemius zuständig. Nur bei einem guten Zusammenspiel kann das Kniegelenk eine reibungslose Roll-Gleit-Bewegung gewährleisten (Childs, 2002).

Der M. quadriceps femoris wird als Antagonist des vorderen Kreuzbandes angesehen, wobei die Hamstrings als Agonisten agieren. Bei einer Aktivierung des M. quadriceps femoris wirken vordere Scherkräfte, die Aktivierung der Hamstrings ist dabei die schützende Muskulatur, welche die Scherkräfte abfängt und dem vorderen Kreuzband die Belastung abnimmt. Die Kokontraktion der Hamstrings und des M. quadriceps femoris ist dabei von zentraler Bedeutung (Myer et al., 2009).

Pathologien wie ein Genu recurvatum oder ein Genu valgum beeinflussen die Biomechanik im Kniegelenk. Bei einem Genu recurvatum ist die Schwerkraftlinie (Mikulicz-Linie) nach ventral verlagert. In dieser Endstellung gleiten die

Femurkondylen nach dorsal was zu einer anterioren Translation der Tibia führt. Bei einem Genu valgum ist die Schwerkraftlinie lateral der Femurkondylen, wodurch der laterale Gelenkanteil stärker belastet wird und das mediale Kollateralband, Kapselanteile und die Pes anserinus-Gruppe gedehnt werden. Bei einem Genu varum liegt die Schwerkraftlinie medial der Femurkondylen. Der mediale Gelenkkomplex wird komprimiert, wobei der Tractus iliotibialis und der M. biceps femoris in eine Dehnung kommen (Hochschild, 2012). Diese Abweichungen sind in Abbildung 1, aus dem FBL-Kleinvogelbach Buch «die Grundlagen», dargestellt.

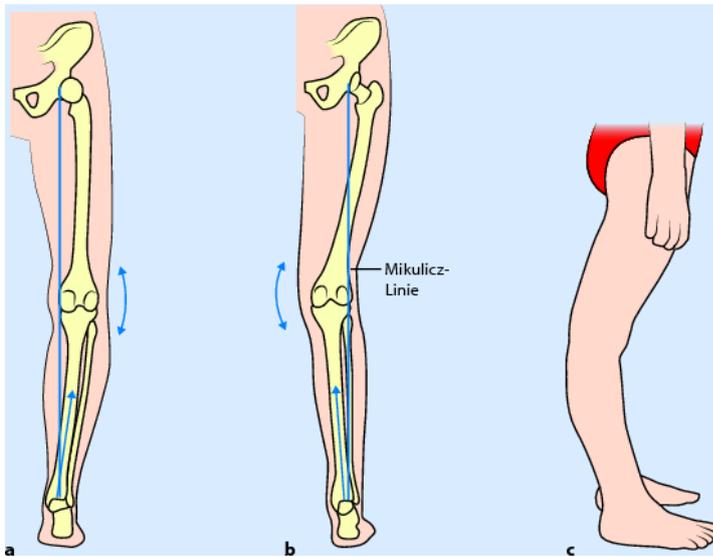


Abbildung 1: a) Genu varum b) Genu valgum c) Genu recurvatum (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014)

2.2 EPIDEMIOLOGIE DER VKB-RUPTUR

Laut Miyasaka (1991, zitiert nach Stoffels et al., 2017) liegt die Inzidenz einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei 1:3500. Die betroffenen Sportlerinnen und Sportler sind in 70% der Fälle zwischen 15 bis 45 Jahre alt (Petersen, 2009). Vor allem in Ballsportarten wie Basketball, Handball und Fussball bei denen Sprünge kombiniert mit plötzlichen Abbremsbewegungen und Richtungswechseln ausgeführt werden, ist die VKB-Ruptur eine häufige Verletzungsfolge (Stoffels et al., 2017). Auch Volleyball kann zu den Risikosportarten gezählt werden (Boden et al., 2010). In Videoanalysen stellten Boden et al. (2009) fest, dass bei weiblichen Athletinnen bereits ein einfaches Verzögerungsmanöver ausreichte, um eine VKB-Ruptur zu erleiden, wobei bei männlichen Sportlern ein anstrengenderes Sprungmanöver beobachtet wurde. Zu einem anstrengenderen Sprungmanöver gehört beispielweise ein «Dunk» im Basketball, bei dem der Ball, durch einen hohen Sprung der Spielerin, des Spielers,

von oben in den Korb getroffen wird, oder ein langer Weitsprung in verschiedenen Sportarten (Boden et al., 2009). Auf die typischen Verletzungsmechanismen wird im Kapitel 2.4 genauer eingegangen. In zahlreichen früheren Untersuchungen wurde festgestellt, dass weibliche Athletinnen ein deutlich erhöhtes Risiko für eine kontaktlose VKB-Ruptur tragen, als ihre männlichen Kollegen (Mountcastle et al., 2007). Je nach Sportart verletzen sich Athletinnen zwei bis acht Mal häufiger am vorderen Kreuzband als die Männer (Childs, 2002). Mountcastle et al. (2007) kamen in ihrer Studie zu ähnlichen Ergebnissen. Sie begleiteten Studierende der Militärakademie der vereinigten Staaten in den Jahren 1994 bis 2003 und erfassten die Daten von totalen VKB-Rupturen. Geschlechterspezifisch signifikante Unterschiede konnten festgestellt werden, wenn in den einzelnen Sportarten die verschiedenen Spiel-Niveaus zusammengefasst wurden oder wenn die Verletzungen, die in reinen Männersportarten wie Rugby auftraten, aus der Analyse ausgeschlossen wurden. Im Basketball betrug die Verletzungsrate bei den Frauen 2,4-mal mehr als bei den Männern, im Fussball konnten die Autorinnen und Autoren allerdings keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern feststellen (Mountcastle et al., 2007).

Dem entgegen zeigten Untersuchungen von Gianotti et al. (2009) überraschenderweise, dass die Verletzungsrate bei Männern höher war als bei Frauen. Dieses Resultat begründen sie durch den grösseren Umfang ihrer Studie (Gianotti et al., 2009).

2.3 RISIKOFAKTOREN

Die Eruierung der Risikofaktoren ist wichtig, um kontaktlose VKB-Rupturen vorzubeugen (Orchard et al., 2001). Pfeifer et al. (2018) beschreiben im Review die Wichtigkeit der Risikofaktoren folgendermassen: «Prevention begins with an understanding of risk factors associated with ACL injury» (S. 2).

Abgeleitet vom Wissen über die veränderbaren Faktoren wird, durch den Einsatz von präventiven Massnahmen, optimalerweise eine Verminderung des Verletzungsrisikos bewirkt. Bei den Verletzungen werden multifaktorielle Mechanismen vermutet, die eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes begünstigen können. Sie können in intrinsische und extrinsische Faktoren unterteilt werden (Hewett et al., 2006).

Weiter können diese noch in modifizierbar und nicht-modifizierbar unterteilt werden (Acevedo et al., 2014). Aufgrund der extrinsischen und nicht-beeinflussbaren intrinsischen Faktoren besteht allerdings immer ein Restrisiko für eine Verletzung des VKB's (Pfeifer et al., 2018).

2.3.1 Intrinsische Faktoren

Unter intrinsischen Faktoren werden in der Medizin alle inneren Faktoren, wie in diesem Zusammenhang zum Beispiel anatomische, biomechanische, hormonelle, und neuromuskuläre Unterschiede zwischen Frau und Mann verstanden (Hewett et al., 2006). Zu den veränderbaren intrinsischen Faktoren gehören der Body-Mass-Index (BMI), der hormonelle Status zum Zeitpunkt der Aktivitätsausführung, neuromuskuläre Defizite und biomechanische Abweichungen. Weitere intrinsische Aspekte wie das Geschlecht, die genetische Veranlagung, anatomische Variationen und die mögliche Vorgeschichte von VKB-Verletzungen können nicht beeinflusst werden und zählen somit zu den nicht-modifizierbaren Faktoren (Acevedo et al., 2014). In Tabelle 1 sind die intrinsischen Faktoren veranschaulicht.

Tabelle 1: Intrinsische Faktoren

Intrinsische Faktoren	
modifizierbar	nicht-modifizierbar
Body Mass Index (BMI)	Geschlecht
Hormoneller Status bei Aktivitätsausführung	Anatomische Variationen
Neuromuskuläre Defizite	Genetische Veranlagung
Biomechanische Abweichungen	Vorgeschichte

Anatomische Risikofaktoren

Im folgenden Abschnitt werden Risikofaktoren erläutert, die nicht beeinflussbar sind.

Ein anatomischer Faktor, der sehr umstritten ist, ist die Breite der Fossa intercondylaris. Durch diese Fossa intercondylaris verläuft das vordere Kreuzband.

Eine Studie von Acevedo et al. (2014) zeigte auf, dass eine verschmälerte Fossa intercondylaris ein erhöhtes Risiko einer kontaktlosen VKB-Ruptur darstellt,

unabhängig des Geschlechts. Pfeifer et al. (2018) hingegen beschrieb, dass vor allem die Frauen im Vergleich zu den Männern ein erhöhtes Risiko haben.

Untersuchungen von Shen et al. (2019) legten jedoch dar, dass die Breite kein signifikant höheres Risiko bei beiden Geschlechtern bedeutete. Die Resultate sind



Abbildung 2: Messung der Tibiareklination (Giffin et al., 2004)

widersprüchlich und weitere Untersuchungen sind notwendig. Was von Acevedo et al. (2014), Pfeifer et al. (2018) und Shen et al. (2019) gleichermassen beschrieben wird, ist der Einfluss der posterior-inferior gerichteten medialen sowie lateralen Tibiareklination auf das vordere Kreuzband, die in Abbildung 2 dargestellt wird.

Definiert und links abgebildet wird die Tibiareklination durch den Winkel zwischen der senkrechten Linie durch die Diaphyse der Tibia und der hinteren Neigung des Tibiaplateaus (Giffin et al., 2004). Eine erhöhte Tibiareklination konnte bei VKB-Verletzten häufiger vorgefunden

werden als bei ihren unverletzten Altersgenossen

(Pfeifer et al., 2018). Auch die Bandlaxität und ein Genu recurvatum werden von Acevedo et al. (2014) zu prädisponierenden Faktoren gezählt.

Ein vergrößerter TT-TG Abstand (Abstand von Tuberositas tibiae zur Trochleargrube) hat eine vergrösserte Aussenrotation der Tibia gegenüber dem Femur zur Folge, was eine grössere Scherkraft auf die Tibia nach sich zieht und somit eine Schädigung des vorderen Kreuzbandes begünstigt (Shen et al., 2019). Der TT-TG Abstand ist in Abbildung 3 ersichtlich und wird folgendermassen gemessen: Es wird eine Referenzlinie vom posterioren Punkt der medialen Femurkondyle zur lateralen Femurkondyle gezogen. Senkrecht zu dieser wird eine Linie durch den tiefsten knöchernen Punkt der Trochleargrube (TG, Linie a) und eine durch den vordersten Punkt der Tuberositas tibiae (TT, Linie b) gezeichnet. Der Abstand dieser beiden Linien ergibt den TT-TG-Abstand (Shen et al., 2019).

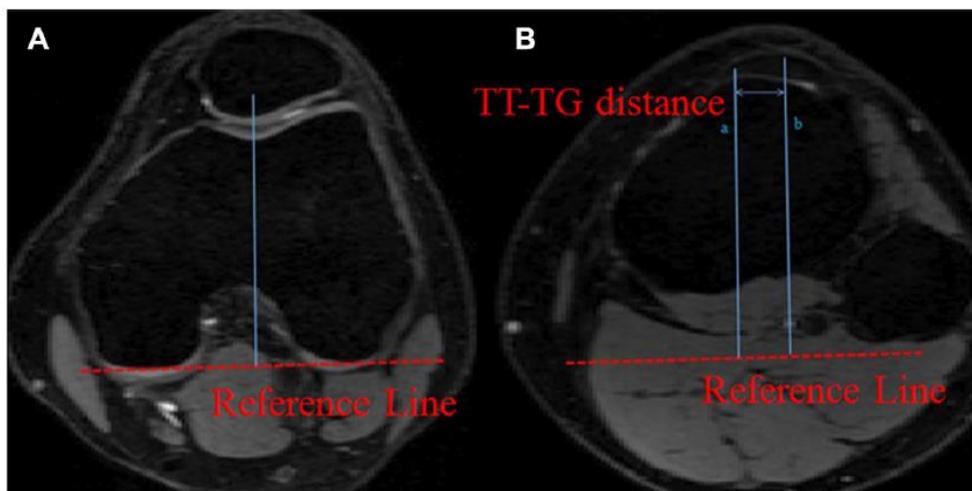


Abbildung 3: MRI-Darstellung des TT-TG-Abstands (Shen et al., 2019)

In der Anatomie der Frau und des Mannes sind einige Unterschiede festzustellen, die gemäss Untersuchungen von Harmon und Ireland (2000) Einfluss auf das Verletzungsrisiko des vorderen Kreuzbandes haben. Diese sind in der Abbildung 4 verdeutlicht. Das breitere Becken, die Tendenz zu einer Anteversion des Femurs und ein ausgeprägteres Genu valgum, die in der Anatomie der Frau deutlich zu sehen sind, ergeben eine andere Belastung auf die Strukturen des Kniegelenks. Frauen haben häufig eine weniger stark ausgeprägte Oberschenkelmuskulatur als Männer, vor allem des M. vastus medialis obliquus. All diese Faktoren können eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes begünstigen (Childs, 2002).

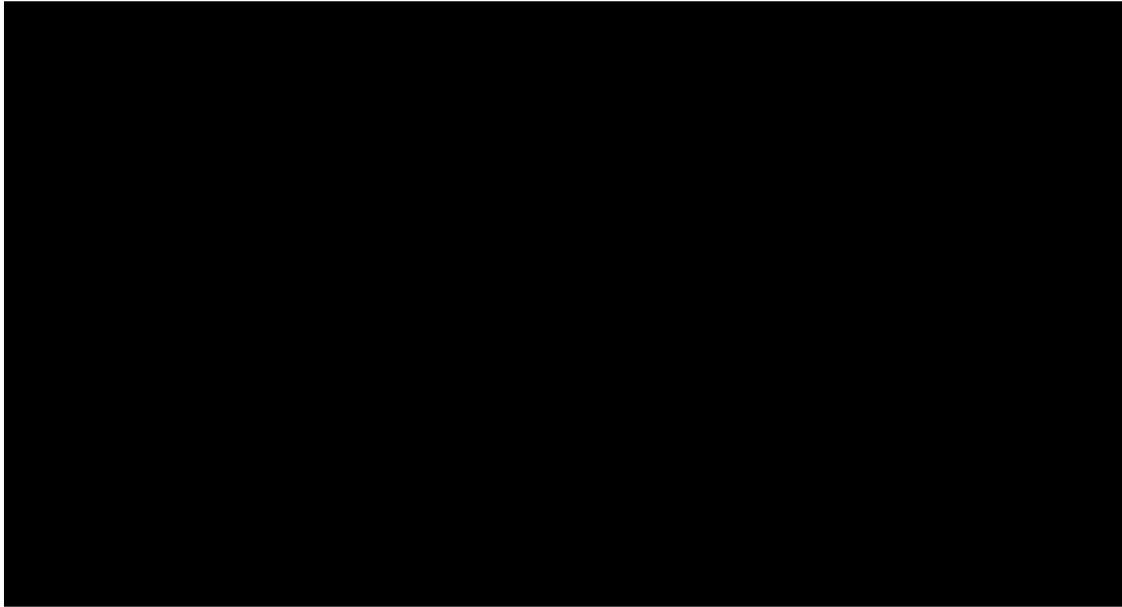


Abbildung 4: anatomische Unterschiede der unteren Extremität bei Frau und Mann (Childs, 2002)

(Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese Abbildung nicht im öffentlich zugänglichen Werk vorhanden.)

Hormonelle Risikofaktoren

Hormonelle Einflüsse im Zusammenhang mit Verletzungen bei Frauen werden in der Wissenschaft immer wieder diskutiert und untersucht. Im Review von Hewett et al. (2006) wird erwähnt, dass die Östrogenkonzentration, während dem Zyklus, um ein Vielfaches steigt. Östrogen und auch Relaxin sind bekannt für die Beeinflussung der Zugeigenschaft von Bändern (Hewett et al., 2006). In anderen Untersuchungen zeigte sich, dass physiologische Konzentrationen von Östradiol, einem der drei Östrogene, die Festigkeit der Bänder signifikant verringert und dass Relaxin die Spannung der Weichteile beeinflusst, was die obengenannte Aussage von Hewett et al. (2006) unterstützt (Booth & Tipton, 1970, zitiert nach Hewett et al., 2006). Acevedo et al. (2014) fanden Östrogen- und Progesteronrezeptoren im vorderen Kreuzband, was darauf hindeutet, dass Hormone einen Einfluss auf die Festigkeit von Bändern haben können. In den Untersuchungen von Pfeifer et al. (2018) gibt es Hinweise dafür, dass das Vorhandensein oder Fehlen von bestimmten Kollagengenen die Wahrscheinlichkeit einer späteren Ruptur des VKB's begünstigt. Hewett et al. (2006) und auch Acevedo et al. (2014) weisen darauf hin, dass es keine abschliessende Antwort auf die Rolle des hormonellen Status bei VKB-Verletzungen gibt. Die Zusammenfassung von Acevedo et al. (2014), dass einige Untersuchungen eine erhöhte Inzidenz in der frühen und späten präovulatorischen Phase sehen und

andere in der postovulatorischen Phase oder während der Menstruation, wurde vier Jahre später von Pfeifer et al. (2018) nochmals bestätigt. Die Datengrundlage ist allerdings kontrovers, das Thema kann nicht abschliessend diskutiert werden.

Neuromuskuläre Risikofaktoren

Acevedo et al. (2014) erwähnen die Muskelermüdung vor allem während dem letzten Teil der sportlichen Aktivität als Risikofaktor. Diese begünstigen eine schlechte Biomechanik und dies wiederum hat Auswirkungen auf die Kräfte, die auf das vordere Kreuzband wirken. Pfeifer et al. (2018) unterstützen diese Aussage mit folgender Begründung: eine angemessene Erholungszeit soll eingehalten werden, da die neuromuskuläre Ermüdung zu einer negativen Veränderung der Mechanik bei Landeaufgaben führen kann. Die veränderte Mechanik kann sich beispielsweise durch einen erhöhten Valguskollaps zeigen (Pfeifer et al., 2018).

Eine verminderte Propriozeption wird von Acevedo et al. (2014) als prädisponierenden Faktor beschrieben. Bei Mädchen wurde eine schlechte Repositionierung des Rumpfes und die fehlende seitliche Rumpferschiebung während dem Verletzungsmanöver beobachtet. Pfeifer et al. (2018) beschreiben die Kontrolle des Rumpfes als Reaktion auf unvorhergesehene Störungen im Sport ebenfalls als wichtig um Verletzungen zu verhindern. Dies setzt eine gute Rumpfstabilität voraus (Pfeifer et al., 2018). Mädchen zeigen gehäuft ein Ungleichgewicht von Kraft, Flexibilität und Kontrolle der Beine, was einen negativen Einfluss auf die Biomechanik des Kniegelenks und somit auf das vordere Kreuzband haben kann (Acevedo et al., 2014). Ein häufig beschriebenes Phänomen ist das potenzielle Ungleichgewicht zwischen der Kraft des M. quadriceps femoris und der Hamstrings, wobei meist die Kraft der Hamstrings im Verhältnis zur Quadricepskraft vermindert ist. Vor allem die muskuläre Voraktivierung des lateralen Anteils der Hamstrings gegenüber des lateralen Anteils des M. quadriceps femoris ist herabgesetzt (Pfeifer et al., 2018). Wie im Kapitel 2.1 beschrieben, ist die Kokontraktion dieser beiden Muskelgruppen von grosser Bedeutung, um die Scherkräfte, die sonst auf das VKB wirken, abfangen zu können (Myer et al., 2009). Das Verhältnis der Hamstrings zum M. quadriceps femoris bleibt mit zunehmender Reife der Frauen unverändert, was die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung von

neuromuskulären Dysbalancen erhöhen kann. Damit kann das erhöhte Risiko bei Frauen, eine VKB-Verletzung zu erleiden, erklärt werden (Myer et al., 2011).

Biomechanische Risikofaktoren

Gemäss Voelker (2011) wird in der Biomechanik die Bewegung von lebenden Systemen und ihren Strukturen des Bewegungsapparates beurteilt. Das Ziel in der funktionellen Anatomie ist es, Bewegungsabläufe in ihren mechanischen und ökonomischen Beziehungen zu begreifen und die Technik der Bewegung zu klären (Voelker, 2011). Unter biomechanischen Risikofaktoren können somit fehlerhafte Bewegungen und ungünstige Kombinationen von Bewegungen des Körpers verstanden werden. In den Untersuchungen von Acevedo et al. (2014) konnten Unterschiede in der Lande-, Dreh- und Schnittbiomechanik festgestellt werden. Vor allem bei Mädchen wurde nach einem Sprung eine verminderte Knie- und Hüftflexion, ein erhöhter Knievalgus, eine erhöhte Innenrotation der Hüfte sowie eine erhöhte Aussenrotation der Tibia gegenüber dem Femur beobachtet (Acevedo et al., 2014). Bei Videoanalysen, die Boden et al. (2009) analysierte, ist allerdings eine erhöhte Hüftflexion festgestellt worden. Somit kann gesagt werden, dass die Hüftflexion ein ebenfalls kontrovers diskutierter Faktor ist.

Pfeifer et al. (2018) erklärt ein erhöhtes Risiko bei Frauen mit grösserem Knievalgus bei einer Landung so, dass eine erhöhte Bodenreaktionskraft entsteht, die auf das vordere Kreuzband wirkt. Zudem beschreibt er verschiedene Kombinationen von Tibiabewegungen, die eine erhöhte Belastung für das VKB sind. Dies ist beispielsweise eine anteriore Translation kombiniert mit einer Abduktion oder einer Aussenrotation. Die grösste Spannung auf das VKB entsteht bei der anterioren Tibiaverschiebung zusammen mit einer Abduktion. Ausserdem wird in dieser Studie auch beschrieben, dass Athletinnen und Athleten mit einem kräftigeren Anteil an Hüftinnen- und aussenrotatoren im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht während der aktiven Bewegung ein kleineres Risiko tragen, eine Ruptur zu erleiden (Pfeifer et al., 2018).

Zusammenfassend für das Kapitel der neuromuskulären und biomechanischen Risikofaktoren kann gesagt werden, dass vor allem eine Beeinträchtigung der Rumpfstabilität, ein erhöhter Knievalgus und verschiedene Beugungswinkel von Hüfte und Knie einen Einfluss auf die Verletzung des vorderen Kreuzbandes haben.

Ob der Beugungswinkel als Risikofaktor grösser oder kleiner ist, konnte in der Literatur nicht abschliessend geklärt werden. Auffallend ist, dass neuromuskuläre und biomechanische Faktoren vor allem bei Frauen gefunden wurden. Die Abnahme der Kraft und des Bewegungsumfangs sind Risikofaktoren, die bei beiden Geschlechtern auftraten (Pfeifer et al., 2018).

2.3.2 Extrinsische Risikofaktoren

Unter extrinsischen Risikofaktoren werden in der Literatur Einflüsse verstanden, die ausserhalb der Kontrolle der Sportlerin oder des Sportlers liegen, wie zum Beispiel das Wetter, Bewegungsstörungen, die Spielfeldoberfläche, die Sportausrüstung oder das Wettkampfniveau (Hewett et al., 2006). Pfeifer et al. (2018) erklärt, dass die extrinsischen Verletzungsfaktoren vor allem von Wetterbedingungen und der Spielfläche abhängig sind, wobei beide Geschlechter gleich davon beeinflusst werden. Wie schon die intrinsischen können auch die extrinsischen Faktoren in modifizierbar und nicht-modifizierbar unterteilt werden. Diese werden in der Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Extrinsische Faktoren

Extrinsische Faktoren	
modifizierbar	nicht-modifizierbar
Schuhwerk/Sportausrüstung	Wetter
Spielfeldoberfläche/Umgebung	Ausweichmanöver
Wettkampfniveau	
Erholung	

Ausweichmanöver

Die Studie von Mclean et al. (2004) untersuchte den Einfluss des Geschlechts und der Anwesenheit eines Gegners auf die Biomechanik unterschiedlicher Bewegungsabfolgen. Dabei kam heraus, dass Frauen bei einem «Side Cutting-Manöver» einen erhöhten Valgus- und einen grösseren Pronationswinkel des Fusses haben. Eine grössere Variabilität des Knievalgus und der tibialen Innenrotation, eine reduzierte Knie- und Hüftbeugung und Hüftabduktion werden während diesem Bewegungsablauf beobachtet. Die Mechanismen für diese Unterschiede sind jedoch unklar (Mclean et al., 2004). Geschlechterspezifische Unterschiede in der

Gelenkkinematik deuten darauf hin, dass Frauen durch einen grösseren dynamischen Valgus des Knies ein erhöhtes VKB-Verletzungsrisiko haben. Auch das Hüft- und Sprunggelenk spielt eine wichtige Rolle bei der Kontrolle des Valgus während einem Ausweichmanöver (Hewett et al., 2006).

Spielfeldoberfläche und Schuhwerk

Wie Hewett et al. (2006), Acevedo et al. (2014) und Pfeifer et al. (2018) alle gleichermassen beschreiben, ist ein Zusammenhang des Schuhwerks mit der Spielfeldoberfläche in Bezug zu Verletzungen des vorderen Kreuzbandes feststellbar. Laut Orchard und Powell (2003) gibt es bei Spielen auf Gras signifikant weniger Verletzungen als bei Spielen auf einem synthetischen Hallenboden. Begründet wird diese Aussage mit der reduzierten Schuh-Oberflächenhaftung auf Gras. Dem gegenüber stellte Baker (1998, zitiert nach Hewett et al., 2006) jedoch fest, dass es kein signifikanter Zusammenhang zwischen Spielfeldoberfläche, Schuhwerk und VKB-Verletzungen gibt. Dies sollte nach ihm noch besser untersucht werden, da hier ein hohes Potential für Intervention vorhanden wäre. Gemäss Acevedo et al. (2014) steigt das Risiko eine Verletzung zu erleiden, sobald die Schuhe eine höhere Anzahl an Stollen an der Sohle haben, da eine erhöhte Torsionsfestigkeit gegenüber dem Boden entsteht. Eine grössere Reibung zwischen Schuhwerk und dem Boden bedeutet ein erhöhtes Risiko. Somit besteht auf synthetischen Böden ein höheres Risiko als auf Holzböden, das Spielen auf Rasen ist weniger riskant als auf Kunstrasen (Acevedo et al., 2014).

Wetter

Laut Scranon et al. (1997, zitiert nach Hewett et al., 2006) passieren mehr als 95% der Verletzungen auf trockenem Boden. Ob auf trockenem oder nassem Boden häufiger gespielt wird, wird in der Studie allerdings nicht angegeben. Auch Acevedo et al. (2014) weisen in ihrer Studie darauf hin, dass das Wetter die mechanische Schnittstelle zwischen dem Schuh und der Spielfeldfläche zusätzlich beeinflusst. Bei kaltem Wetter sind weniger Verletzungen zu verzeichnen als bei warmem Wetter (Acevedo et al., 2014). Eine Begründung, weshalb dies so ist, wird nicht genannt.

Sportart

In Untersuchungen wurde beobachtet, dass Verletzungen des vorderen Kreuzbandes häufiger während Spielen auftreten als im Training (Myklebust et al., 1998). In der Studie wird der Grund dafür nicht genauer erläutert. Möglicherweise sind die Spielerinnen und Spieler während einem Training mehr fokussiert und konzentriert auf die Technik und ihre Landungsmanöver als während einem Spiel. Zu den prädisponierenden Sportarten für solche Verletzungen gehören Fussball, American Football, Basketball, Volleyball, Handball, Lacrosse, Gymnastik und alpiner Skisport (Acevedo et al., 2014).

Neurokognitive Leistung und visuelles / verbales Gedächtnis

Acevedo et al. (2014) diskutieren einen Zusammenhang zwischen verminderter neurokognitiver Leistung, was die Reaktionszeit und die Verarbeitungsgeschwindigkeit beinhalten, und dem visuellen sowie verbalen Gedächtnis, als weiteren Risikofaktor. Dieser bedarf allerdings noch weiterer Untersuchungen (Acevedo et al., 2014).

2.4 VERLETZUNGSMECHANISMEN VON KONTAKTLOSEN RUPTUREN DES VORDEREN KREUZBANDES

Im vorherigen Kapitel sind alle Faktoren aufgelistet, welche eine VKB- Ruptur begünstigen. In diesem Kapitel wird gezeigt, wie der Verletzungsmechanismus aussieht und in bestimmten Situationen eine Ruptur unterstützt. Fast drei Viertel der Kreuzbandrupturen sind ohne Kontakt, das heisst ohne gegnerischen Einfluss. Bei der Landung nach einem Sprung hilft die Muskulatur der Hüfte, des Knies und des Fusses mit, die Bodenreaktionskräfte zu absorbieren. Bei einer Kreuzbandruptur sind die Gelenke in einer Position, in der die Muskulatur diese Kräfte nicht genügend abfangen kann (Boden et al., 2009).

Videoanalysen von Landungen zeigen, dass bei einer Ruptur die Verletzten eine signifikant grössere Plantarflexion des Sprunggelenkes haben. Der erste Kontakt auf dem Boden ist auf dem Rückfuss. Dies hat zur Folge, dass der M. triceps surae zu diesem Zeitpunkt eine verminderte Aktivität hat. Er kann während der Landung die Bodenreaktionskräfte erst verspätet absorbieren. Dies führt zu einer Übertragung der Kompressionskräfte auf das Knie. Diese Position der Landung bringt die Tibia in eine

instabile Lage. Die hohe axiale Belastung führt zum Einknicken des Knies, zusammen mit einer Verschiebung der Tibia nach ventral. Infolgedessen kommt es zu einer Rissbildung des vorderen Kreuzbandes (Boden et al., 2009). Bei einer Landung auf dem Vorfuss ist der M. triceps surae schon aktiviert, wodurch die Kraftübertragung auf das Kniegelenk geringer ist. Die Hüftflexion ist bei der Landung, bei der eine vordere Kreuzbandruptur die Folge ist, signifikant höher. Wie im Kapitel biomechanische Risikofaktoren jedoch erwähnt, ist dieser Faktor noch nicht abschliessend geklärt. Der Körperschwerpunkt ist weiter nach hinten verschoben, womit eine grössere Aktivität des M. quadriceps femoris benötigt wird. Dies hat zu Folge, dass eine zusätzliche Kompression und Verschiebung der Tibia verursacht wird und somit das VKB erhöhtem Stress ausgesetzt ist (Boden et al., 2009). In Abbildung 5 ist rechts eine provokative Landungsposition und links eine Landungsposition («safe position»), welche weniger Stress auf das vordere Kreuzband ausübt, dargestellt.

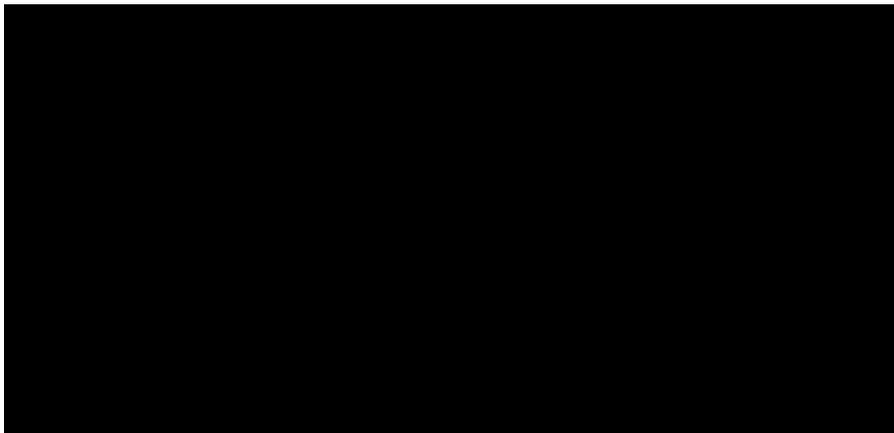


Abbildung 5: sichere Landung links, provokative Landung rechts (Boden et al., 2010)

(Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese Abbildung nicht im Werk vorhanden, eine Version davon ist per URL zugänglich: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20810933/#&gid=article-figures&pid=figure-4-uid-3>)

Ein zweiter Verletzungsmechanismus ist neben der Landung ein abrupter Stopp oder Richtungswechsel. Der Körperschwerpunkt ist in den meisten Fällen hinter dem Kniegelenk. Das Knie befindet sich in einer Valgusposition mit einer Innen- oder Aussenrotation der Tibia (Griffin et al., 2000). Bei einer Innenrotation der Tibia wird das Kreuzband gespannt, da es sich um das hintere Kreuzband schlingt. Bei einer Aussenrotation stösst das vordere Kreuzband am interkondylären Dach an, wobei es auch auf Spannung kommt (Hochschild, 2012). Ausserdem hat das Kniegelenk, bei einem abrupten Stopp oder Richtungswechsel, eine leichte Flexion und der M.

quadriceps femoris wird angespannt. Die Hamstrings können in dieser Position nicht genügend schnell aktiviert werden. Dadurch entstehen maximale Scherkräfte, welche viel Stress auf das vordere Kreuzband ausüben (Griffin et al., 2000).

2.5 NEUROMUSKULÄRES TRAINING

Im folgenden Kapitel wird die neuromuskuläre Trainingsmethode erklärt und genauer auf das plyometrische Training eingegangen.

Neuromuskuläres Training soll eine Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle eines Gelenks fördern. Eine effiziente neuromuskuläre Kontrolle beinhaltet die rechtzeitige Rekrutierung von Muskelfasern, um Störungen zu widerstehen und gefährliche externe Belastungen der Gelenke kontrollieren zu können (Hewett et al., 2016). «Neuromuskulär» beschreibt die Zusammenarbeit der neuralen Strukturen in der Peripherie sowie der Hirnstrukturen mit den Skelettmuskeln. Über chemische Synapsen werden Informationen vom zentralen Nervensystem an die Peripherie übermittelt. Die Synapsen an den Muskelfasern werden motorische Endplatte oder neuromuskuläre Junktion genannt, sind also eine Verbindungsstelle zwischen Muskulatur und Nervensystem (Trepel, 2017). Laut Ergen und Ulkar (2008) beschreibt die neuromuskuläre Kontrolle die Fähigkeit, afferente Inputs und efferente Outputs so zu verarbeiten, dass bei statischer und dynamischer Aktivität des Körpers eine gute Stabilität und Orientierung im Raum erreicht werden kann. Afferenzen sind dem zentralen Nervensystem (ZNS) ankommende sensible Informationen. Diese werden dort verarbeitet und anhand der absteigenden Efferenzen an die motorische Endplatte des Skelettmuskels weitergeleitet. Dort manifestiert sich die efferente Information in Form einer Bewegung (Trepel, 2017). Petersen (2009) beschreibt die neuromuskuläre Kontrolle so, dass eine unbewusste Aktivierung von dynamischen Stabilisatoren auf einen mechanischen Stimulus reagieren und somit ein Band vor Verletzungen geschützt wird. Dabei müssen Kraft, Wirkungsgrad und Latenzzeit der Muskulatur gut zusammenspielen. Es spielen verschiedene Arten von Inputs eine grosse Rolle, propriozeptive Informationen scheinen allerdings besonders gut geeignet zu sein, um die unbewusste Aktivierung der dynamischen Stabilisatoren zu vermitteln (Fischer, 2006). Geschieht beispielsweise eine anteriore Translation der Tibia kommt das vordere Kreuzband auf Spannung. Die Mechanorezeptoren im vorderen Kreuzband warnen das zentrale Nervensystem, dass die Spannung auf das

vordere Kreuzband sehr hoch werden kann und dadurch eine Ruptur des VKB's folgen könnte. Nach der Verarbeitung dieser Information im ZNS werden die Hamstrings, als Agonist des VKB's, durch die Efferenzen aktiviert, um dieser Bewegung und einem allfälligen Folgeschaden entgegenwirken zu können (Petersen, 2009). Vergleichbar ist dieser Vorgang auch, wenn beispielsweise durch das Auge wahrgenommen wird, dass ein Auto direkt auf einem zufährt. Diese sensorische Information, wie in Abbildung 6 dargestellt, wird über afferente Bahnen zum ZNS weitergeleitet, verarbeitet und anschliessend wird über die efferenten Bahnen die entsprechende Muskulatur aktiviert, um rechtzeitig zur Seite zu gehen.

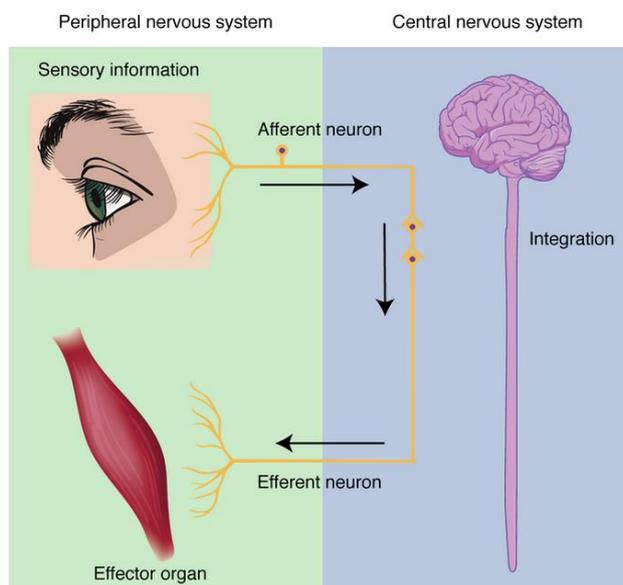


Abbildung 6: Schematische Darstellung sensorische Informationsverarbeitung (Biga et al., o. D.)

Neuromuskuläres Training wird in der Literatur zum Teil auch als multimodale Trainingsintervention beschrieben (Rahlf & Zech, 2020). Es ist anspruchsvoll, ein solches Programm umzusetzen, da es sehr viele verschiedene Übungskombinationen für die untere und die oberen Extremitäten enthält (Zech et al., 2009). Dazu zählen Balance-, plyometrisches- und Beweglichkeitstraining und sportartspezifische Übungen, siehe Abbildung 7 (Rahlf & Zech, 2020). In den folgenden Kapiteln wird ausschliesslich auf das plyometrische Training eingegangen.

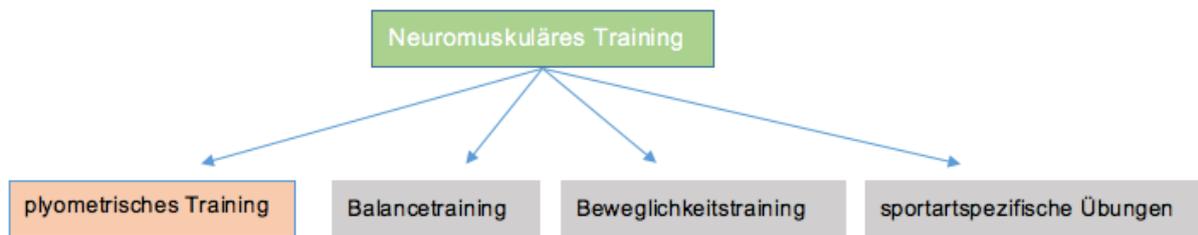


Abbildung 7: eigene Übersicht neuromuskuläres Training (Rahlf & Zech, 2020)

2.5.1 Plyometrisches Training

Der Begriff plyometrisch setzt sich aus den griechischen Bestandteilen für „mehr“ (pleion) und für „messen“ (metreo) zusammen. Als Synonym zum plyometrischen Training wird häufig das Sprungtraining verwendet. Dies ist jedoch nicht ganz korrekt, denn konventionelle Sprünge weisen sicherlich Ansätze eines plyometrischen Trainings auf, erreichen jedoch nicht die Intensität einer solchen Trainingseinheit (Schleip et al., 2016). Von einem plyometrischen Training ist die Rede, wenn der Muskel von einer exzentrischen Aktivität unmittelbar gefolgt von einer konzentrischen Aktivität belastet wird. Plyometrischen Übungen wird die neuromuskuläre Anpassung des Dehnungsreflexes, der Elastizität der Muskeln und der Golgi-Sehnenorgane zugeschrieben (Wilk et al., 1993). Zusätzlich wird die Propriozeption bei einer dynamischen Bewegung, die Kraft, die Reaktionszeit und die Leistung der trainierten Muskelgruppe verbessert (Myer et al., 2006). Die Erklärung für den Wirkungsmechanismus beruht auf zwei Faktoren. Der erste ist eine Veränderung der mechanischen Eigenschaften. Die Muskel-Sehnen-Einheit speichert die Energie, welche durch die Dehnung freigesetzt wird, womit eine grössere konzentrische Aktivität möglich wird. Der zweite Mechanismus ist eine Optimierung der neuralen Strukturen. Der Dehnungsreflex wird verstärkt, was zur Folge hat, dass mehr motorische Einheiten innerhalb des Muskelfaserbündels aktiviert werden (Kubo et al., 2007). In der Literatur wird kontrovers diskutiert, welcher dieser zwei Faktoren die Leistung effektiver steigert.

2.5.2 Drei Phasen des plyometrischen Trainings

Die Plyometrie wird gemäss Davies et al. (2015) als Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus oder als reaktives neuromuskuläres Training beschrieben. Dieses Training kann in drei Phasen unterteilt werden. Bei der ersten Phase handelt es sich um die exzentrische Phase, welche auch als Abbremsphase bezeichnet wird. In dieser

werden die Muskelspindeln auf Länge gedehnt. Dabei gibt der Muskel ein Teil der Energie ab, welche durch die Dehnung des Muskels freigegeben wird. Die zweite Phase ist die Amortisationsphase, in der die Zeit möglichst kurzgehalten werden soll, damit nicht zu viel Energie verloren geht, welche während der exzentrischen Phase aufgebaut wurde. Die Amortisationsphase ist die Kernphase der Plyometrie, die als Übergang von der ersten zur dritten Phase angesehen werden kann. Je kürzer diese Phase gehalten wird, desto mehr Energie kann freigesetzt werden und desto effektiver ist das plyometrische Training. Die dritte und letzte Phase des plyometrischen Ablaufes ist die konzentrische Phase. Wie in Abbildung 8 ersichtlich, wird die konzentrische Phase auch als Beschleunigung definiert. Diese stellt die kumulative Wirkung der exzentrischen und Amortisationsphase durch eine starke konzentrische Kontraktion des Muskels dar (Davies et al., 2015).

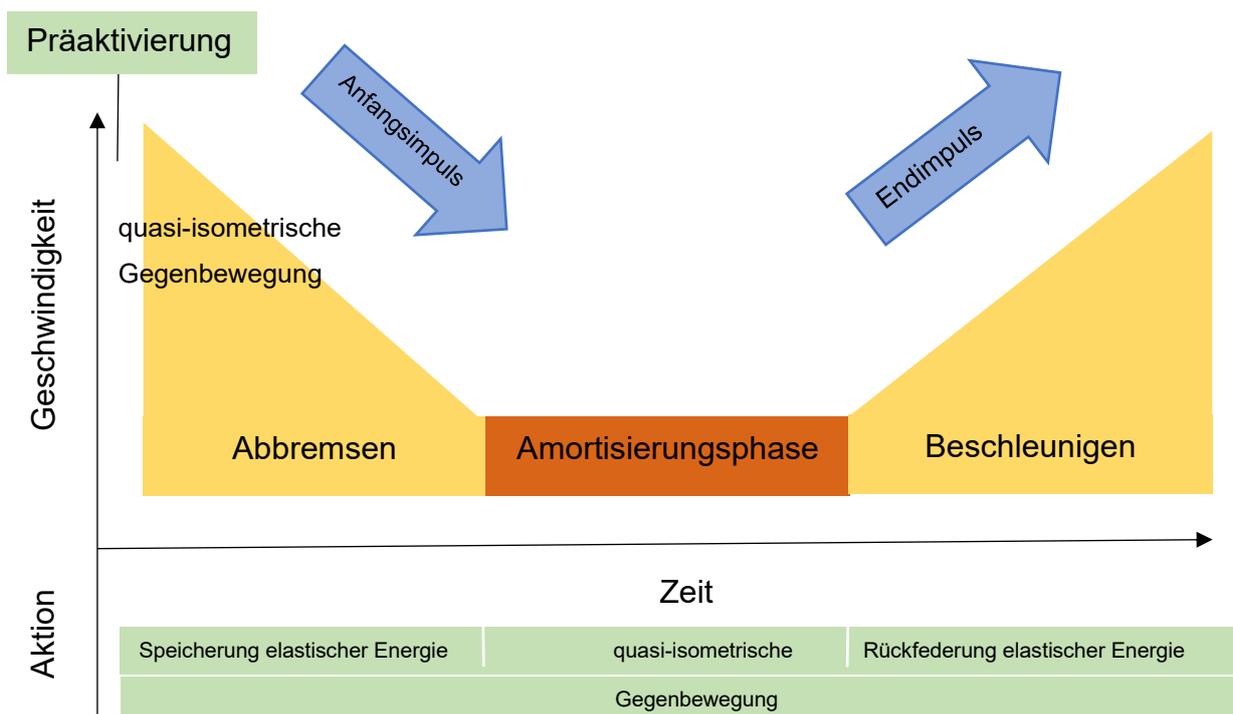


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (Schleip et al., 2016)

2.5.3 Plyometrisches Training in der Praxis

Es gibt kein allgemein gültiges Trainingsprogramm, welches sich auf jede Sportlerin, jeden Sportler anwenden lässt. Grundsätzlich gilt, dass bei jedem plyometrischen Training die Muskeln gut aufgewärmt sein müssen, da ansonsten das Verletzungsrisiko steigt. In der Plyometrie gibt es vier Trainingsprinzipien. Das erste Prinzip besagt, dass ein optimaler Fortschritt erzielt werden kann, wenn das Training zuerst einfach gehalten wird und erst wenn der Ablauf gut erlernt wurde, andere komplexere Übungen eingeführt werden. Das zweite Prinzip lautet „von leicht nach schwer“. Dies bedeutet, es sollen erst leichte, nicht sehr hohe Sprünge und erst bei korrekter Ausführung eine Progression der gleichen Übung gemacht werden. Drittens ist die Qualität des plyometrischen Trainings wichtiger als die Quantität. Es gilt die Technik gut zu beherrschen, sonst ist die Gefahr von Verletzungen zu gross (Schleip et al., 2016). Viertens ist eine Erschöpfung kontraproduktiv, weil es so zur Verminderung des Dehnreflexes und somit zu einem Verlust der freigesetzten Energie kommt (Komi, 2000). Ein wichtiger Aspekt, um die Erschöpfung zu vermeiden, sind die Ruhepausen zwischen den Sprüngen. Laut Davies et al. (2015) gibt es keinen klaren Hinweis, wie lange die Pausenzeit zwischen den Sprüngen sein soll, um die optimale Regeneration zu erzielen. Zwischen den Einheiten wird eine Pause von 1:5 bis 1:10 empfohlen, das heisst bei einer Aktivität von 10 Sekunden wäre dies eine Pause von 50-100 Sekunden. Demgegenüber scheint zwischen den Trainings eine Pause von 48-72 Stunden optimal (Davies et al., 2015). Die Wiederholungsanzahl pro Training sollte der Erfahrung der Athletin, des Athleten angepasst werden. Mit wenig Erfahrung ist eine Wiederholungsanzahl von 80-100 Bodenkontakten als genügend zu betrachten. Bei mittlerer Erfahrung sollte die Anzahl von 100-120 Bodenkontakten nicht überschritten werden und mit viel Erfahrung sollte die Anzahl zwischen 120 und 140 sein. Eine Steigerung der Wiederholungsanzahl sollte erst gemacht werden, wenn die Technik beibehalten werden kann und keine unerwünschten Ereignisse auftreten. Die Progression des plyometrischen Trainings kann durch Anpassung der Häufigkeit, die Anzahl an Wiederholungen, der Pausenzeit oder der Intensität erreicht werden (Chmielewski et al., 2006).

3 METHODIK

Ab April 2020 wurde nach einem passenden Thema gesucht, das in der Bachelorarbeit bearbeitet werden sollte. Aufgrund der persönlichen Interessen im Sport und der eigenen Aktivität im Unihockey sowie im Volleyball, kam das Thema der Kreuzbandverletzungen schnell auf. Durch das häufige Vorkommen dieser Sportverletzung auch im persönlichen Umkreis entstand die Frage, wie eine solche Verletzung konkret verhindert werden könnte. Wie ist es möglich, hohe Behandlungskosten und auch eventuelle Spätfolgen zu vermeiden? Die Suche nach der passenden Literatur begann und es stellte sich heraus, dass es eine Vielzahl an Studien und Fachliteratur bezüglich dieses Themas gibt. Deshalb musste die Fragestellung angepasst werden, da jeweils zu viele Treffer bei der Suche gefunden wurden und das Thema zu viele Aspekte beinhaltete. Somit entstand schlussendlich die in der Einleitung genannte Fragestellung: Inwiefern wirkt neuromuskuläres Training, mit Schwerpunkt auf das plyometrische Training der Hamstrings und des M. quadriceps femoris, bei Athletinnen und Athleten im Jugend- sowie Erwachsenenalter präventiv gegen kontaktlose VKB-Rupturen? Im Folgenden wird beschrieben, wie sich das Vorgehen der gesamten Literaturrecherche gestaltete, in welchen Datenbanken und mit welchen Keyword-Kombinationen gesucht wurde und welche Ein- und Ausschlusskriterien definiert wurden.

3.1 LITERATURRECHERCHE

Die Literaturrecherche erfolgte über die Datenbanken Cinahl Complete, Medline via Ovid, PEDro und Nebis (Netzwerk von Bibliotheken und Informationsstellen in der Schweiz). Durch diverse Keyword-Kombinationen erhielten wir einige Treffer, wobei sechs Studien gefunden wurden, die zur Beantwortung der Fragestellung hinzugezogen werden. Zusätzlich zu den Datenbanken als Suchinstrument, wurden einige Studien auch über das Literaturverzeichnis von anderen Studien gefunden. Die Auswahl und Selektion der Literatur erfolgte mit den in Tabelle 4 beschriebenen Ein- und Ausschlusskriterien.

3.1.1 Keywords

Die für diese Arbeit relevanten Begriffe wurden in die englische Sprache übersetzt. Anhand dieser Keywords recherchierten wir in den oben erwähnten Datenbanken nach passenden Studien. Die in Tabelle 3 aufgeführten Suchbegriffe wurden mit den Bool'schen Operatoren «AND» und/oder «OR» verknüpft.

Tabelle 3: Keywords zur Literaturrecherche

Thema	Suchbegriffe Englisch
Verletzungen	Anterior cruciate ligament injury, ACL injury, knee injuries, sport injuries
Körperteil	Anterior cruciate ligament, ACL, lower limb
Verletzungsprävention	Prevention, prophylaxis
Population	Adolescent, adults
Neuromuskuläres Training	Neuromuscular training, neuromuscular control, neuromuscular
Plyometrisches Training	Plyometrics, plyometric training, plyometric exercises
Muskelgruppe	Hamstrings-quadiceps force balance, co-contraction quadiceps hamstrings

3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Studien, welche für die Beantwortung der Fragestellung gebraucht werden, wurden anhand den in Tabelle 4 aufgelisteten Ein- und Ausschlusskriterien ausgewählt.

Tabelle 4: Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Studien in englischer oder deutscher Sprache	Studien in anderen Sprachen
Ab dem 01.01.2014 veröffentlichte Studien	Vor dem 01.01.2014 veröffentlichte Studien
Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer im Alter zwischen 13 bis 40 Jahren	Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer jünger als 13 oder älter als 40 Jahre
Randomised controlled trials und/oder Cohortstudien und/oder pre-post-Studien	Studien ohne Kontrollgruppe oder Reviews

3.2 HAUPTSTUDIEN

In Tabelle 5 sind die Hauptstudien ersichtlich. Im Anhang A1 wird die spezifische Search-History der aufgeführten Hauptstudien aufgezeigt.

Tabelle 5: potenzielle Hauptstudien

Studie	Autor/-en	Erscheinungsjahr	Titel
1	De Marche Baldon et al.	2014	Effect of Plyometric Training on Lower Limb Biomechanics in Females
2	Zebis et al.	2016	Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial
3	Achenbach et al.	2018	Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players
4	Yang et al.	2018	Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks
5	Taylor et al.	2018	Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomized controlled trial
6	Alikhani et al.	2019	The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players

3.3 STUDIENBEURTEILUNG

Für die Beurteilung der Hauptstudien wurde das Critical Appraisal Skills Programme (CASP) ausgewählt. Damit können neben Randomised controlled trials (RCT) auch Kohortenstudien und Case Control Studien bewertet werden. Bei diesen Rastern müssen jeweils 11 bis 12 Fragen beantwortet werden, die in unterschiedliche Kapitel unterteilt werden. Im Kapitel A sollen jeweils Screening Fragen schnell beantwortet werden, um zu sehen, ob die Studie valide ist. Danach können die weiteren Fragen zu den Resultaten bearbeitet werden. Je nach Raster können jeweils zum Schluss Schlüsselpunkte zur beurteilten Studie als Zusammenfassung notiert werden oder es steht zu jeder Frage ein Kommentarfeld zur Verfügung. Die Beurteilungsraster sind im Anhang A2 bis A4 zu finden.

4 RESULTATE

Im folgenden Kapitel werden die Hauptstudien einzeln zusammengefasst und die gewonnenen Erkenntnisse daraus dargestellt. Die einzelnen Studien werden kritisch gewürdigt. Eine kurze Übersicht zu den sechs Hauptstudien ist in der Tabelle 6 zu finden. Die Autorin und Autor dieser Arbeit haben jeweils bei jeder Studie nur die Resultate berücksichtigt, die für die Fragestellung relevant sind.

Tabelle 6: Übersicht über die Resultate der Hauptstudien

Autoren	Jahr	Titel	Studien- design	Sportart	Anz. Teilnehmende	Intervention	Resultate
De Marche Baldon et al.	2014	Effect of Plyometric Training on Lower Limb Biomechanics in Females	Kohorten- studie	Stop-and-Go- Sportarten	N = 36 Frauen (Ø 20-jährig)	3x pro Woche plyometrisches Training à Ø 60min für 8 Wochen	Plyometrisches Training verändert die Kinematik der unteren Extremität und erhöht die funktionelle Leistungsfähigkeit
Zebis et al.	2016	Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomized controlled trial	Randomised controlled trial	Fussball und Handball	N = 18 Fussballerinnen N = 22 Handballerinnen (15-16-jährig)	Neuromuskuläres Training im Aufwärmen 3x wöchentlich für 12 Wochen	Präaktivierungs- differenz nimmt vom M. vastus lateralis zum M. semitendinosus signifikant ab

Autoren	Jahr	Titel	Studien- design	Sportart	Anz. Teilnehmende	Intervention	Resultate
Achenbach et al.	2018	Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players	quasi-experimentell	Handball	<i>n</i> = 23 Teams mit total <i>N</i> = 23 * 279 Frauen und Männer (13-18-jährig)	1-3x pro Woche ein Präventionstraining à 15min	Signifikante Reduktion der schweren Knieverletzungen
Yang et al.	2018	Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks	Kontrollierte Laborstudie	Basketball und Volleyball	<i>N</i> = 40 Frauen und Männer (18-21-jährig)	Verbesserung der Landetechnik mithilfe von Kraft- und Plyometrie Training	Signifikante Erhöhung des Knieflexionswinkels bei den Männern bei der Stopp-Landung Keine signifikanten Unterschiede bei den Frauen
Taylor et al.	2018	Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme	Randomised controlled trial	Basketball und Fussball	<i>N</i> = 42 Basketballspielerinnen <i>N</i> = 55 Fussballspielerinnen (13-19-jährig)	2-3x pro Woche à 20-25min für 6 Wochen	biomechanische Veränderungen bei Basketballspielerinnen Keine signifikanten Unterschiede bei den Fussballerinnen
Alikhani et al.	2019	The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players	quasi-experimentell	Badminton	<i>N</i> = 22 Frauen (15-25-jährig)	3x pro Woche plyometrisches Training à 20min für 6 Wochen	Signifikante Verbesserung des dynamischen Gleichgewichtes und der Kniepropriozeption

4.1 STUDIE VON DE MARCHE BALDON ET AL. (2014)

In der Studie mit dem Titel «*Effect of Plyometric Training on Lower Limb Biomechanics in Females*» argumentieren die Autorinnen und Autoren, dass neuromuskuläre Programme zur Prävention von VKB-Verletzungen in Trainings integriert werden sollten. Insbesondere die plyometrische Komponenten dieses Programms soll wesentlich zur Wirksamkeit beitragen.

Ziel der Studie

Die Untersuchung der biomechanischen Effekte von plyometrischem Training war das primäre Ziel dieser Studie. Wie wirkt sich plyometrisches Training auf die Kinematik der unteren Extremitäten, während dem «single leg squat», die isokinetischen Drehmomente von Hüfte und Knie und die funktionelle Leistungsfähigkeit bei gesunden Frauen aus? Dabei wurde folgende Hypothese aufgestellt: Frauen aus der Trainingsgruppe verbessern ihre Beinlängsachse und erhöhen sowohl die isokinetischen Drehmomente von Hüfte und Knie sowie ihre funktionelle Leistungsfähigkeit. Die Verfasserinnen und Verfasser sind der Meinung, dass ein Training, das die funktionelle Leistungsfähigkeit steigert, gleichzeitig hilft, Knieverletzungen vorzubeugen. Es würde zudem sowohl von den Trainerinnen und Trainern sowie auch von den Athletinnen und Athleten besser akzeptiert werden. Dies soll schlussendlich zu einer besseren Adhärenz zum Training führen.

Studiendesign

Die Autorinnen und Autoren dieser Studie wählten das Design einer Kohortenstudien.

Methodik

Für die Teilnahme an der Studie meldeten sich 36 junge, gesunde Freizeitsportlerinnen. Das Signifikantsniveau wurde auf $p < 0.05$ festgelegt. Die Abbildung 9 stellt den Rekrutierungsprozess mit den Ein- und Ausschlusskriterien und die Interventionsphase dar.

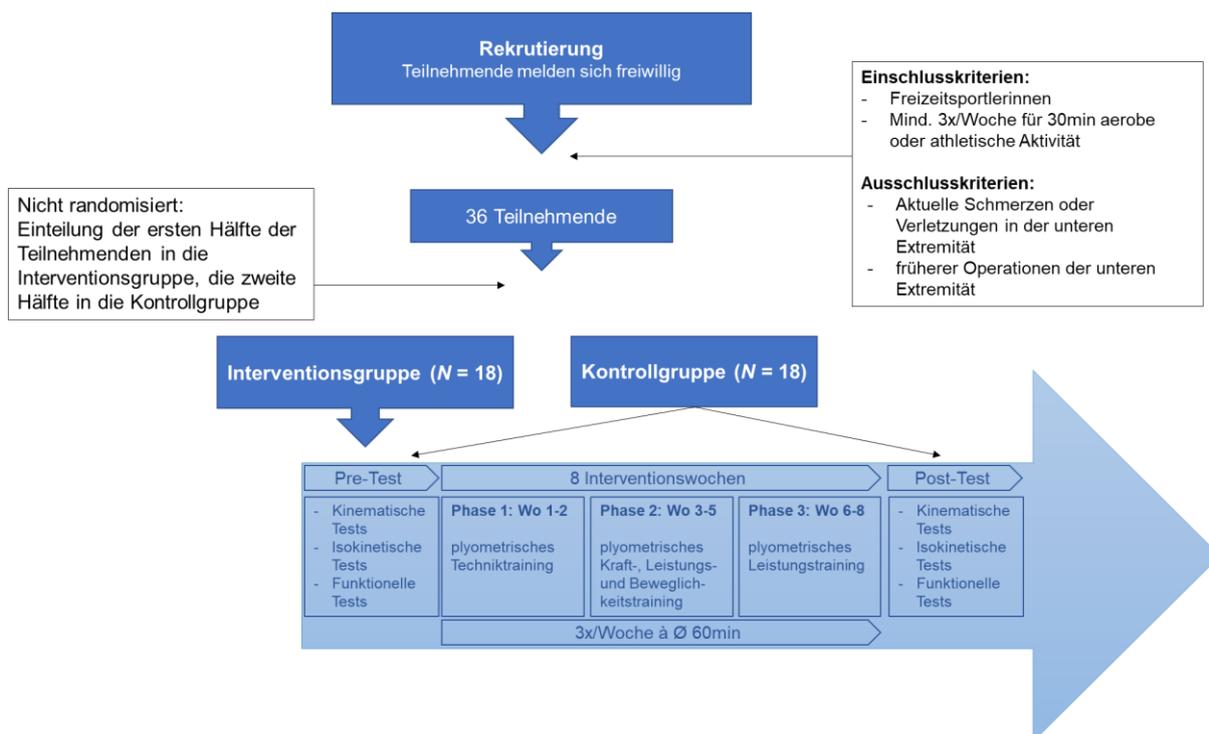


Abbildung 9: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von de Marche Baldon et al. (2014)

Die Kontrollgruppe führte kein zusätzliches körperliches Training durch. Das Trainingsprogramm der Interventionsgruppe war der Kontrollgruppe nicht bekannt. Während den Trainings der Interventionsgruppe waren jeweils zwei Physiotherapeuten anwesend, die den Teilnehmenden mündliche Rückmeldung bezüglich der Ausführung gaben. Die Trainings wurden in drei Phasen unterteilt. In der ersten technischen Phase war das Ziel die Verbesserung der motorischen Kontrolle und das Lernen der entsprechenden Sprungtechnik. Die zweite Phase konzentrierte sich auf den Aufbau von Kraft, Leistung und Beweglichkeit. Dabei wurde die Schwierigkeit und die Dauer der Übungen erhöht und einbeinige Landeübungen kamen dazu. In der letzten Phase ging es im Schwerpunkt darum, die maximale Sprunghöhe und die maximale seitliche Sprungweite zu erreichen. Zwischen den Übungen war eine Erholungszeit von maximal 2 Minuten erlaubt. Die pre- und post-Tests wurden in primäre (kinematische Tests) und sekundäre (isokinetische und funktionelle Tests) Outcomes unterteilt und von einem nicht verblindeten, erfahrenen Physiotherapeuten durchgeführt und bewertet. Die Tests wurden mit der dominanten Seite der unteren Extremität gemacht.

4.1.1 Ergebnisse

Alle Teilnehmerinnen erreichten die geforderten Trainingseinheiten von mindestens 19 von 24 Einheiten. Bezüglich der Beinlängsachse konnten keine signifikanten Unterschiede von zu Beginn und nach der Intervention festgestellt werden ($p = 0.10-0.68$). Ebenfalls waren keine signifikanten Unterschiede bei der Interaktion zwischen den Gruppen in Bezug auf die Knieflexion ($p = 0.59$) und die Hüftinnenrotation ($p = 0.26$) ersichtlich. Für den Knievalgus ($p = 0.02$) und die Hüftadduktion ($p = 0.001$) konnte hingegen eine signifikante Interaktion zwischen den Gruppen festgestellt werden. Für die exzentrischen Spitzendrehmomente konnte nur bei folgenden Muskelgruppen eine signifikante Verbesserung zwischen Interventions- und Kontrollgruppe festgestellt werden: Hüftabduktoren ($p < 0.001$), Hüftadduktoren ($p < 0.001$) und Hüftinnenrotatoren ($p = 0.02$). Kein signifikanter Unterschied kam bei den Hüftausenrotatoren ($p = 0.19$), Hamstrings ($p = 0.06$) und M. quadriceps femoris ($p = 0.14$) heraus. Die exzentrischen Spitzendrehmomente der Hüftabduktoren ($p < 0.001$) und Hüftadduktoren ($p = 0.04$) in der Trainingsgruppe waren nach der Intervention signifikant grösser als vor der Intervention. Auch beim «triple hop test» ($p < 0.001$) und dem «six-meter timed hop test» ($p < 0.001$) konnte bei der Trainingsgruppe im Vergleich zu vor der Intervention ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Schlussfolgerung

Plyometrisches Training mit verbalen Instruktionen bewirkt eine positive Veränderung in der Kinematik der unteren Extremität, der Hüftkraft und der funktionellen Leistungsfähigkeit der Frauen. Es empfiehlt sich die Einbindung dieser Intervention in Präventionsprogramme zur Vorbeugung von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes.

4.1.2 Würdigung

Bei der Studie von de Marche Baldon et al. (2014) handelt es sich um eine Kohortenstudie, was laut Sackett et al. (1999, zitiert nach Borgetto et al., 2007) zum Evidenztyp IIa gezählt werden kann. Die externe Evidenz ist tiefer im Vergleich zum Level Ib eines RCT's. Das Ziel der Studie ist klar ersichtlich, es wird zusätzlich eine Hypothese aufgestellt, welche zum Schluss nochmals aufgegriffen wird. Die

Teilnehmerinnen konnten sich freiwillig melden. Die Ein- und Ausschlusskriterien werden klar beschrieben. Es handelt sich bei dieser Studie um eine kleine Kohorte, wobei es fragwürdig ist, ob die Resultate auf eine ganze Population geschlossen werden können. Die Zuteilung in die Interventions- und Kontrollgruppe erfolgte nicht zufällig und der Prüfer war während der Zuteilung nicht verblindet, was zu Verzerrungen der Resultate führen kann. Als kinematisches Assessment wurde der «single leg squat» genutzt, um die Beinlängsachse zu untersuchen. Dies ist aber eine langsame Aufgabe, wobei hinterfragt werden sollte, ob es ein sinnvolles Assessment ist, da die Beinlängsachse in der Praxis während Sprüngen und schnellen Richtungswechseln stabilisiert werden muss. Über diese Limitationen sind sich die Autorinnen und Autoren allerdings bewusst und diskutieren sie kritisch. Für das funktionelle und isokinetische Assessment wurden standardisierte Tests durchgeführt, die auch bei anderen Studien bereits genutzt wurden, wobei sich ein adäquater Wert des Korrelationskoeffizienten für beide Tests zeigte und ein Vergleich mit weiteren Studien ermöglicht. Bei allen Teilnehmerinnen wurden dieselben Tests vor und nach der Intervention durchgeführt, allerdings mit unterschiedlichem Schuhwerk, was die Resultate beeinflussen könnte. Die Tests wurden von einem Physiotherapeuten bewertet, der nicht verblindet war. Die Probandinnen erhielten während der Intervention mündliche Instruktionen, was allenfalls nicht bei jeder Teilnehmerin gleich ausfiel. Ebenfalls kann die Motivation jeder einzelnen Teilnehmerin das Testergebnis unterschiedlich ausfallen lassen. Die Follow-up-Messungen wurden bei allen Teilnehmerinnen zur gleichen Zeit durchgeführt. Es werden keine Dropouts genannt, was zu Verzerrungen der Resultate führen kann. Es wird nicht beschrieben, ob dies bei der Analyse berücksichtigt wurde. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0.05$ festgelegt. Die kurzzeitigen Ergebnisse sind nicht genügend aussagekräftig, es braucht weitere Untersuchungen zu diesem Thema mit einer grösseren Stichprobe und über einen längeren Zeitraum, damit auf einen langfristigen Nutzen geschlossen werden kann. Dies ist den Verfasserinnen bewusst und wird auch diskutiert. Es wirft die Frage auf, ob das Studiendesign eines RCT's passender wäre, um Ergebnisse für eine Gesamtpopulation zu erhalten. Das untersuchte Thema dieser Studie wird in der Literatur kontrovers diskutiert und es werden jeweils unterschiedliche Aspekte berücksichtigt, wobei ein Vergleich der Studien und deren Ergebnisse erschwert wird.

4.2 STUDIE VON ZEBIS ET AL. (2016)

Der Titel der folgenden Studie lautet «*Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomized controlled trial*». Das Ziel ist die Auswirkungen eines evidenzbasierten Trainings zur Prävention von Verletzungen der unteren Extremitäten, auf neuromuskuläre und biomechanische Risikofaktoren für kontaktlose VKB-Verletzungen zu untersuchen.

Studiendesign

Für diese Studie wurde das Design Randomised controlled trial (RCT) gewählt.

Methodik

Insgesamt wurden 40 Teilnehmerinnen im Alter von 15 bis 16 Jahren mittels verdeckter Randomisierung in die Interventionsgruppe und in die Kontrollgruppe eingeteilt. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0.05$ festgelegt. Die Abbildung 10 stellt den Rekrutierungsprozess und die Interventionsphase dar.

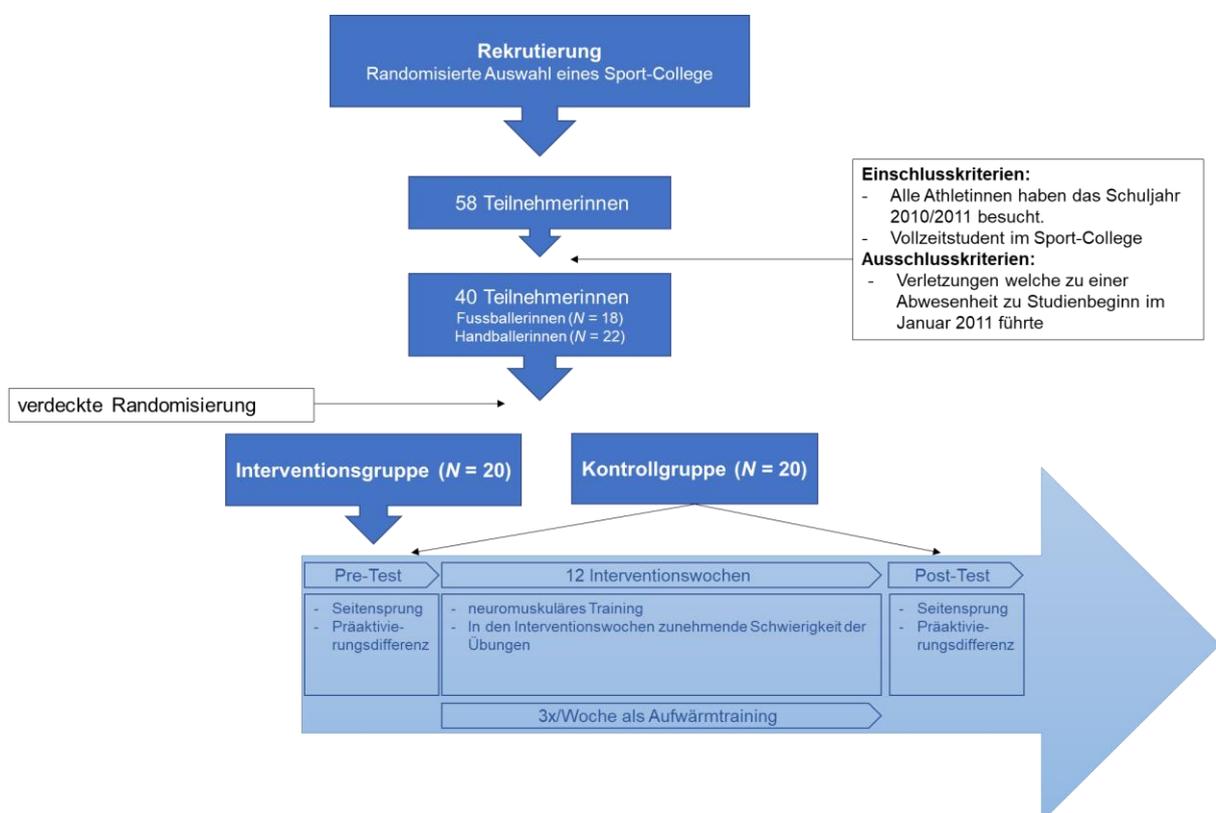


Abbildung 10: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Zebis et al. (2016)

Die Spielerinnen werden mittels «side cutting» getestet, welcher zu Beginn und am Ende der zwölfwöchigen Intervention durchgeführt wird. Es werden elektromyographische Messungen vom M. vastus lateralis, vom M. semitendinosus und vom M. biceps femoris 10 Millisekunden vor dem ersten Bodenkontakt gemacht. Zusätzlich wird die Präaktivitätsdifferenz vom M. vastus lateralis zum M. semitendinosus gemessen. Es wird der maximale Valgusmoment und der Valguswinkel beim ersten Bodenkontakt berücksichtigt. Zwischen August und Dezember 2010 wurden 58 Athletinnen untersucht. Bis zum Start im Januar 2011 konnten 17 Probandinnen aufgrund diverser Gründe nicht teilnehmen.

4.2.1 Ergebnisse

Die Analyse in der Interventionsgruppe zeigt, dass die Präaktivierungsdifferenz vom M. vastus lateralis zum M. semitendinosus signifikant abgenommen hat ($p = 0.0167$). In der Kontrollgruppe stieg die Präaktivierungsdifferenz vom M. vastus lateralis zum M. semitendinosus signifikant an ($p < 0.0001$). Dies bedeutet, dass es zwischen den Gruppen einen signifikanten Unterschied in der Präaktivierung nach dem zwölfwöchigen Training gibt ($p < 0.0001$). Für das maximale Valgusmoment ($p = 0.53$) und den Valguswinkel ($p = 0.4$) beim ersten Bodenkontakt wurden keine Veränderungen innerhalb der Gruppen beobachtet. Während der zwölfwöchigen Intervention gab es in der neuromuskulären Gruppe eine Knieverletzung, während in der Kontrollgruppe vier Fussverletzungen und drei Knieverletzungen registriert wurden. Dies ist ebenfalls ein signifikanter Unterschied ($p = 0.04$).

Schlussfolgerung

Die Differenz der Präaktivierung des M. vastus lateralis und des M. semitendinosus wurde bei der Kontrollgruppe für die Autorinnen und Autoren überraschend grösser. Das zwölfwöchige Verletzungspräventionsprogramm kombiniert mit Training und Spielen hat gezeigt, dass eine Zunahme der Präaktivität der VKB-Agonisten während des «side cuttings» resultiert. Dies wirft die Hypothese auf, ob die untersuchte Population dadurch ein geringeres VKB Verletzungsrisiko eingeht.

4.2.2 Würdigung

Das RCT Studiendesign gehört gemäss Sackett et al. (1999, zitiert nach Borgetto et al., 2007) zum Evidenzlevel Ib, was eine hohe externe Evidenz bedeutet. Die Studie von Zebis et al. (2016) zeigt die Forschungsfrage und das Ziel klar auf. Die Stichprobe wird anhand definierter Ein- und Ausschlusskriterien bestimmt, klar dargelegt und zufällig in eine Interventions- und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Angaben zur genauen Auswahl der Teilnehmenden werden allerdings nicht gemacht. Auf den ersten Blick erscheint die Stichprobe eher klein. Die Autorinnen und Autoren sehen diese allerdings als genügend gross, da sie vorab eine Poweranalyse durchgeführt haben. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die demographischen Daten zwischen den Gruppen. Da alle Teilnehmenden aus dem gleichen College rekrutiert wurden, ist es fragwürdig, ob die Ergebnisse für die gesamte Population der 15- bis 16-jährigen in diesem Alter geltend gemacht werden können. Aufgrund von Verletzungen oder anderen, nicht näher beschriebenen Gründen, werden Drop-Outs genannt. Weder die Teilnehmenden noch die Forschenden waren verblindet. Das Testprotokoll wird genau beschrieben, beide Gruppen erhielten identische Tests und das Follow-up Intervall war bei allen Teilnehmenden nach zwölf Wochen gleich. Vorab wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0.05$ und ein Konfidenzintervall von 95% festgelegt. Die Ergebnisse werden im Text und in der Tabelle klar dargestellt. Die Resultate sind komplett und werden innerhalb der Gruppen und zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe verglichen. Leider werden keine genauen Angaben zum Interventionsprogramm gemacht, der Link, der zum Programm führen sollte, funktioniert nicht mehr. Die Verfassenden sind sich ihrer Limitationen bewusst und diskutieren diese kritisch. Es wird keine Aussage über die Validität der Studie gemacht.

4.3 STUDIE VON ACHENBACH ET AL. (2018)

Die Studie mit folgendem Titel «*Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players*» hat das Ziel, aufzuzeigen, dass die Knieverletzungen mit einem Verletzungspräventionsprogramm reduziert werden können. Das Präventionsprogramm soll ausreichende und praktikable Übungen beinhalten.

Studiendesign

Für diese Studie wurde ein quasi-experimentelles Studiendesign gewählt.

Methodik

23 Frauen- und Männerhandballteams nahmen an dieser Studie teil. Dabei werden die Teams zufällig in die Interventions- und Kontrollgruppe eingeteilt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0.05$ festgelegt. Die Abbildung 11 stellt den Rekrutierungsprozess mit den Ein- und Ausschlusskriterien und die Interventionsphase dar.

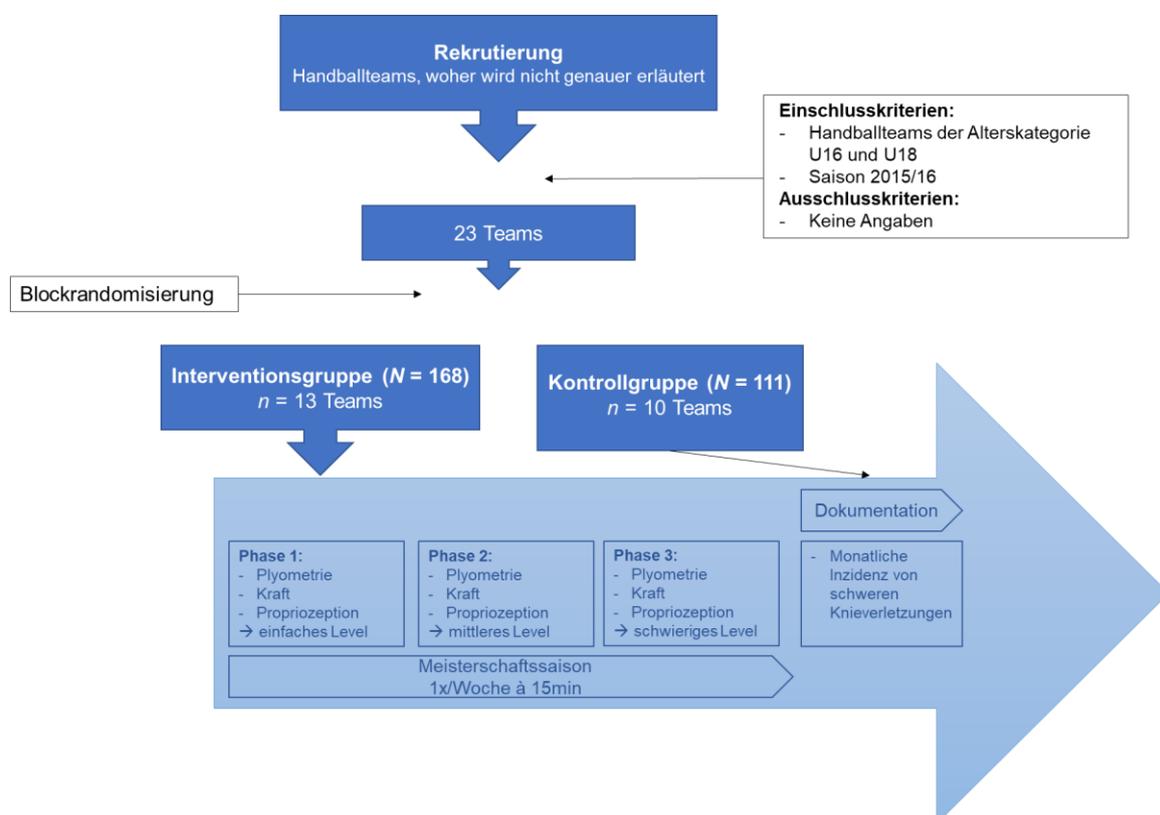


Abbildung 11: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Achenbach et al. (2018)

Die Verletzungen werden in verschiedene Schweregrade unterteilt. Minimal bedeutet 0 Tage Ausfall, leicht 1 bis 3 Tage, mässig 4 bis 7 Tage, mittelschwer 8 bis 28 Tage, schwer mehr als 28 Tage Abwesenheit vom Handball. Die Verletzung muss während des Handballspielens in einem Training oder während einem Match geschehen. Die Zuteilung erfolgte mittels einer Blockrandomisierung bei der die Teams in eine von vier Gruppen zugeteilt werden. Die eine Gruppe unterteilt das Geschlecht und die andere Gruppe das Alter. In den einzelnen Gruppen wird wiederum in Intervention und Kontrollgruppe unterteilt. Zum primären Outcome in der Studie zählen schwere Knieverletzungen wie: intraartikuläre Fraktur, Patellaluxation, Ruptur des Kollateral- oder Kreuzbandes, Meniskusriss oder Knorpelverletzung. Zum sekundären Outcome zählen Verletzungen der unteren Extremitäten wie Fussverletzungen oder Verletzungen der oberen Extremitäten. Da die sekundären Outcomes für diese Arbeit nicht relevant sind, wird nicht weiter darauf eingegangen. Die Trainer der Interventionsgruppen werden über die Durchführung und die Ziele der Übungen mittels Fotos und Videomaterial informiert. Ebenfalls werden die Trainer über Verletzungsmechanismen, eine korrekte Landeposition und eine alternative Landetechnik speziell für den Handballsport geschult. Die Kontrollgruppe setzt das gewohnte Training fort. Zu Beginn der Studie mussten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einen standardisierten Fragebogen ausfüllen, wobei die körperlichen sowie persönlichen Daten abgefragt wurden. Das Interventionsprogramm dauert in der Vorbereitungsphase (10 bis 12 Wochen) 15 Minuten, wobei es zwei bis drei Mal wöchentlich durchgeführt wird. Während der Saison wird das Programm einmal wöchentlich für 15 Minuten durchgeführt. Die Interventionen bestehen aus zwei verschiedenen Übungssätzen. Jedes Set beinhaltet fünf Übungen mit je drei Progressionen. Sobald die schwierigsten Übungen korrekt durchgeführt werden, müssen die Übungen in zufälliger Reihenfolge absolviert werden. Das Programm beinhaltet Sprungübungen, Landeübungen, propriozeptive Übungen, plyometrische Übungen und Kraftübungen für den M. quadriceps femoris, die Hamstrings und die Rumpfmuskulatur.

4.3.1 Ergebnisse

Aus den gesamthaft 279 Teilnehmenden resultierten 82 Verletzungen, was eine Gesamtinzidenz von 1,85 Verletzungen pro 1000 h Handballexposition ergibt. Dabei gab es 50 allgemeine Verletzungen in der Interventionsgruppe (1,90/1000h) und 32 Verletzungen in der Kontrollgruppe (1.78/1000h). Die Knieverletzung war nach der Fussverletzung die zweithäufigste Verletzung in der Stichprobe. Das primäre Outcome der Studie, die schweren Knieverletzungen, konnte in der Interventionsgruppe signifikant verringert werden ($p = 0.019$).

Schlussfolgerung

Die Studie zeigt auf, dass durch ein Interventionsprogramm bestehend aus neuromuskulären Interventionen bei 13- bis 18-jährigen Handballspielerinnen und Handballspielern eine schwere Knieverletzung signifikant verringert werden kann.

4.3.2 Würdigung

Mit dem gewählten Design einer quasi-experimentellen Studie, hat die Studie von Achenbach et al., 2018 ein Evidenzlevel von IIb, was einer mittleren externen Evidenz entspricht (Sackett et al., 1999, zitiert nach Borgetto et al., 2007). Die Stichprobe wurde nur mittels Einschlusskriterien abgegrenzt. Es werden keine Ausschlusskriterien genannt. Dropouts wurden gemeldet, allerdings wird nicht genauer darauf eingegangen. Das kann zu Verzerrungen führen. Die demographischen Daten der Stichprobe unterscheiden sich in keinem Punkt signifikant. Es ist fragwürdig, ob die gewählte Stichprobengrösse genügend gross ist, da sich während der Interventionszeit lediglich sieben Teilnehmende eine schwere Knieverletzung zuzogen. Zusätzliche wurde keine Poweranalyse durchgeführt, die eine optimale Stichprobengrösse vorgeben würde. Das Signifikantsniveau wurde auf $p < 0.05$ mit einem Konfidenzintervall von 95% gesetzt. Die Resultate werden klar unterteilt und vollständig aufgelistet. Es werden vor und nach der Intervention keine Assessments zur Auswertung von Ergebnissen gemacht. Anhand des primären Outcomes (schwere Knieverletzung), wird mit Hilfe von Odds Ratio die Wahrscheinlichkeit, eine solche Verletzung zu erleiden, ausgerechnet. Die durchgeführte Intervention wird genau erklärt, was eine Nachstellung ermöglicht. Beim primären Outcome wurde die Anzahl Ausfalltage im Training oder Match bei 28

definiert. Dies ist ein eher kurzer Ausfall für eine schwere Knieverletzung. Es wird zudem nicht diskutiert, wie die medizinische Betreuung bei einer Verletzung aussah, was die Absenz der Sportlerinnen und Sportler beeinflussen und somit zu einer Verzerrung der Resultate führen kann. Die Länge der Saison wird nicht diskutiert. Die Anzahl Trainings- bzw. Matchstunden werden in einer Tabelle übersichtlich dargestellt und unterscheiden sich nicht signifikant zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe.

4.4 STUDIE VON YANG ET AL. (2018)

In der Studie mit dem Titel «*Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks*» wollen die Autorinnen und Autoren die Auswirkungen eines neuromuskulären Interventionsprogrammes bei Sportlerinnen und Sportlern mit biomechanischen Risikofaktoren untersuchen, um das Risiko einer kontaktlosen VKB-Verletzung zu reduzieren. Zudem soll herausgefunden werden, wie lange die Wirkung der Intervention anhält.

Studiendesign

Diese Studie hat das Design einer kontrollierten Laborstudie.

Methodik

In der Studie sind 200 College-Basketball- und Volleyballspielerinnen und -spieler im Alter von 18 bis 21 Jahren von der Beijing Sport Universität einem Screening Test unterzogen worden. Das Signifikantsniveau wurde bei $p < 0.05$ festgelegt. Die Abbildung 12 stellt den Rekrutierungsprozess und die Interventionsphase dar.

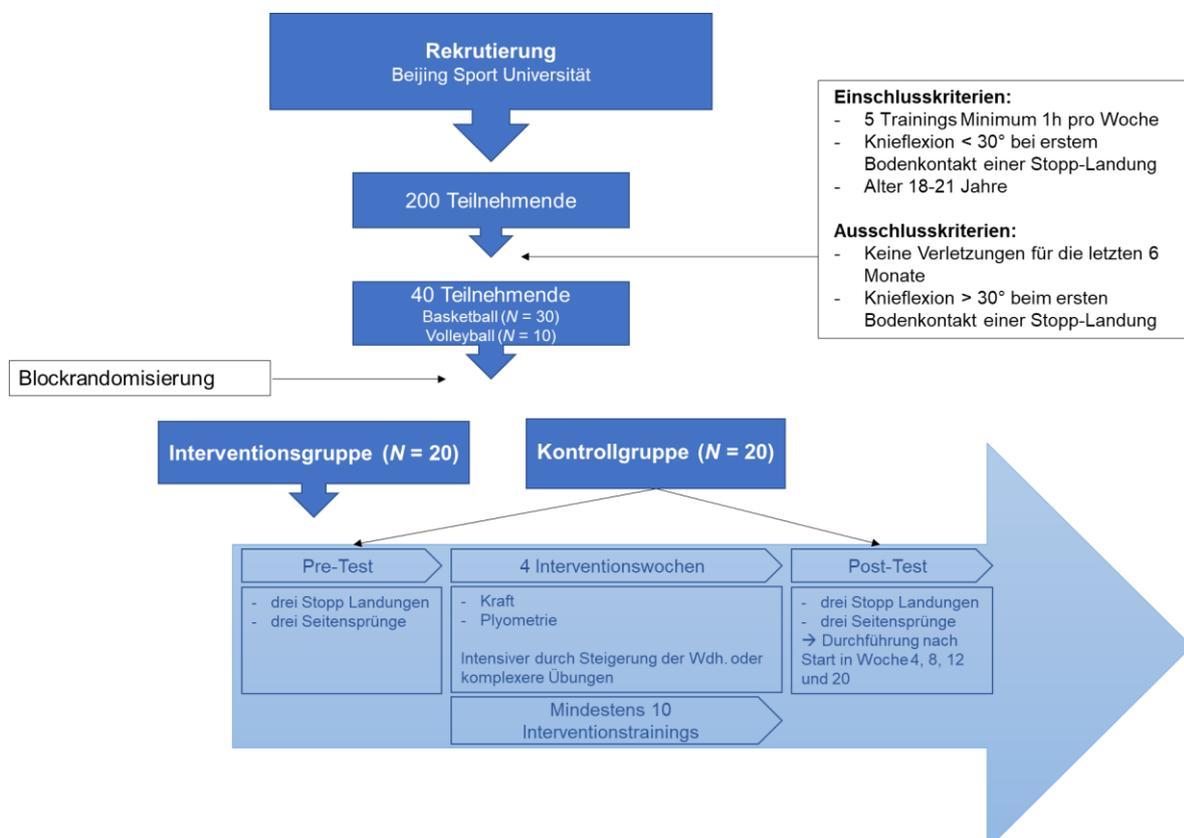


Abbildung 12: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Yang et al. (2018)

Im Screening-Test müssen die Teilnehmenden einen Sprung machen, indem beim ersten Bodenkontakt auf den Flexionswinkel der Knie geachtet wird. Von den 200 Spielerinnen und Spielern haben 40 einen kleineren Flexionswinkel als 30°. Die Stichprobe besteht aus 20 Basketballspielern, zwei Volleyballspielern, zehn Basketballspielerinnen und acht Volleyballspielerinnen. Von den 40 Teilnehmenden haben 36 die Studie absolviert. Die vier Dropouts sind aufgrund von Termenschwierigkeiten oder Verletzungen der unteren Extremität entstanden. Die Teilnehmenden sind anhand einer Blockrandomisierung in die Interventions- und Kontrollgruppe mit der Unterteilung Sport und Geschlecht zugeteilt worden, damit gleich viele Frauen wie Männer in einer Gruppe sind. Die Technik der Landung soll mithilfe von Krafttraining und plyometrischen Übungen verbessert werden. Jedes Training besteht aus einem Einlaufen, den Hauptübungen und einem Auslaufen. Es ist so aufgebaut, dass sich die Intensität während den vier Interventionswochen steigert, indem die Anzahl der Übungen zunimmt oder diese immer komplexer werden. Die Teilnehmenden müssen mindestens 10 Interventionstrainings machen, damit das Programm abgeschlossen ist. Sämtliche Trainings werden von einem erfahrenen Trainingsassistenten beobachtet. Die Kontrollgruppe führt ihr Standardtraining fort. Nach den vier Interventionswochen absolvieren alle Teilnehmenden nochmals die Assessments, die bereits zu Beginn gemacht wurden. Diese bestehen aus drei Stopp-Landungen und drei «side cuttings». Damit die Daten genau erfasst werden, werden an den Testpersonen reflektierende Marker angebracht. Zur Analyse werden, mit Hilfe einer Kamera, die 200 Bilder pro Sekunde macht, die Landungen aufgenommen. Die Assessments wiederholen sich am Ende der Wochen 4, 8, 12 und 20.

4.4.1 Ergebnisse

Bei beiden Geschlechtern gibt es weder in Woche 0 noch in den folgenden Testwochen eine signifikante Veränderung zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe in der Landung des «side cutting» (Männer: $p \geq 0.402$, Frauen: $p \geq 0.244$). Männliche Teilnehmer in der Interventionsgruppe erhöhten signifikant den Knieflexionswinkel bei der Stopp-Landung in den Wochen 8, 12 und 20 im Vergleich zur Woche 0 ($p \leq 0.002$) und zur männlichen Kontrollgruppe ($p \leq 0.011$). Bei den

weiblichen Teilnehmerinnen wurde keine signifikante Veränderung festgestellt ($p > 0.05$).

Schlussfolgerung

Wie erwartet, veränderte sich der Knieflexionswinkel bei den Männern in einer Stopp-Landung. Ein erhöhter Flexionswinkel im Knie kann eine kontaktlose Verletzung des vorderen Kreuzbandes verringern. Die unerwartete Ineffektivität der Intervention auf das «side cutting» könnte aufgrund der mangelnden Ähnlichkeit der Trainingskomponenten und des «side cutting» erklärt werden. Das Interventionsprogramm in der Studie enthält demnach viele Bewegungsmerkmale der Stopp-Landung, aber nicht viele Bewegungsmerkmale des «side cuttings», was einen verzerrten Interventionseffekt zwischen den Aufgaben verursacht haben könnte. Ein weiterer unerwarteter Punkt ist, dass bei gleichen Interventionen nur die männlichen Teilnehmer eine signifikante Verbesserung in der Stopp-Landung aufzeigen, die Frauen allerdings keine. Die Übungen sollten die Sportlerin, den Sportler optimal herausfordern, so dass das Erlernen der Fähigkeiten gefördert wird. So kann erwartet werden, dass die Intervention nicht auf die weiblichen Teilnehmerinnen abgestimmt worden ist. Die Studie zeigt jedoch auf, dass wenn die Landung erlernt worden ist, die Technik auch noch nach 16 Wochen ohne die aktive Intervention erhalten bleibt.

4.4.2 Würdigung

Die Studie weist mit dem gewählten Studiendesign von einer kontrollierten Laborstudie ein Evidenzlevel von IIa auf (Sackett et. al., 1999, zitiert nach Borgetto et al., 2007). Die Stichprobe wurde vorab mittels Screening-Test (Knieflexionswinkel $<30^\circ$) festgelegt. Die Gruppeneinteilung erfolgte durch eine Blockrandomisierung. Das Ziel und die Forschungsfrage der Studie sind klar dargestellt. Es ist sinnvoll, eine kontrollierte Studie zu machen, da ansonsten der biomechanische Risikofaktor für eine VKB-Ruptur nicht berücksichtigt werden kann. Die Stichprobe ergab sich aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien. Es wurde keine Poweranalyse gemacht, wodurch keine Aussage über die Stichprobengröße gemacht werden kann. Die Autorinnen und Autoren sind sich der eher kleinen Stichprobe bewusst und auch, dass die Verteilung der Volleyball- bzw. Basketballspielerinnen und -spieler nicht

gleichmässig war. Dropouts werden erwähnt, die Gründe dafür werden genannt. Allerdings wird nicht genauer darauf eingegangen, inwiefern dies die Resultate beeinflusst. Die Testung führten alle Teilnehmenden mit ihren eigenen Sportschuhen durch, was zu einer Verzerrung der Resultate führen kann. Auf die Validität der Messinstrumente wird nicht genauer eingegangen. Das Signifikanzniveau wurde vorab auf $p < 0.05$ mit einem Konfidenzintervall von 95% festgelegt. Es werden Lösungsansätze nachvollziehbar diskutiert und es wird dargestellt, wie es zu den Resultaten gekommen ist und was in einem nächsten Programm geändert werden müsste. Da nur Sportlerinnen und Sportler mit dem biomechanischen Risikofaktor (Knieflexion $<30^\circ$) an der Studie teilnehmen durften, ist es fraglich, ob eine Aussage auf die Population gemacht werden kann. Zudem beträgt die Interventionsdauer nur vier Wochen. Das ist kurz im Vergleich mit ähnlichen Studien. Die Autorinnen und Autoren sind sich der Limitation bewusst, dass sich Bewegungsmuster in einer Laborumgebung von den tatsächlichen Bewegungen während Matches oder Trainings unterscheiden können.

4.5 STUDIE VON TAYLOR ET AL. (2018)

Der Titel zur Studie von Taylor et al. (2018) lautet folgendermassen: «*Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomised controlled trial*». Das Ziel der Autorinnen und Autoren war herauszufinden, inwiefern ein bestimmtes Präventionsprogramm die Biomechanik der ein- und zweibeinigen Sprunglandung bei Basketball- und Fussballspielerinnen unterschiedlich verändert. Ihre Arbeitshypothese besagt, dass sich bei allen Athletinnen, unabhängig der Sportart, ähnliche Veränderungen auf den gleichen Trainingsreiz zeigen.

Studiendesign

Es wurde für diese Studie das Design der randomisierten kontrollierten Studie gewählt (RCT).

Methodik

Es wurden Teilnehmerinnen aus lokalen Basketball- und Fussballvereinen zugelassen. Abbildung 13 veranschaulicht den Rekrutierungsprozess mit den Ein- und Ausschlusskriterien und die Interventionsphase.

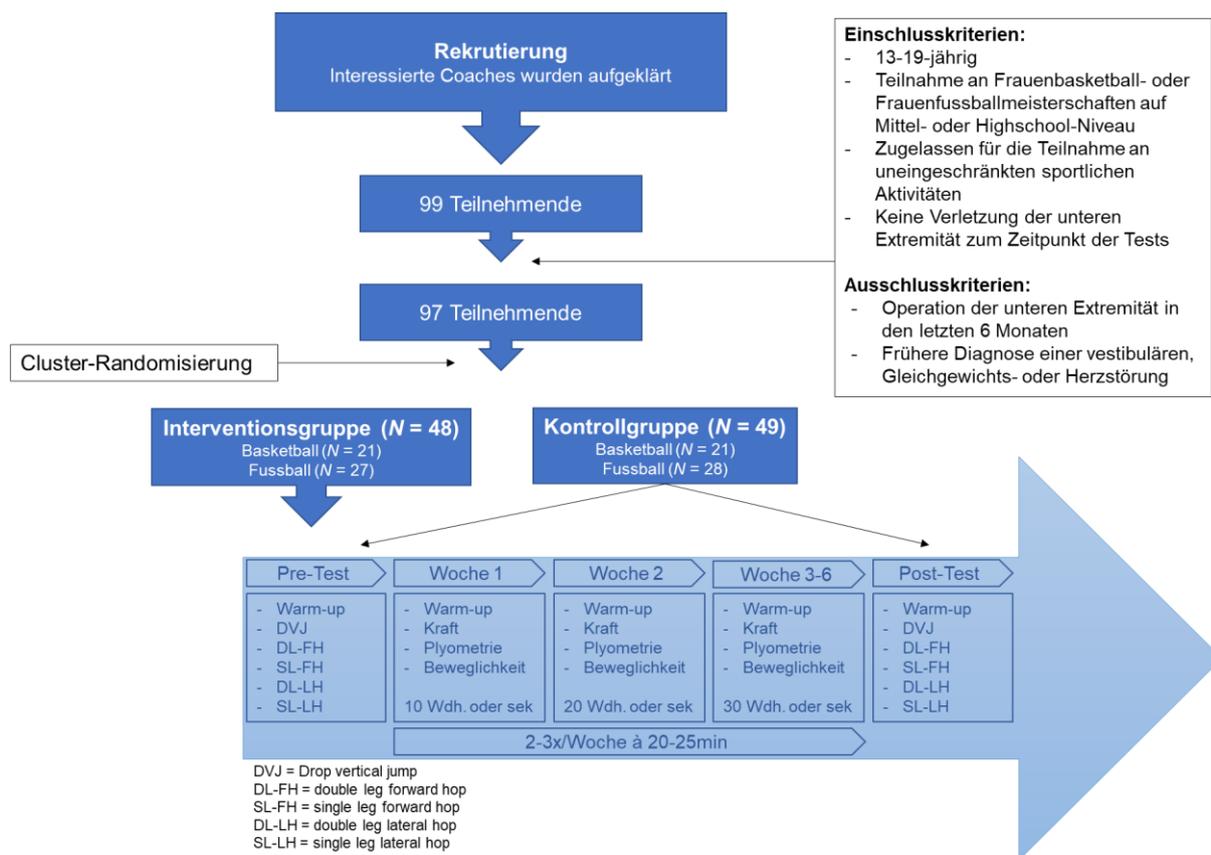


Abbildung 13: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Taylor et al. (2018)

Es wurde vorab eine Poweranalyse durchgeführt, um die optimale Stichprobengrösse herauszufinden. Dabei wurde die Anzahl von 80 Teilnehmerinnen als angemessen erachtet, um eine gute Aussagekraft bei einem Signifikantslevel von $p < 0.05$ zu erreichen, wobei eine Drop-out-Rate von 25% erwartet wird. Nach der Cluster-Randomisierung ergaben sich die Interventions- und Kontrollgruppen. Es wurde ein pre- und post-Test für alle Teilnehmerinnen durchgeführt. Jede Athletin musste einen Fragebogen bezüglich der aktuellen Trainingsintensität in deren Sportart ausfüllen. Verlangt waren die Anzahl Monate pro Jahr und Tage pro Woche in denen Basketball oder Fussball gespielt wurde. Für die Tests erhielten alle Teilnehmerinnen den gleichen Schuh, um beim Vergleich der Gruppen den Einfluss des Schuhwerks zu kontrollieren. Dabei absolvierten die Teilnehmerinnen fünf unterschiedliche Landeaufgaben gefolgt von einem sofortigen maximalen Sprung in die Gegenrichtung.

Der Fokus während den unterschiedlichen Sprüngen lag jeweils auf dem Knie- und Hüftgelenk. Dabei wurden die Winkel der Hüftflexion, -adduktion und -innenrotation, sowie der Knieflexion, -abduktion, -ausserrotation und -innenrotation beobachtet.

4.5.1 Ergebnisse

Die Compliance der Studienteilnehmerinnen lag bei über 60% ohne signifikante Unterschiede zwischen Basketball und Fussball ($p = 0.68$). Für die drei Aufgaben «drop vertical jump», beidbeiniger Sprung nach vorne und beidbeiniger Sprung zur Seite konnte nach sechs Wochen Intervention keine Signifikanz festgestellt werden ($p > 0.05$). Während dem einbeinigen Sprung nach vorne konnte eine signifikante Verbesserung beim Knievalgus ($p = 0.01$) und beim Winkelausschlag in der Basketballinterventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ($p = 0.003$) wie auch zur Fussballinterventionsgruppe ($p = 0.01$) festgestellt werden. In der Fussballinterventionsgruppe konnten weder beim Knievalgus ($p = 0.07$) noch beim Winkelausschlag ($p = 0.11$) Unterschiede beobachtet werden. Während dem einbeinigen Sprung zur Seite wurde erneut in der Basketballinterventionsgruppe ein signifikanter Anstieg des Knieflexionswinkelausschlags im Vergleich zur Kontrollgruppe sichtbar ($p = 0.01$). In den Fussballgruppen ($p = 0.54$) oder zwischen der Basketball- und Fussballinterventionsgruppe ($p = 0.11$) konnten keine signifikanten Unterschiede zur Kniebeugeexkursion erkannt werden.

Schlussfolgerung

Um das Präventionsprogramm bei Basketballspielerinnen zukünftig optimieren zu können, müssen der Trainingsreiz erhöht und die sportartspezifischen Anforderungen, Risikofaktoren und biomechanischen Profile berücksichtigt werden.

4.5.2 Würdigung

Die Studie von Taylor et al. (2018) hat das Design eines RCT's, was laut Sackett et al. (1999, zitiert nach Borgetto et al. 2007) zum Evidenzlevel Ib gehört und eine hohe externe Evidenz aufweist. Die Forschungsfrage und das Ziel der Studie werden klar formuliert. Die Teilnehmenden wurden anhand definierten Ein- und Ausschlusskriterien nachvollziehbar gewählt. Es wurde eine Randomisierung für die Zuteilung in die Interventions- und Kontrollgruppen gemacht, die genaue Ausführung

wird aber nicht weiter erläutert. Die Stichprobengrösse erscheint als sinnvoll. In allen Gruppen werden Verluste beim Follow-up beschrieben, diese werden anhand der Intention-to-treat-Analyse in den Resultaten trotzdem berücksichtigt. Je fünf Probandinnen in der Interventions- sowie in der Kontrollgruppe mussten nach dem Follow-up ausgeschlossen werden, da sie in beiden Sportarten an den Meisterschaften teilnahmen. Diese wurden in den Ergebnissen nicht berücksichtigt. Die Forschenden wurden nicht verblindet, was zu Verzerrungen der Ergebnisse führen kann. Über die Teilnehmenden und die Personen, welche die Testauswertungen ausführten, werden keine Angaben zur Verblindung gemacht. Was bei dieser Studie auffällt ist, dass die Gruppen bereits bei der Grösse, dem Gewicht und dem BMI signifikante Unterschiede aufweisen. Somit wird ein Vergleich der Gruppen erschwert oder gar unmöglich. Das Trainingsprotokoll wird genau beschrieben und die Gruppen erhalten zu Beginn und am Ende der Studie dieselben Assessments. Speziell erwähnenswert ist, dass alle Teilnehmenden für die Assessments jeweils dieselben Schuhe erhalten haben, damit der Einfluss des Schuhwerks bei den Testergebnissen nicht beachtet werden musste. Für die Trainingseinheiten trainierten alle Teilnehmenden allerdings wieder mit ihren individuellen Schuhen, was somit trotzdem zu einer Verzerrung der Testresultate führen kann. Das Signifikantsniveau wurde vorab auf $p < 0.05$ festgelegt, das Konfidenzintervall bei 95% definiert. Die Resultate werden sowohl im Text wie auch in einer Tabelle ausführlich dargestellt. Es werden nebst den Vergleichen in der Gruppe und zwischen den Interventions- und Kontrollgruppen auch sport- und aufgabenspezifische Unterschiede angeschaut. Durch das Interventionsprogramm wird ein Nutzen bei der Basketballinterventionsgruppe, jedoch nicht bei der Fussballinterventionsgruppe festgestellt. Es sind nur wenig signifikante Unterschiede erkennbar, wodurch die Autorinnen und Autoren sportspezifischere Interventionsprogramme für weitere Studien empfehlen. In der Schlussfolgerung wird beschrieben, dass sowohl die Basketballerinnen wie auch die Fussballerinnen ähnliche biomechanische Veränderungen erzielten. Dies widerspricht den präsentierten Daten in der Tabelle drei und vier der Studie. Als Beispiel wird eine signifikante Verbesserung des Knievalgus in der Basketballinterventionsgruppe erreicht, in der Fussballinterventionsgruppe erkennt man allerdings keine Verbesserung. Somit ist obenerwähnte Aussage zu den ähnlichen biomechanischen

Veränderungen nicht nachvollziehbar. Diese Studie untersucht ausschliesslich die Kinematik und Kinetik, Veränderungen der Kraft, Muskelaktivierung oder neuromuskulären Eigenschaften werden nicht berücksichtigt, obwohl diese durch die angewendete Intervention ebenfalls erwartet werden könnte.

4.6 STUDIE VON ALIKHANI ET AL. (2019)

In der Studie mit dem Titel «*The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players*» beschrieben die Autorinnen und Autoren das Ziel folgendermassen: aufgrund der Häufigkeit von kontaktlosen VKB-Verletzungen bei Badmintonspielerinnen, soll der Effekt von einem sechswöchigen plyometrischen Trainingsprogramm in dieser Zielgruppe untersucht werden.

Studiendesign

Bei dieser Studie wählten die Verfasserinnen und Verfasser das quasi-experimentelle Studiendesign.

Methodik

Es wurden 22 gesunde weibliche Badmintonanfängerinnen, im Alter von 15 bis 25 Jahren, durch gezielte Stichproben ausgewählt. Die Abbildung 14 veranschaulicht den Rekrutierungs- sowie den Interventionsprozess.

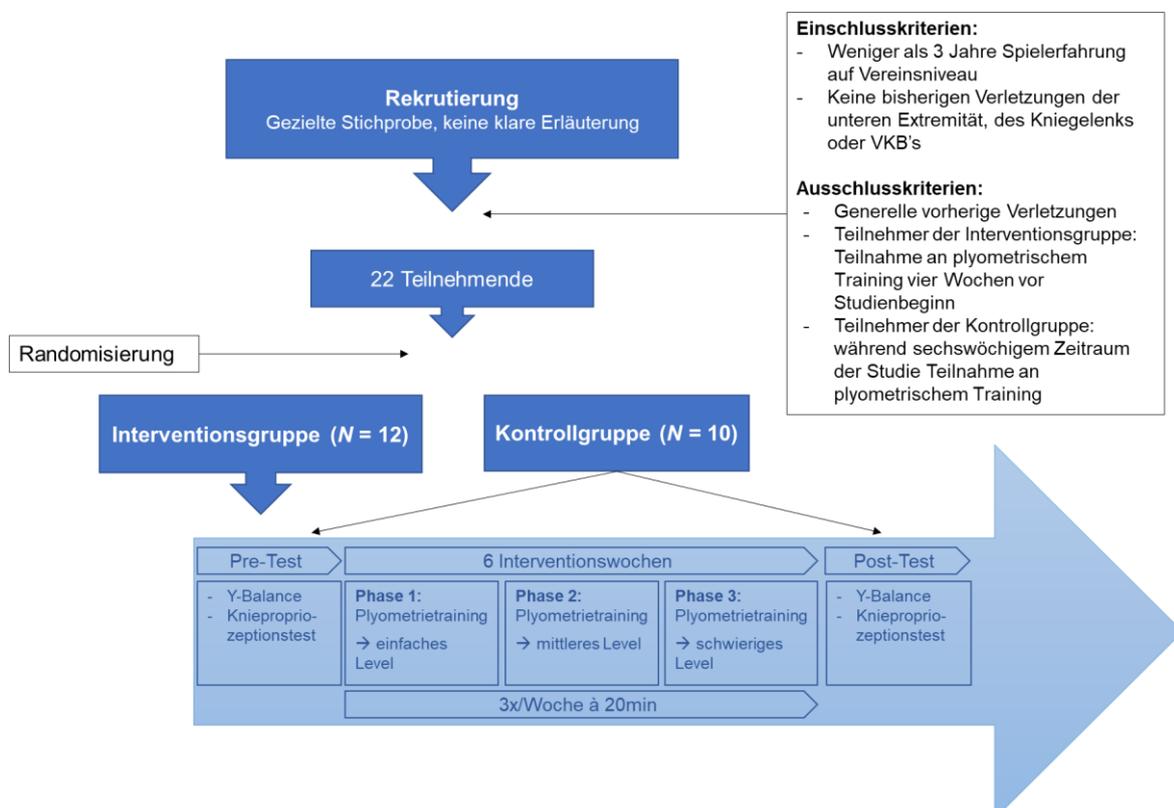


Abbildung 14: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Alikhani et al. (2019)

Der Interventionsgruppe wird ein Lehrvideo mit den Übungen gezeigt. Zusätzlich zu diesem Video werden die Übungen auch von einem Trainer erklärt und demonstriert. Die Teilnehmerinnen werden verbal aufgefordert, während der Landung den Knieflexionswinkel zu erhöhen und gleichzeitig den Hüftadduktions- und Knievalguswinkel zu verringern. Damit Verletzungen vermieden werden können, wurde das Training in drei Phasen vom Anfänger- bis zum fortgeschrittenen Schwierigkeitsgrad unterteilt. Die Kontrollgruppe führt ihr reguläres Badmintontrainingsprogramm während dieser Zeit fort. Die plyometrischen Übungen werden der Kontrollgruppe ebenfalls gezeigt, damit sichergestellt ist, dass sie diese Übungen in den sechs Wochen nicht durchführten. Drei Tage vor den ersten Tests erhalten die Teilnehmerinnen ein Instruktionsvideo über dynamische Gleichgewichts- und Kniepropriozeptionstests, die sie anschliessend üben. Auch die Untersucher schauen sich dieses Video an, um die Testauswertung zu standardisieren. Die Teilnehmerinnen werden gebeten, 48 Stunden vor den Tests intensive Übungen zu vermeiden, damit der Ermüdungseffekt ausgeschlossen werden kann. Als Assessments werden das Y-Balance zur Testung des dynamischen Gleichgewichtes und ein spezieller Test zur Beurteilung der Kniepropriozeption, die mit Fotografien festgehalten und mit dem Computer anschliessend verglichen werden, genutzt. Nach den sechs Interventionswochen werden diese beiden Tests bei der Interventions- wie auch bei der Kontrollgruppe wiederholt.

Vor der Analyse der Daten wird ein Test zur Normalverteilung durchgeführt. Um den Unterschied zwischen den beiden Gruppen zu testen, nutzen die Verfassenden einen «independent sample t-Test». Das Signifikantslevel wurde auf $p < 0.05$ gelegt.

4.6.1 Ergebnisse

Das dynamische Gleichgewicht und die Kniepropriozeption verbesserten sich nach diesen sechs Wochen bei der Interventionsgruppe signifikant im Vergleich zur Kontrollgruppe ($p = 0.003$). Die Differenz zwischen dem vorgegebenen Knieflexionswinkel (45° und 60°) und dem rekonstruierten Flexionswinkel der Teilnehmerinnen verkleinerte sich signifikant in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (bei 45° $p = 0.004$, bei 60° $p = 0.010$).

Schlussfolgerung

Die Resultate zeigen, dass bereits ein sechswöchiges plyometrisches Training eine Verbesserung des dynamischen Gleichgewichtes und der Kniepropriozeption bei Badmintonanfängerinnen bringt. Folglich kann plyometrisches Training von Badmintontrainerinnen und -trainern und Spielerinnen und Spielern genutzt werden, um diese beiden Aspekte zu verbessern, was wiederum zu einer Reduktion von kontaktlosen VKB-Verletzungen führen kann.

4.6.2 Würdigung

Mit dem gewählten Design einer quasi-experimentellen Studie, hat die Studie von Alikhani et al., 2019 ein Evidenzlevel von IIb, was einer mittleren externen Evidenz entspricht (Sackett et al., 1999, zitiert nach Borgetto et al., 2007). Die Forschungsfrage und das Ziel werden klar definiert. Die Herkunft der Teilnehmerinnen wird nicht genannt. Sie werden zufällig in die Intervention- und Kontrollgruppe eingeteilt, wie die Einteilung erfolgt, wird jedoch nicht genauer beschrieben. Die Studie nennt keine Dropouts, was die Resultate beeinflussen kann. Die Stichprobe unterscheidet sich in den demographischen Daten in keiner Gruppe signifikant. Es werden keine Berechnungen zur optimalen Stichprobengrösse gemacht, wodurch dazu keine Aussage gemacht werden kann. Die pre- und post-Tests werden bei beiden Gruppen identisch durchgeführt. Für den pre-Test haben die Interventions- und die Kontrollgruppe drei Tage vor der Testung die Übungen bekommen, um diese zu üben, was bei beiden Gruppen bereits zu einem Lerneffekt geführt haben könnte. Die gemessenen Ergebnisse werden in einer Tabelle dargestellt, im Text jedoch nur knapp beschrieben. Das Signifikanzniveau wurde vorab auf $p < 0.05$ festgelegt, das Konfidenzintervall bei 95% definiert. Die Resultate gelten nur für Badmintonanfängerinnen, was eine relativ kleine Population ist. Ausserdem gibt es nur einen Vergleich zwischen Interventions- und Kontrollgruppe und keine Analyse innerhalb der Gruppe von pre- zu post-Test. Die Autorinnen und Autoren sind nicht sehr kritisch mit der Studie, es werden keine Limitationen genannt. Auch wird die Stichprobenanzahl nicht kritisch hinterfragt oder eine Poweranalyse gemacht. Die Outcomes sind dennoch wichtig, um die Effektivität eines plyometrischen Trainings, des Gleichgewichtes und der Kniepropriozeption aufzeigen zu können.

5 DISKUSSION

In der folgenden Diskussion werden die Zusammenhänge der Ergebnisse zwischen den in Kapitel 4 analysierten Studien dargestellt. Anschliessend wird der Bezug zur Fragestellung nochmals aufgegriffen. Der Praxistransfer soll nachvollziehbar sein.

5.1 KRITISCHE BEURTEILUNG

Der Schwerpunkt der kritischen Beurteilung liegt beim Vergleich der Stichproben, Assessments, Interventionen und zeitlichen Faktoren sowie der Gegenüberstellung der Studienresultate.

Stichproben

Die Grösse der Stichproben der gewählten Studien variiert von 22 bis 279 Teilnehmenden im Alter von 13 bis 25 Jahren. Dabei wurde nur bei der Studie von Zebis et al. (2016) eine Poweranalyse gemacht, um eine optimale und aussagekräftige Stichprobengrösse zu definieren. Bei den fünf anderen Studien wurde dies vernachlässigt. Es werden bei allen Studien ähnliche Ein- und Ausschlusskriterien definiert.

Assessments

Laut Beobachtungsanalysen von Boden et al. (2009, zitiert nach Taylor et al. 2018) treten Verletzungen zu 70% während des einbeinigen Bodenkontaktes auf. Aufgrund dieser Erkenntnis ist es wichtig, dass die Assessments dementsprechend gewählt werden. Dies wird von Taylor et al. (2018), Yang et al. (2018), Zebis et al. (2016) und de Marche Baldon et al. (2014) berücksichtigt. Dabei soll die Geschwindigkeit unter Matchbedingungen nachgeahmt werden, was bei den vier erwähnten Studien der Fall ist. Der Schwerpunkt des Verletzungsmechanismus der Studie von Alikhani et al. (2019) liegt beim dynamischen Gleichgewicht und bei der Kniepropriozeption, was andere Assessments bedingt.

Intervention und zeitlicher Faktor

Bei allen sechs ausgewählten Studien wurde die Intensität der Interventionsprogramme kontinuierlich gesteigert. In keiner Studie ausser bei Achenbach et al. (2018) wurde der genaue Zeitpunkt der Intervention in der Saison angegeben. Die

Teilnehmenden bei der Studie von Achenbach et al. (2018) absolvierten das Interventionstraining sowohl in der Vorsaison wie auch während der Meisterschaft. Tabelle 7 zeigt eine Übersicht zu Interventionsprogramm, Interventions- und Trainingsdauer.

Tabelle 7: Übersicht Intervention und zeitlicher Faktor

Autor/-en	Intervention	Interventionsdauer	Trainingsdauer
De Marche Baldon et al. (2014)	Plyometrie-, Leistungs- und Beweglichkeitstraining	8 Wochen	3x/Woche à Ø 60min
Zebis et al. (2016)	Neuromuskuläres Training	12 Wochen	3x/Woche als Aufwärmtraining
Achenbach et al. (2018)	Plyometrie-, Kraft- und Propriozeptionstraining	Vorsaison 10-12 Wo Meisterschaftssaison	2-3x/Woche à 15min 1x/Woche à 15min
Yang et al. (2018)	Plyometrie- und Krafttraining	4 Wochen	10 Einheiten
Taylor et al. (2018)	Plyometrie-, Kraft-, und Beweglichkeitstraining	6 Wochen	2-3x/Woche à 20-25min
Alikhani et al. (2019)	Plyometrietaining	6 Wochen	3x/Woche à 20min

Es wird ersichtlich, dass jeweils nicht nur ein isoliertes plyometrisches Training, sondern häufig eine Kombination von weiteren präventiven Interventionen absolviert wird. Alikhani et al. (2019) begründet die sechswöchige Interventionsdauer aufgrund der Dauer der Off-Season, in allen anderen Studien wird die Interventionsdauer nicht erläutert.

Gegenüberstellung Studienresultate

Keine Studie geht explizit auf die Verringerung der VKB-Ruptur ein. Nur Achenbach et al. (2018) sagt aus, dass durch ihr Interventionsprogramm unspezifische, schwere Knieverletzungen verringert werden konnten. Die fünf weiteren Studien haben gemeinsam, dass die gewählten Interventionen jeweils unterschiedliche Risikofaktoren von VKB-Rupturen reduzieren. Bei de Marche Baldon et al. (2014) und Taylor et al. (2018) ergaben sich biomechanische Veränderungen, wie die Verringerung des Knievalgus beim post-Test. Yang et al. (2018) zeigte auf, dass der Knieflexionswinkel bei der Stopp-Landung vergrößert werden konnte. Diese Ergebnisse stützen nachvollziehbar die in Kapitel 2.3 besprochenen

biomechanischen Aspekte. Die neuromuskulären Risikofaktoren werden durch das Interventionsprogramm von Alikhani et al. (2019) und Zebis et al. (2016) verbessert. Bei Alikhani et al. (2019) resultierte ein verbessertes dynamisches Gleichgewicht und eine bessere Kniepropriozeption. Zebis et al. (2016) konnten durch ihre Intervention die Präaktivierung des M. vastus lateralis zum M. semitendinosus verringern, was einer anterioren Translation der Tibia entgegenwirkt.

Taylor et al. (2018) stellten für die Assessments als einzige den Teilnehmenden die gleichen Schuhe zur Verfügung. Yang et al. (2018) betonte explizit, dass die Teilnehmenden ihre eigenen Sportschuhe für die Assessments tragen. Die restlichen vier Studien berücksichtigten und diskutierten diesen extrinsischen Risikofaktor nicht.

5.2 BEZUG ZUR FRAGESTELLUNG

Die Fragestellung «Inwiefern wirkt neuromuskuläres Training, mit Schwerpunkt auf das plyometrische Training der Hamstrings und des M. quadriceps femoris, bei Athletinnen und Athleten im Jugend- sowie Erwachsenenalter präventiv gegen kontaktlose VKB-Rupturen?» wurde vorab im Kapitel 1.1 formuliert. In keiner Studie wird der direkte Zusammenhang zur Prävention der VKB-Ruptur gemacht. Es werden hingegen Vermutungen angestellt, dass die Wirkung der absolvierten Interventionen einen positiven Einfluss auf die Reduktion von VKB-Verletzungen haben könnten.

Die Untersuchungen von Zebis et al. (2016) zeigen auf, dass durch ihre neuromuskuläre Intervention die Präaktivierung der VKB-Agonisten, also der Hamstrings, bei dem «side cutting» zugenommen hat. Wenn die Hamstrings zum M. quadriceps femoris frühzeitig aktivieren können, wirkt dies schützend für das vordere Kreuzband. Eine anteriore Translation der Tibia kann verhindert werden, was somit das Verletzungsrisiko einer VKB-Ruptur verringert. Bei der Studie von Yang et al. (2018) kann herausgehoben werden, dass durch ihr Plyometrie- und Krafttraining der Knieflexionswinkel bei den männlichen Teilnehmenden bei Stopp-Landungen erhöht werden konnte, was ebenfalls zu einer Verringerung der kontaktlosen VKB-Ruptur führen kann.

Wie im Ziel dieser Arbeit beschrieben, sollten konkrete Interventionen abhängig vom Alter der Athletinnen und Athleten gemacht und die Umsetzung eines solchen Programmes veranschaulicht werden. Nach intensiver Auseinandersetzung mit

diesem Thema kann gesagt werden, dass eine Zusammenstellung eines Standardinterventionsprogrammes nicht möglich ist. Dies wird durch die Untersuchungen von Taylor et al. (2018) ersichtlich, die für ihre Studie ein Standardinterventionsprogramm verwendeten. Daraus folgerten sie, dass der Trainingsreiz für ihre Teilnehmenden zu niedrig war und dass die sportartspezifischen Anforderungen, individuellen Risikofaktoren und biomechanischen Profile der Sportlerinnen und Sportler berücksichtigt werden müssen, damit eine präventive Veränderung erreicht werden kann. In den gewählten Studien war das Alter der Teilnehmenden zwischen 13 und 25 Jahren. Das lässt darauf schliessen, dass es sinnvoll ist, die Prävention einer VKB-Ruptur bereits im jungen Alter zu beginnen. Es wird aber in keiner Studie erwähnt, welches Alter optimal wäre, eine Prävention zu starten. Auch der Zeitpunkt in einer Saison und die Dauer, in der ein Präventionsprogramm durchgeführt werden sollte, wird nach wie vor kontrovers diskutiert und kann nicht abschliessend beantwortet werden.

5.3 TRANSFER IN DIE PRAXIS

Aus den sechs Hauptstudien lassen sich einige Kernpunkte für den Praxistransfer ableiten.

Laut Taylor et al. (2018) wird eine Zusammenstellung individueller Interventionen für jede Sportlerin, jeden Sportler empfohlen. Aktuell wird dies in der Praxis noch nicht häufig durchgeführt. Das könnte mit dem grossen zeitlichen Aufwand zusammenhängen, jede einzelne Athletin, jeden einzelnen Athleten zu analysieren. Das wäre nötig, um ein solches Programm zusammenzustellen. Wichtig ist, darauf zu achten, dass das Interventionsprogramm sportart- und geschlechterspezifisch ist, damit eine Veränderung erreicht werden kann. Ebenfalls muss auf die korrekte Durchführung der Interventionen geachtet werden, damit der beschriebene plyometrische Effekt des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus stattfindet. Gemäss Alikhani et al. (2019) reduziert das Plyometrietraining die Empfindlichkeit der Golgi-Sehnenorgane gegen übermässige Zugbelastungen. Es wird vermutet, dass dies zu einer Steigerung der Leistung der Muskelspindeln führt und somit einen positiven Effekt auf die Propriozeption hat. Zusätzlich kann dadurch eine Leistungssteigerung der Athletinnen und Athleten erzielt werden, was ein positiver Nebeneffekt ist und mit dem ein solches Programm begründet werden kann.

5.4 EMPFEHLUNGEN FÜR WEITERFÜHRENDE STUDIEN

Für weitere Studien erachten wir als notwendig, dass die zu untersuchenden Präventionsprogramme sportart- und geschlechterspezifisch zusammengestellt werden. Die gewählten Interventionen sollen so realitätsnah wie möglich sein, damit das motorische Lernen gewährleistet ist. Dazu braucht es ein individuelles Eruiere der verletzungsrisikanten Bewegungen in jeder Sportart. Somit können entsprechende plyometrische Übungen als präventive Intervention genutzt werden, um das motorische Lernen zu fördern. Der Zeitpunkt der Durchführung des Interventionsprogrammes sollte festgelegt werden. Eine Vereinheitlichung bezüglich Trainingseinheiten pro Woche, Intensität und Dauer wäre anzudenken. Allerdings muss vor allem bei der Intensität berücksichtigt werden, dass sie individuell genügend hoch ist, damit die Muskulatur ausreichend stimuliert wird. Die Bedingung für weitere Untersuchungen ist, dass ein RCT-Design genutzt wird.

5.5 LIMITATIONEN DIESER ARBEIT

Die gewählten Studien verwendeten in ihren Untersuchungen immer ein Plyometrietraining, allerdings mit unterschiedlichen Kombinationen von weiteren Trainingsaspekten wie Kraft, Beweglichkeit oder Propriozeption. Auch die Interventionsdauer unterscheidet sich jeweils in den Studien. Diese beiden Faktoren erschweren eine einheitliche Empfehlung für die Praxis. Durch die gewählten Studien kann eine Aussage zur Verletzungsprävention für Sportlerinnen und Sportler im Alter von 13 bis 25 Jahren gemacht werden. Wie sich ein Präventionsprogramm bei älteren Sportlerinnen und Sportler auswirkt, kann nicht beantwortet werden. Ein weiterer limitierender Faktor ist, dass das Interventionsprogramm von Zebis et al. (2016) nicht einsehbar war, wodurch nur eine eingeschränkte Aussage gemacht werden kann. Ein Kritikpunkt dieser Arbeit ist, dass lediglich zwei Studien mit einem RCT-Design verwendet wurden. Der Einbezug von mehr RCT's hätte zu einer aussagekräftigeren Beantwortung der Fragestellung geführt.

5.6 SCHLUSSFOLGERUNG

Eines der kontrovers diskutierten Themen ist die Dauer und die Anzahl Trainingseinheiten für ein wirkungsvolles Interventionsprogramm. Dies kann nach der Bearbeitung der gefundenen Literatur nicht abschliessend beantwortet werden. Ein Grund dafür liegt darin, dass die Intervention und deren Intensität auf die einzelne Sportlerin, den einzelnen Sportler abgestimmt werden muss, weil die Anpassungsreserve individuell unterschiedlich ist. Eine Vereinheitlichung ist deshalb wenig sinnvoll. In der Studie von Zebis et al. (2016) wurde das Interventionsprogramm in die Aufwärmphase des Trainings integriert. Nach der Belastbarkeits-Trainingslehre macht dies wenig Sinn, da eine Sportlerin, ein Sportler während des Aufwärmtrainings nicht in die Anpassungsreserve kommt, sondern sich noch in der Funktionsreserve befindet. Ziel eines Präventionsprogrammes ist, dass eine Veränderung erreicht wird, was allerdings nur in der Anpassungsreserve geschieht. Ein Präventionsprogramm ist optimalerweise fester Bestandteil eines Trainings. Der zusätzliche zeitliche Aufwand soll sich auf die Anfangsphase beschränken, in der die individuellen Interventionsprogramme erstellt werden. Danach sollte die Integration problemlos in das Training einfliessen und der präventive Nutzen grösser sein als der anfängliche Aufwand. Dazu braucht es eine entsprechende Schulung der Trainerinnen und Trainer, damit die Wichtigkeit der Verletzungsprävention aufgezeigt und dies in der Praxis umgesetzt werden kann. Was allerdings zu beachten ist, dass individuelle Präventionsprogramme schlussendlich weitere Untersuchungen und Vergleiche erschweren. Zudem können keine Statistiken geführt werden.

Einzelne Sportlerinnen und Sportler sowie die Sportarten haben eigene Anforderungen, welche bei der Erarbeitung des Präventionsprogrammes berücksichtigt werden müssen.

LITERATURVERZEICHNIS

- Acevedo, R. J., Rivera-Vega, A., Miranda, G., & Micheo, W. (2014). Anterior Cruciate Ligament Injury: Identification of Risk Factors and Prevention Strategies. *Current Sports Medicine Reports (American College of Sports Medicine)*, 13(3), 186–191. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000053>
- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1901–1908. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
- Ajuied, A., Wong, F., Smith, C., Norris, M., Earnshaw, P., Back, D., & Davies, A. (2014). Anterior Cruciate Ligament Injury and Radiologic Progression of Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(9), 2242–2252. <https://doi.org/10.1177/0363546513508376>
- Alghamdi, W., Alzahrani, A., Alsuwaydi, A., Alzahrani, A., Albaqqar, O., Fatani, M., & Alaidarous, H. (2017). Prevalence of Cruciate Ligaments Injury among Physical Education Students of Umm Al-Qura University and the Relation between the Dominant Body Side and Ligament Injury Side in Non-Contact Injury Type. *American Journal of Medicine and Medical Sciences*, 7(1), 14–19. <https://doi.org/10.5923/j.ajmms.20170701.04>
- Alikhani, R., Shahrjerdi, S., Golpaigany, M., & Kazemi, M. (2019). The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 63(3), 144–153.

- Biga, L. M., Dawson, S., Harwell, A., Hopkins, R., Kaufmann, J., Lemaster, M., Matern, P., Morrison-Graham, K., Quick, D., & Runyeon, J. (o. D.). 12.1 Structure and Function of the Nervous System. In *Anatomy & Physiology* (1. Auflage, S. 1107–1114). Creative Commons Attribution ShareAlike.
- Boden, B. P., Sheehan, F. T., Torg, J. S., & Hewett, T. E. (2010). Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Mechanisms and Risk Factors. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 18(9), 520–527.
<https://doi.org/10.5435/00124635-201009000-00003>
- Boden, B. P., Torg, J. S., Knowles, S. B., & Hewett, T. E. (2009). Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injury: Abnormalities in Hip and Ankle Kinematics. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(2), 252–259.
<https://doi.org/10.1177/0363546508328107>
- Borgetto, B., Born, S., Bünemann-Geißler, D., Düchting, M., Kahrs, A.-M., Kasper, N., Menzel, M., Netzband, A., Reichel, K., Reißler, W., Schmidt, M., Seiferth, W., Thieme, H., & Winkelmann, B. (2007). Die Forschungspyramide—Diskussionsbeitrag zur Evidenz-basierten Praxis in der Ergotherapie. *ergoscience*, 2(2), 56–63. <https://doi.org/10.1055/s-2007-963004>
- Childs, S. G. (2002). Pathogenesis of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Orthopaedic Nursing*, 21(4), 35–40. <https://doi.org/10.1097/00006416-200207000-00006>
- Chmielewski, T. L., Myer, G. D., Kauffman, D., & Tillman, S. M. (2006). Plyometric Exercise in the Rehabilitation of Athletes: Physiological Responses and Clinical Application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(5), 308–319. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2013>

Critical Appraisal Skills Programme. (2018a). *CASP Case-Control Study Checklist*.

https://casp-uk.net/wp-content/uploads/2018/03/CASP-Case-Control-Study-Checklist-2018_fillable_form.pdf

Critical Appraisal Skills Programme. (2018b). *CASP Cohort Study Checklist*.

https://casp-uk.net/wp-content/uploads/2018/03/CASP-Cohort-Study-Checklist-2018_fillable_form.pdf

Critical Appraisal Skills Programme. (2020). *CASP Randomised Controlled Trial*

Checklist. https://casp-uk.net/wp-content/uploads/2020/10/CASP_RCT_Checklist_PDF_Fillable_Form.pdf

Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). Current concepts of plyometric exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *10*(6), 760–786.

de Marche Baldon, R., Moreira Lobato, D. F., Yoshimatsu, A. P., dos Santos, A. F., Francisco, A. L., Pereira Santiago, P. R., & Serrão, F. V. (2014). Effect of Plyometric Training on Lower Limb Biomechanics in Females. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *24*(1), 44–50.

<https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000432852.00391.de>

Ergen, E., & Ulkar, B. (2008). Proprioception and Ankle Injuries in Soccer. *Clinics in Sports Medicine*, *27*(1), 195–217. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2007.10.002>

Faude, O., & Rössler, R. (2019). Neuromuskuläres Training zur Verletzungsprävention im Kinder- und Jugendsport. *Sportphysio*, *07*(01), 30–36. <https://doi.org/10.1055/a-0818-3140>

Fischer, D. V. (2006). Neuromuscular Training to Prevent Anterior Cruciate Ligament Injury in the Female Athlete. *Strength & Conditioning Journal*, *28*(5), 44–54.

<https://doi.org/10.1519/00126548-200610000-00008>

- Gianotti, S. M., Marshall, S. W., Hume, P. A., & Bunt, L. (2009). Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(6), 622–627. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.005>
- Giffin, J. R., Vogrin, T. M., Zantop, T., Woo, S. L.-Y., & Harner, C. D. (2004). Effects of Increasing Tibial Slope on the Biomechanics of the Knee. *The American Journal of Sports Medicine*, *32*(2), 376–382. <https://doi.org/10.1177/0363546503258880>
- Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., Garrick, J. G., Hewett, T. E., Huston, L., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Kibler, W. B., Lephart, S., Lewis, J. L., Lindenfeld, T. N., Mandelbaum, B. R., Marchak, P., Teitz, C. C., & Wojtys, E. M. (2000). Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Risk Factors and Prevention Strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *8*(3), 141–150. <https://doi.org/10.5435/00124635-200005000-00001>
- Harmon, K. G., & Ireland, M. L. (2000). Gender Differences in Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clinics in Sports Medicine*, *19*(2), 287–302. [https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(05\)70204-0](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(05)70204-0)
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2006). Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors. *The American Journal of Sports Medicine*, *34*(2), 299–311. <https://doi.org/10.1177/0363546505284183>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three

- sharpened and validated tools: ACL INJURY PREVENTION. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(11), 1843–1855. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>
- Hochschild, J. (2012). *Strukturen und Funktionen begreifen: LWS, Becken und Hüftgelenk, untere Extremität* (3. Aufl., Bd. 2). Georg Thieme Verlag.
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197–1206. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00064-6)
- Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2007). Effects of Plyometric and Weight Training on Muscle-Tendon Complex and Jump Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10), 1801–1810. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31813e630a>
- Lamprecht, M., Bürgi, R., & Stamm, H. (2020). Sport Schweiz 2020. *Bundesamt für Sport BASPO*, 64.
- Majewski, M. (2010). Epidemiologie der Sportunfälle. *Schweizerische Zeitschrift für „Sportmedizin und Sporttraumatologie“*, 58(2), 38–42.
- Mclean, S. G., Lipfert, S. W., & Van Den Bogert, A. J. (2004). Effect of Gender and Defensive Opponent on the Biomechanics of Sidestep Cutting: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6), 1008–1016. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128180.51443.83>
- Mountcastle, S. B., Posner, M., Kragh, J. F., & Taylor, D. C. (2007). Gender Differences in Anterior Cruciate Ligament Injury vary with Activity: Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries in a Young, Athletic Population. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1635–1642. <https://doi.org/10.1177/0363546507302917>

- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Ford, K. R., Best, T. M., Bergeron, M. F., & Hewett, T. E. (2011). When to Initiate Integrative Neuromuscular Training to Reduce Sports-Related Injuries and Enhance Health in Youth? *Current Sports Medicine Reports*, 10(3), 155–166.
<https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31821b1442>
- Myer, G. D., Ford, K. R., Barber Foss, K. D., Liu, C., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2009). The Relationship of Hamstrings and Quadriceps Strength to Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes: *Clinical Journal of Sport Medicine*, 19(1), 3–8. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e318190bddb>
- Myer, G. D., Ford, K. R., McLean, S. G., & Hewett, T. E. (2006). The Effects of Plyometric versus Dynamic Stabilization and Balance Training on Lower Extremity Biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 445–455. <https://doi.org/10.1177/0363546505281241>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(3), 149–153.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>
- Orchard, J., Seward, H., McGivern, J., & Hood, S. (2001). Intrinsic and Extrinsic Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Australian Footballers. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(2), 196–200.
<https://doi.org/10.1177/03635465010290021301>
- Orchard, J. W., & Powell, J. W. (2003). Risk of Knee and Ankle Sprains under Various Weather Conditions in American Football. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(7), 1118–1123.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000074563.61975.9B>

- Petersen, W. (2009). Epidemiologie, Verletzungsmechanismus und Ursachen. In *Das vordere Kreuzband* (S. 23–29). Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Pfeifer, C. E., Beattie, P. F., Sacko, R. S., & Hand, A. (2018). Risk Factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: A Systematic Review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *13*(4), 575–587. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180575>
- Rahlf, A. L., & Zech, A. (2020). Comparison of 10 vs. 20 min neuromuscular training for the prevention of lower extremity injuries in male youth football: A cluster randomised controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, *38*(19), 2177–2185. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1776459>
- Schleip, R., Baker, A., & Heiduk, R. (2016). *Faszien in Sport und Alltag* (1. Auflage). riva Verlag.
- Shen, X., Xiao, J., Yang, Y., Liu, T., Chen, S., Gao, Z., & Zuo, J. (2019). Multivariable analysis of anatomic risk factors for anterior cruciate ligament injury in active individuals. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, *139*(9), 1277–1285. <https://doi.org/10.1007/s00402-019-03210-x>
- Spirgi-Gantert, I., & Suppé, B. (2014). *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics, die Grundlagen* (7. Auflage). Springer Verlag.
- Stoffels, T., Achtnich, A., & Petersen, W. (2017). Prävention von Knieverletzungen – besteht da Evidenz? *Sports Orthopaedics and Traumatology*, *33*(4), 344–352. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2017.09.005>
- Taylor, J. B., Ford, K. R., Schmitz, R. J., Ross, S. E., Ackerman, T. A., & Shultz, S. J. (2018). Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomised controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, *36*(21), 2492–2501. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1465723>

- Trepel, M. (2017). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion* (7. Auflage). Urban & Fischer in Elsevier.
- Voelker, B. (2011). Biomechanik und Bewegungslehre. In *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre* (2. Aufl., S. 3–6). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-007-170404>
- Wilk, K. E., Voight, M. L., Keirns, M. A., Gambetta, V., Andrews, J. R., & Dillman, C. J. (1993). Stretch-Shortening Drills for the Upper Extremities: Theory and Clinical Application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *17*(5), 225–239. <https://doi.org/10.2519/jospt.1993.17.5.225>
- Yang, C., Yao, W., Garrett, W. E., Givens, D. L., Hacke, J., Liu, H., & Yu, B. (2018). Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, *46*(12), 3014–3022. <https://doi.org/10.1177/0363546518793393>
- Yoo, J. H., Lim, B. O., Ha, M., Lee, S. W., Oh, S. J., Lee, Y. S., & Kim, J. G. (2010). A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *18*(6), 824–830. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0901-2>
- Zantop, T., & Petersen, W. (2007). Anatomische Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. *Arthroskopie*, *20*(2), 94–104. <https://doi.org/10.1007/s00142-007-0387-1>
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: A randomised controlled

trial. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 552–557.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>

Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2009).

Neuromuscular Training for Rehabilitation of Sports Injuries: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(10), 1831–1841.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a3cf0d>

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Intrinsische Faktoren.....	8
Tabelle 2: Extrinsische Faktoren	14
Tabelle 3: Keywords zur Literaturrecherche	24
Tabelle 4: Ein- und Ausschlusskriterien.....	24
Tabelle 5: potenzielle Hauptstudien.....	25
Tabelle 6: Übersicht über die Resultate der Hauptstudien	27
Tabelle 7: Übersicht Intervention und zeitlicher Faktor	53

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: a) Genu varum b) Genu valgum c) Genu recurvatum (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014).....	6
Abbildung 2: Messung der Tibiareklination (Giffin et al., 2004).....	9
Abbildung 3: MRI-Darstellung des TT-TG-Abstands (Shen et al., 2019).....	10
Abbildung 4: anatomische Unterschiede der unteren Extremität bei Frau und Mann (Childs, 2002)	11
Abbildung 5: sichere Landung links, provokative Landung rechts (Boden et al., 2010)	17
Abbildung 6: Schematische Darstellung sensorische Informationsverarbeitung (Biga et al., o. D.).....	19
Abbildung 7: eigene Übersicht neuromuskuläres Training (Rahlf & Zech, 2020).....	20
Abbildung 8: Schematische Darstellung des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (Schleip et al., 2016).....	21
Abbildung 9: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von de Marche Baldon et al. (2014)	30
Abbildung 10: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Zebis et al. (2016).....	33
Abbildung 11: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Achenbach et al. (2018).....	36
Abbildung 12: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Yang et al. (2018)	40

Abbildung 13: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Taylor et al. (2018).....	45
Abbildung 14: Eigene Übersicht zum Rekrutierungs- und Interventionsprozess der Studie von Alikhani et al. (2019).....	49

DANKSAGUNG

Als Erstes möchten wir uns herzlich bei unserer Betreuungsperson Yolanda Mohr-Häller für ihre kompetente Unterstützung, ihren Einsatz und die unkomplizierte Zusammenarbeit bedanken.

Weiter richtet sich ein grosser Dank an unsere Korrekturleserinnen und -leser Kathrin und Emanuel Hörler, Susanne und Ueli Wolf und Judith Held. Wir wissen Euer Engagement, Euren Zeitaufwand und Eure konstruktive Kritik sehr zu schätzen.

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

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

St. Gallen, 29.04.2021

Tabea Hörler

Andreas Wolf

DEKLARATION WORTANZAHL

Wortanzahl: 11'837

Die Wortanzahl beinhaltet die vorliegende Arbeit ohne Abstract, Tabellen, Grafiken und deren Beschriftung, ohne Inhalts- und Literaturverzeichnis sowie Eigenständigkeitserklärung, Danksagung, Glossar, weitere Verzeichnisse und Anhänge.

ANHANG

A1 SEARCH-HISTORY

Datum	Datenbank	Keyword-Kombination	Anzahl Treffer	Anzahl Relevante Treffer	Studientitel
10.08.2020	Medline via Ovid	plyometric training AND acl AND prevention	4	2	Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks. The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players.
26.08.2020	PEDro	anterior cruciate ligament prevention* AND neuromuscular training	6	2	Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomized controlled trial
24.09.2020	Medline via Ovid	neuromuscular exercises AND anterior	1	1	Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players.

		cruciate ligament AND prevention			
21.11.2020	Medline via Ovid	plyometric training AND lower limb AND acl	2	1	Effect of Plyometric Training on Lower Limb Biomechanics in Females

A2 CRITICAL APPRAISAL SKILLS PROGRAMME (CASP) – RCT



CASP Randomised Controlled Trial Standard Checklist:

11 questions to help you make sense of a randomised controlled trial (RCT)

Main issues for consideration: Several aspects need to be considered when appraising a randomised controlled trial:

- Is the basic study design valid for a randomised controlled trial? (Section A)
- Was the study methodologically sound? (Section B)
- What are the results? (Section C)
- Will the results help locally? (Section D)

The 11 questions in the checklist are designed to help you think about these aspects systematically.

How to use this appraisal tool: The first three questions (Section A) are screening questions about the validity of the basic study design and can be answered quickly. If, in light of your responses to Section A, you think the study design is valid, continue to Section B to assess whether the study was methodologically sound and if it is worth continuing with the appraisal by answering the remaining questions in Sections C and D.

Record 'Yes', 'No' or 'Can't tell' in response to the questions. Prompts below all but one of the questions highlight the issues it is important to consider. Record the reasons for your answers in the space provided. As CASP checklists were designed to be used as educational/teaching tools in a workshop setting, we do not recommend using a scoring system.

About CASP Checklists: The CASP RCT checklist was originally based on JAMA Users' guides to the medical literature 1994 (adapted from Guyatt GH, Sackett DL and Cook DJ), and piloted with healthcare practitioners. This version has been updated taking into account the CONSORT 2010 guideline (<http://www.consort-statement.org/consort-2010>, accessed 16 September 2020).

Citation: CASP recommends using the Harvard style, i.e. *Critical Appraisal Skills Programme (2020). CASP (insert name of checklist i.e. Randomised Controlled Trial) Checklist. [online] Available at: insert URL. Accessed: insert date accessed.*

©CASP this work is licensed under the Creative Commons Attribution – Non-Commercial- Share A like. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

A2.1 CASP Zebis et al. (2016)

Study and citation:

Section A: Is the basic study design valid for a randomised controlled trial?		
<p>1. Did the study address a clearly focused research question? <i>CONSIDER:</i> Was the study designed to assess the outcomes of an intervention? Is the research question 'focused' in terms of:</p> <ul style="list-style-type: none"> Population studied Intervention given Comparator chosen Outcomes measured? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>	<p>Forschungsfrage sowie Ziel klar formuliert, Population definiert, Unterscheidung primär und sekundär Outcome, Intervention kurz beschrieben aber keine umfassende Beschreibung zu den einzelnen Übungen (Link zu detailliertem Trainingsplan funktioniert nicht mehr)</p>
<p>2. Was the assignment of participants to interventions randomised? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> How was randomisation carried out? Was the method appropriate? Was randomisation sufficient to eliminate systematic bias? Was the allocation sequence concealed from investigators and participants? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>	<p>keine Angaben über genaue Auswahl der Teilnehmerinnen, alle vom selben College (Verzerrung?)</p>
<p>3. Were all participants who entered the study accounted for at its conclusion? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were losses to follow-up and exclusions after randomisation accounted for? Were participants analysed in the study groups to which they were randomised (intention-to-treat analysis)? Was the study stopped early? If so, what was the reason? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>	<p>klare Aufzeichnung der Stichprobe, Dropouts ersichtlich und erläutert, es wurde eine Intention-to-treat Analyse gemacht, kein vorzeitiger Abbruch der Studie</p>
Section B: Was the study methodologically sound?		
<p>4.</p> <ul style="list-style-type: none"> Were the participants 'blind' to intervention they were given? Were the investigators 'blind' to the intervention they were giving to participants? Were the people assessing/analysing outcome/s 'blinded'? 	<p>Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>	
<p>5. Were the study groups similar at the start of the randomised controlled trial? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were the baseline characteristics of each study group (e.g. age, sex, socio-economic group) clearly set out? Were there any differences between the study groups that could affect the outcome/s? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>	<p>Die demographischen Daten der beiden Gruppen werden aufgezeigt. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe, die Ergebnisse verfälschen könnten.</p>

<p>6. Apart from the experimental intervention, did each study group receive the same level of care (that is, were they treated equally)?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was there a clearly defined study protocol? • If any additional interventions were given (e.g. tests or treatments), were they similar between the study groups? • Were the follow-up intervals the same for each study group? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>
	<p>- Test Protokoll klar beschrieben - Tests von beiden Gruppen identisch - Follow-up Intervall bei beiden Gruppen 12 Wochen</p>

Section C: What are the results?

<p>7. Were the effects of intervention reported comprehensively?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was a power calculation undertaken? • What outcomes were measured, and were they clearly specified? • How were the results expressed? For binary outcomes, were relative and absolute effects reported? • Were the results reported for each outcome in each study group at each follow-up interval? • Was there any missing or incomplete data? • Was there differential drop-out between the study groups that could affect the results? • Were potential sources of bias identified? • Which statistical tests were used? • Were p values reported? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>
	<p>Die Ergebnisse werden im Text beschrieben und in einer Tabelle zusätzliche veranschaulicht. Die Resultate sind komplett.</p> <p>Vergleich der Resultate innerhalb der Gruppen und zwischen den Gruppen.</p> <p>Als Signifikantstest wurde der Fisher's exact test benutzt.</p>
<p>8. Was the precision of the estimate of the intervention or treatment effect reported?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Were confidence intervals (CIs) reported? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>
	<p>es wurde ein CI von 95% definiert.</p>
<p>9. Do the benefits of the experimental intervention outweigh the harms and costs?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What was the size of the intervention or treatment effect? • Were harms or unintended effects reported for each study group? • Was a cost-effectiveness analysis undertaken? (Cost-effectiveness analysis allows a comparison to be made between different interventions used in the care of the same condition or problem.) 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p>
	<p>Man kann einen klaren Nutzen der Intervention anhand der Resultate erkennen.</p> <p>Es wurde keine Kosten-Nutzen-Analyse gemacht.</p>

Section D: Will the results help locally?

<p>10. Can the results be applied to your local population/in your context?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Are the study participants similar to the people in your care? • Would any differences between your population and the study participants alter the outcomes reported in the study? • Are the outcomes important to your population? • Are there any outcomes you would have wanted information on that have not been studied or reported? • Are there any limitations of the study that would affect your decision? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Aufgrund der Ergebnisse kann gesagt werden, dass die Intervention als Prävention von Verletzungen hilft. Allerdings kann nur auf die Population der 15-16-jährigen geschlossen werden. Die genaue Intervention, die durchgeführt wurde, ist nicht ersichtlich. Es ist nicht möglich, dieselbe Intervention durchzuführen. Durch die Erkenntnis der verbesserten Voraktivität der Hamstrings kann das Risiko einer VKB-Ruptur verringert werden.</p>
<p>11. Would the experimental intervention provide greater value to the people in your care than any of the existing interventions?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What resources are needed to introduce this intervention taking into account time, finances, and skills development or training needs? • Are you able to disinvest resources in one or more existing interventions in order to be able to re-invest in the new intervention? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Es braucht ein Überdenken des Aufwärmtrainings, damit Übungen zur Prävention von Verletzungen explizit und bewusst eingesetzt werden. Dies wäre ohne Kosten verbunden, es müsste in der Vorbereitung mehr Zeit aufgewendet werden.</p>

APPRAISAL SUMMARY: Record key points from your critical appraisal in this box. What is your conclusion about the paper? Would you use it to change your practice or to recommend changes to care/interventions used by your organisation? Could you judiciously implement this intervention without delay?

- Klare Angaben über Outcome, schade ist, dass keine Angaben über das genaue Trainingsprogramm gemacht werden. So ist es unmöglich, dies in die Praxis umzusetzen.

- relativ kleine Stichprobe wegen dem Alter, Stichprobenzahl nach Berechnungen genügend gross um eine Aussage über die Population machen zu können

- Die Intervention wird nur in der Aufwärmphase gemacht. Die Ausführung im Aufwärmtraining könnte qualitativ nicht gleich gut sein als im Hauptteil, wo die Konzentration und der Fokus der Sportlerinnen und Sportler sicher höher wäre.

--> bei neuromuskulärem Training empfiehlt es sich, die Übungen mit aufgewärmter Muskulatur durchzuführen

A2.2 CASP Achenbach et al. (2018)



Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players (Achenbach et al. 2018)

Study and citation:

Section A: Is the basic study design valid for a randomised controlled trial?	
<p>1. Did the study address a clearly focused research question? <i>CONSIDER:</i> Was the study designed to assess the outcomes of an intervention? Is the research question 'focused' in terms of:</p> <ul style="list-style-type: none"> Population studied Intervention given Comparator chosen Outcomes measured? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>- Forschungsfrage und Ziel klar ersichtlich - Population definiert - Interventionen werden genau erklärt und einheitlich durchgeführt</p>
<p>2. Was the assignment of participants to interventions randomised? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> How was randomisation carried out? Was the method appropriate? Was randomisation sufficient to eliminate systematic bias? Was the allocation sequence concealed from investigators and participants? 	<p>Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Da es sich um eine quasi-experimentelle Studie handelt, konnten sich die Teams für die Studie anmelden, danach wurde eine Blockrandomisierung durchgeführt, wobei die Teams in Interventions- und Kontrollgruppen eingeteilt wurden.</p>
<p>3. Were all participants who entered the study accounted for at its conclusion? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were losses to follow-up and exclusions after randomisation accounted for? Were participants analysed in the study groups to which they were randomised (intention-to-treat analysis)? Was the study stopped early? If so, what was the reason? 	<p>Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>- da keine Pretestung auch keine Follow-up Messung - keine Intention-to-treat-Analyse obwohl Dropouts genannt werden</p>
Section B: Was the study methodologically sound?	
<p>4.</p> <ul style="list-style-type: none"> Were the participants 'blind' to intervention they were given? Were the investigators 'blind' to the intervention they were giving to participants? Were the people assessing/analysing outcome/s 'blinded'? 	<p>Yes No Can't tell</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/></p>
<p>5. Were the study groups similar at the start of the randomised controlled trial? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were the baseline characteristics of each study group (e.g. age, sex, socio-economic group) clearly set out? Were there any differences between the study groups that could affect the outcome/s? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>- keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen</p> <p>Die Zeit, welche die Teilnehmenden Handball spielen ist fast identisch zwischen den beiden Gruppen.</p>

<p>6. Apart from the experimental intervention, did each study group receive the same level of care (that is, were they treated equally)?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was there a clearly defined study protocol? • If any additional interventions were given (e.g. tests or treatments), were they similar between the study groups? • Were the follow-up intervals the same for each study group? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Die Trainer der Mannschaften mussten die Trainings- und Spielbelastung in Minuten pro Spieler dokumentieren und über allfällige Verletzungsdetails wie Diagnose und Behandlung in einem Onlinedokument berichten oder direkt mit dem Studienteam Kontakt aufnehmen. Die beiden Gruppen hatten die gleichen Voraussetzungen.</p>
---	---

Section C: What are the results?

<p>7. Were the effects of intervention reported comprehensively?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was a power calculation undertaken? • What outcomes were measured, and were they clearly specified? • How were the results expressed? For binary outcomes, were relative and absolute effects reported? • Were the results reported for each outcome in each study group at each follow-up interval? • Was there any missing or incomplete data? • Was there differential drop-out between the study groups that could affect the results? • Were potential sources of bias identified? • Which statistical tests were used? • Were p values reported? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>- Resultate sowohl im Text erläutert wie auch in einer Tabelle veranschaulicht - zwischen primären und sekundären Outcomes unterschieden und klar voneinander getrennt - Resultate der primären und sekundären Outcomes separat erläutert und dargestellt - 9 Dropouts werden genannt, allerdings nicht genauer erklärt in welcher Gruppe - wurde mit Odds Ratio gerechnet - keine weiteren Angaben zu Signifikantstests</p>
<p>8. Was the precision of the estimate of the intervention or treatment effect reported?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Were confidence intervals (CIs) reported? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>es wurde ein CI von 95% definiert.</p>
<p>9. Do the benefits of the experimental intervention outweigh the harms and costs?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What was the size of the intervention or treatment effect? • Were harms or unintended effects reported for each study group? • Was a cost-effectiveness analysis undertaken? (Cost-effectiveness analysis allows a comparison to be made between different interventions used in the care of the same condition or problem.) 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Im Verhältnis weniger verletzte Spielerinnen und Spieler in der Interventionsgruppe.</p>

Section D: Will the results help locally?

<p>10. Can the results be applied to your local population/in your context?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Are the study participants similar to the people in your care? • Would any differences between your population and the study participants alter the outcomes reported in the study? • Are the outcomes important to your population? • Are there any outcomes you would have wanted information on that have not been studied or reported? • Are there any limitations of the study that would affect your decision? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Die Ergebnisse können genutzt werden. Eine schwere Knieverletzung bereits bei 28 Tagen anzusetzen ist eher wenig, da bspw. eine VKB-Ruptur eine 6-9-monatige Absenz vom Sport nach sich zieht. Die medizinische Unterstützung kann stark variieren, was die Absenz der Sportlerinnen und Sportler beeinflusst und schlussendlich das Resultat verzerren kann.</p>
<p>11. Would the experimental intervention provide greater value to the people in your care than any of the existing interventions?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What resources are needed to introduce this intervention taking into account time, finances, and skills development or training needs? • Are you able to disinvest resources in one or more existing interventions in order to be able to re-invest in the new intervention? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Dieses Interventionsprogramm könnte ohne weitere Kosten in ein bestehendes Training integriert werden um zur Prävention von Verletzungen beizutragen.</p>

APPRAISAL SUMMARY: Record key points from your critical appraisal in this box. What is your conclusion about the paper? Would you use it to change your practice or to recommend changes to care/interventions used by your organisation? Could you judiciously implement this intervention without delay?

spezielle Vorgehensweise, da keine Pre- und Post-Messungen gemacht wurden. Es wurde jeweils die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung anhand der kleinen Stichprobe ausgerechnet. Eher kleine Stichprobe, da nur 7 schwere Knieverletzungen resultierten und dies den Erfolg der Intervention verfälschen kann. Wäre Aussagekräftiger bei einer grösseren Stichprobe. Die Interventionsgruppe erhielt ein Trainingsprogramm für die Vorsaison und auch für während der Meisterschaftssaison. Dabei mussten die Trainer die Verletzungen jeweils dokumentieren.

A2.3 CASP Taylor et al. (2018)



Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme (Taylor et al. 2018)

Study and citation:

Section A: Is the basic study design valid for a randomised controlled trial?			
<p>1. Did the study address a clearly focused research question? <i>CONSIDER:</i> Was the study designed to assess the outcomes of an intervention? Is the research question 'focused' in terms of:</p> <ul style="list-style-type: none"> Population studied Intervention given Comparator chosen Outcomes measured? 	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
klare Formulierung der Forschungsfrage und des Ziels, Population anhand klaren Ein- und Ausschlusskriterien definiert, Intervention in Tabelle verständlich aufgezeigt			
<p>2. Was the assignment of participants to interventions randomised? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> How was randomisation carried out? Was the method appropriate? Was randomisation sufficient to eliminate systematic bias? Was the allocation sequence concealed from investigators and participants? 	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
Es wurde eine Randomisierung durchgeführt, allerdings keine genaue Erläuterung, wie.			
<p>3. Were all participants who entered the study accounted for at its conclusion? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were losses to follow-up and exclusions after randomisation accounted for? Were participants analysed in the study groups to which they were randomised (intention-to-treat analysis)? Was the study stopped early? If so, what was the reason? 	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
Es gibt in allen Gruppen Verluste nach der Randomisierung, diese wurden durch die Intention-to-treat-Analyse allerdings berücksichtigt. In beiden Gruppen werden Spielerinnen, die in beiden Sportarten aktiv waren, ausgeschlossen, welche in der Analyse nicht berücksichtigt wurden. Kein vorzeitiger Abbruch der Studie.			
Section B: Was the study methodologically sound?			
<p>4.</p> <ul style="list-style-type: none"> Were the participants 'blind' to intervention they were given? Were the investigators 'blind' to the intervention they were giving to participants? Were the people assessing/analysing outcome/s 'blinded'? 	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input checked="" type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Were the participants 'blind' to intervention they were given? <input type="checkbox"/> Were the investigators 'blind' to the intervention they were giving to participants? <input checked="" type="checkbox"/> Were the people assessing/analysing outcome/s 'blinded'? <input type="checkbox"/> 			
<p>5. Were the study groups similar at the start of the randomised controlled trial? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were the baseline characteristics of each study group (e.g. age, sex, socio-economic group) clearly set out? Were there any differences between the study groups that could affect the outcome/s? 	Yes <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> - signifikante Unterschiede des BMI zwischen Basketballinterventionsgruppe und -kontrollgruppe - signifikante Unterschiede der Grösse und Gewicht zwischen Fussballinterventionsgruppe und -kontrollgruppe - signifikante Unterschiede zwischen Basketball und Fussball bei Grösse, Gewicht und BMI 			

<p>6. Apart from the experimental intervention, did each study group receive the same level of care (that is, were they treated equally)?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was there a clearly defined study protocol? • If any additional interventions were given (e.g. tests or treatments), were they similar between the study groups? • Were the follow-up intervals the same for each study group? 	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
	<p>- Trainingsprotokoll genau beschrieben - alle Teilnehmerinnen identisch getestet --> erhielten für die Tests alle die gleichen Schuhe</p>		

Section C: What are the results?

<p>7. Were the effects of intervention reported comprehensively?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was a power calculation undertaken? • What outcomes were measured, and were they clearly specified? • How were the results expressed? For binary outcomes, were relative and absolute effects reported? • Were the results reported for each outcome in each study group at each follow-up interval? • Was there any missing or incomplete data? • Was there differential drop-out between the study groups that could affect the results? • Were potential sources of bias identified? • Which statistical tests were used? • Were p values reported? 	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
	<p>- Ergebnisse im Text beschrieben und sehr ausführlich in Tabellen dargestellt - Vergleich der Resultate innerhalb der Gruppen und zwischen beiden Gruppen</p> <p>- um sportsspezifische und aufgabenspezifische Unterschiede herauszufinden wurden MANCOVA's gemacht - die Sport x Gruppen - Interaktion wurde mit dem Wilk's Lambda Test gemacht - als Signifikantstest wurde eine univariate ANCOVA gemacht</p>		
<p>8. Was the precision of the estimate of the intervention or treatment effect reported?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Were confidence intervals (CIs) reported? 	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
	<p>Konfidenzintervall von 95% definiert</p>		
<p>9. Do the benefits of the experimental intervention outweigh the harms and costs?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What was the size of the intervention or treatment effect? • Were harms or unintended effects reported for each study group? • Was a cost-effectiveness analysis undertaken? (Cost-effectiveness analysis allows a comparison to be made between different interventions used in the care of the same condition or problem.) 	Yes <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Can't tell <input type="checkbox"/>
	<p>- es wurden nicht viele signifikante Unterschiede festgestellt - Vergleich der Gruppen nicht möglich, da sie bereits zu Beginn Unterschiede zeigen --> schwierig eine allgemeine Aussage zu machen - erkennt einen Nutzen der Intervention bei der Basketballinterventionsgruppe, allerdings nicht bei der Fussballinterventionsgruppe - es wurde keine Kosten-Nutzen-Analyse gemacht</p>		

Section D: Will the results help locally?

<p>10. Can the results be applied to your local population/in your context?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Are the study participants similar to the people in your care? • Would any differences between your population and the study participants alter the outcomes reported in the study? • Are the outcomes important to your population? • Are there any outcomes you would have wanted information on that have not been studied or reported? • Are there any limitations of the study that would affect your decision? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Die Stichprobe passt zu unserer Fragestellung. Die Ergebnisse sagen aus, dass eine sportartspezifische Prävention wichtig ist und nicht einfach ein Standardprogramm für jede Teilnehmerin passt.</p>
<p>11. Would the experimental intervention provide greater value to the people in your care than any of the existing interventions?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What resources are needed to introduce this intervention taking into account time, finances, and skills development or training needs? • Are you able to disinvest resources in one or more existing interventions in order to be able to re-invest in the new intervention? 	<p>Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>- wenig signifikante Unterschiede erkennbar durch diese Intervention - müsste sportspezifischer gemacht werden, damit ein grösserer Nutzen dabei herauskommt</p>

APPRAISAL SUMMARY: Record key points from your critical appraisal in this box. What is your conclusion about the paper? Would you use it to change your practice or to recommend changes to care/interventions used by your organisation? Could you judiciously implement this intervention without delay?

Durch bereits signifikante Unterschiede bei den demographischen Daten kann es zu Verzerrungen der Resultate kommen, die nicht aussagekräftig sind.

Für die Tests erhielten alle Teilnehmerinnen den gleichen Schuhtyp, für die Intervention in den 6 Wochen mussten sie allerdings wieder mit den eigenen Schuhen trainieren was ebenfalls zur Verfälschung der Resultate führen könnte.

A2.4 CASP Alikhani et al. (2019)



The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players (Alikhani et al. 2019)

Study and citation:

Section A: Is the basic study design valid for a randomised controlled trial?			
<p>1. Did the study address a clearly focused research question? <i>CONSIDER:</i> Was the study designed to assess the outcomes of an intervention? Is the research question 'focused' in terms of:</p> <ul style="list-style-type: none"> Population studied Intervention given Comparator chosen Outcomes measured? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>No <input type="checkbox"/></p>	<p>Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Die Forschungsfrage und auch das Ziel klar formuliert. Die untersuchte Population wird ausser der Herkunft der Teilnehmenden genau beschrieben. Die Intervention wird genau beschrieben.</p>
<p>2. Was the assignment of participants to interventions randomised? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> How was randomisation carried out? Was the method appropriate? Was randomisation sufficient to eliminate systematic bias? Was the allocation sequence concealed from investigators and participants? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>No <input type="checkbox"/></p>	<p>Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Da quasi-experimentelles Design gab es eine gezielte Stichprobe (nicht mehr als 3 Jahre Spielerfahrung). Wie genau die randomisierte Zuteilung in die Interventions- und Kontrollgruppe vorgenommen wurde, wird nicht beschrieben, es steht nur zufällig. Die Randomisierung scheint für diese Studie angemessen, wird aber nicht genauer beschrieben.</p>
<p>3. Were all participants who entered the study accounted for at its conclusion? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were losses to follow-up and exclusions after randomisation accounted for? Were participants analysed in the study groups to which they were randomised (intention-to-treat analysis)? Was the study stopped early? If so, what was the reason? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>No <input type="checkbox"/></p>	<p>Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Es wurden alle Teilnehmerinnen berücksichtigt. Es werden keine Drop-Outs genannt und keine Intention-to-treat-Analyse gemacht.</p>
Section B: Was the study methodologically sound?			
<p>4.</p> <ul style="list-style-type: none"> Were the participants 'blind' to intervention they were given? Were the investigators 'blind' to the intervention they were giving to participants? Were the people assessing/analysing outcome/s 'blinded'? 	<p>Yes <input type="checkbox"/></p>	<p>No <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Can't tell <input type="checkbox"/></p>
<p>5. Were the study groups similar at the start of the randomised controlled trial? <i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Were the baseline characteristics of each study group (e.g. age, sex, socio-economic group) clearly set out? Were there any differences between the study groups that could affect the outcome/s? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>No <input type="checkbox"/></p>	<p>Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Die Basismerkmale wie Alter, BMI und Spielerfahrung wurden in beiden Gruppen klar dargestellt (Tabelle 1). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe.</p>

<p>6. Apart from the experimental intervention, did each study group receive the same level of care (that is, were they treated equally)?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was there a clearly defined study protocol? • If any additional interventions were given (e.g. tests or treatments), were they similar between the study groups? • Were the follow-up intervals the same for each study group? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Es gibt ein klar definiertes Trainingsprotokoll. Die Follow-up-Intervalle waren für beide Gruppen identisch.</p>
---	--

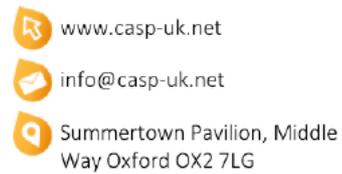
Section C: What are the results?

<p>7. Were the effects of intervention reported comprehensively?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Was a power calculation undertaken? • What outcomes were measured, and were they clearly specified? • How were the results expressed? For binary outcomes, were relative and absolute effects reported? • Were the results reported for each outcome in each study group at each follow-up interval? • Was there any missing or incomplete data? • Was there differential drop-out between the study groups that could affect the results? • Were potential sources of bias identified? • Which statistical tests were used? • Were p values reported? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vor der Analyse Test auf Normalverteilung anhand Shapiro-Wilk-Test - independent sample t-test, um Unterschiede zwischen den Gruppen zu erfassen - kein Vergleich innerhalb der Gruppen von pre- zu post-Test - keine Drop-outs genannt - keine Berechnung zur aussagekräftigen Stichprobengröße - Verzerrung, da die Teilnehmerinnen die Tests 3 Tage vorher erhielten und üben konnten - gemessene Ergebnisse werden in einer Tabelle dargestellt, allerdings nicht sehr ausführlich im Text beschrieben - p-Werte sowohl im Text als auch bei der Tabelle erwähnt
<p>8. Was the precision of the estimate of the intervention or treatment effect reported?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Were confidence intervals (CIs) reported? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Das Konfidenzlevel wird mit 95% beschrieben.</p>
<p>9. Do the benefits of the experimental intervention outweigh the harms and costs?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What was the size of the intervention or treatment effect? • Were harms or unintended effects reported for each study group? • Was a cost-effectiveness analysis undertaken? (Cost-effectiveness analysis allows a comparison to be made between different interventions used in the care of the same condition or problem.) 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Es konnte bei allen drei Tests eine signifikante Verbesserung der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe festgestellt werden. Es wurde keine Kosten-Effektivitäts-Analyse durchgeführt.</p>

Section D: Will the results help locally?		
<p>10. Can the results be applied to your local population/in your context?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Are the study participants similar to the people in your care? • Would any differences between your population and the study participants alter the outcomes reported in the study? • Are the outcomes important to your population? • Are there any outcomes you would have wanted information on that have not been studied or reported? • Are there any limitations of the study that would affect your decision? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>-eher kleine Stichprobe, nicht erwähnt wo diese erhoben wurde - bezieht sich ausschliesslich auf Anfängerinnen im Badminton - Outcomes wichtig, um die Effektivität des plyometrischen Trainings, des Gleichgewichtes und der Kniepropriozeption aufzuzeigen</p>	
<p>11. Would the experimental intervention provide greater value to the people in your care than any of the existing interventions?</p> <p><i>CONSIDER:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • What resources are needed to introduce this intervention taking into account time, finances, and skills development or training needs? • Are you able to disinvest resources in one or more existing interventions in order to be able to re-invest in the new intervention? 	<p>Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Can't tell <input type="checkbox"/></p> <p>Der Nutzen aus der Intervention ist ersichtlich. Dazu wäre eine Schulung der Trainerinnen und Trainer und der Spielerinnen und Spieler wichtig, damit eine korrekte Durchführung des Programms gewährleistet werden kann.</p>	

<p>APPRAISAL SUMMARY: Record key points from your critical appraisal in this box. What is your conclusion about the paper? Would you use it to change your practice or to recommend changes to care/interventions used by your organisation? Could you judiciously implement this intervention without delay?</p> <p>Es werden keine Stärken oder Schwächen der Studie angesprochen, die Autorinnen und Autoren sind nicht sehr kritisch mit ihrer Studie. Zusätzliche werden keine Limitationen beschrieben. Grundsätzlich ist die Anzahl von 22 Teilnehmenden an der Studie auch eher klein um schlussendlich auf eine ganze Population schliessen zu können, kann nur auf Anfängerinnen geschlossen werden. Es kann aus der Studie nicht herausgelesen werden, ob die Verfasserinnen und Verfasser die Stichprobenanzahl als genügend betrachten. Lernerfolg der Pre-tests beeinflusst, weil Teilnehmerinnen die Übungen 3 Tage im Voraus erhielten. Die einzelnen Interventionen, das gesamte Interventionsprogramm und auch das Vorgehen der Durchführung werden sehr klar und genau beschrieben. Durch die genaue Beschreibung ist es möglich, dass dieses Interventionsprogramm von jedem Team mit Badmintonanfängerinnen durchgeführt werden kann.</p>

A3 CRITICAL APPRAISAL SKILLS PROGRAMME (CASP) – COHORT STUDY



CASP Checklist: 12 questions to help you make sense of a [Cohort Study](#)

How to use this appraisal tool: Three broad issues need to be considered when appraising a cohort study:

- ▶ Are the results of the study valid? (Section A)
- ▶ What are the results? (Section B)
- ▶ Will the results help locally? (Section C)

The 12 questions on the following pages are designed to help you think about these issues systematically. The first two questions are screening questions and can be answered quickly. If the answer to both is “yes”, it is worth proceeding with the remaining questions. There is some degree of overlap between the questions, you are asked to record a “yes”, “no” or “can’t tell” to most of the questions. A number of italicised prompts are given after each question. These are designed to remind you why the question is important. Record your reasons for your answers in the spaces provided.

About: These checklists were designed to be used as educational pedagogic tools, as part of a workshop setting, therefore we do not suggest a scoring system. The core CASP checklists (randomised controlled trial & systematic review) were based on JAMA 'Users' guides to the medical literature 1994 (adapted from Guyatt GH, Sackett DL, and Cook DJ), and piloted with health care practitioners.

For each new checklist, a group of experts were assembled to develop and pilot the checklist and the workshop format with which it would be used. Over the years overall adjustments have been made to the format, but a recent survey of checklist users reiterated that the basic format continues to be useful and appropriate.

Referencing: we recommend using the Harvard style citation, i.e.: *Critical Appraisal Skills Programme (2018). CASP (insert name of checklist i.e. Cohort Study) Checklist. [online] Available at: URL. Accessed: Date Accessed.*

©CASP this work is licensed under the Creative Commons Attribution – Non-Commercial-Share A like. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> www.casp-uk.net

A3.1 CASP de Marche Baldon et al. (2014)



Paper for appraisal and reference: **Effect of Plyometric Training on Lower Limb Biomechanics**

Section A: Are the results of the study valid?

1. Did the study address a clearly focused issue?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: A question can be 'focused' in terms of

- the population studied
- the risk factors studied
- is it clear whether the study tried to detect a beneficial or harmful effect
- the outcomes considered

Comments: Die Population macht Sinn, es wird klar beschrieben, welchen Nutzen diese Studie bringen soll. Das Ziel hinter der Studie ist klar ersichtlich, es wird eine Hypothese aufgestellt und zum Schluss nochmals aufgegriffen.

2. Was the cohort recruited in an acceptable way?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input checked="" type="checkbox"/>

HINT: Look for selection bias which might compromise the generalisability of the findings:

- was the cohort representative of a defined population
- was there something special about the cohort
- was everybody included who should have been

Comments: Teilnehmerinnen konnten sich selbständig für die Studie melden, eher kleine Kohorte, um eine allgemeine Aussage auf die Population machen zu können, keine randomisierte Zuweisung

Is it worth continuing?

3. Was the exposure accurately measured to minimise bias?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: Look for measurement or classification bias:

- did they use subjective or objective measurements
- do the measurements truly reflect what you want them to (have they been validated)
- were all the subjects classified into exposure groups using the same procedure

Comments: In dieser Studie wurden Tests genutzt, die objektivierbar sind. Da die Teilnehmerinnen allerdings nicht zufällig in die beiden Gruppen eingeteilt wurden, könnte dies zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen. Der single leg squat wurde als kinematisches Assessment genutzt, um die Beinlängsachse zu untersuchen, was sinnvoll erscheint. Allerdings ist das eine langsame Aufgabe, die Beinlängsachse muss von den Spielerinnen aber während Sprüngen und schnellen Richtungswechseln stabilisiert werden können, somit nicht sehr aussagekräftig für im Spielbetrieb. Für das funktionelle und isokinetische Assessment wurden standardisierte Tests durchgeführt, die auch bei anderen Studien bereits genutzt wurden, wobei sich ein adäquater Wert des Korrelationskoeffizients für beide Tests zeigte. Bei allen Teilnehmerinnen wurden dieselben Tests vor und nach der Intervention durchgeführt.

4. Was the outcome accurately measured to minimise bias?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: Look for measurement or classification bias:

- did they use subjective or objective measurements
- do the measurements truly reflect what you want them to (have they been validated)
 - has a reliable system been established for detecting all the cases (for measuring disease occurrence)
 - were the measurement methods similar in the different groups
 - were the subjects and/or the outcome assessor blinded to exposure (does this matter)

Comments: siehe oben. Die Tests wurden nur von einem Physiotherapeuten bewertet, der allerdings nicht verblindet war. Die Messung wurde mit einer digitalen Stoppuhr gemacht, wobei eine Abweichung von 0.3 Sekunden entstand, was zu Verzerrungen der Ergebnisse führen kann. Diese Verzerrungen werden von den Verfasserinnen und Verfasser allerdings relativiert.

5. (a) Have the authors identified all important confounding factors?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input checked="" type="checkbox"/>

HINT:

- list the ones you think might be important, and ones the author missed

Comments: - Motivation der Spielerinnen kann Einfluss auf Ergebnis haben
- mündliche Instruktion und Motivation von den Physiotherapeuten während der Intervention evtl. nicht bei jeder Teilnehmerin gleich
- unterschiedliches Schuhwerk während den Testungen und dem Training

5. (b) Have they taken account of the confounding factors in the design and/or analysis?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input checked="" type="checkbox"/>

HINT:

- look for restriction in design, and techniques e.g. modelling, stratified-, regression-, or sensitivity analysis to correct, control or adjust for confounding factors

Comments: keine Rücksicht auf die Störfaktoren bei der Analyse

6. (a) Was the follow up of subjects complete enough?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: Consider

- the good or bad effects should have had long enough to reveal themselves
- the persons that are lost to follow-up may have different outcomes than those available for assessment
- in an open or dynamic cohort, was there anything special about the outcome of the people leaving, or the exposure of the people entering the cohort

6. (b) Was the follow up of subjects long enough?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

Comments: Die Follow-up Messungen waren nochmals dieselben, durch dieselbe Person durchgeführt, die bereits vor der Intervention gemacht wurden und somit aussagekräftig.
Keine Angaben über Drop-outs

Section B: What are the results?

7. What are the results of this study?

HINT: Consider

- what are the bottom line results
- have they reported the rate or the proportion between the exposed/unexposed, the ratio/rate difference
- how strong is the association between exposure and outcome (RR)
- what is the absolute risk reduction (ARR)

Comments: - keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Beinlängsachse feststellbar
- signifikante Unterschiede von Knievalgus und Hüftadduktion zwischen Interventions- und Kontrollgruppe
- Zeit bei triple hop Test bei Interventionsgruppe signifikant verringert
- Wert bei 6m-timed-hop-test signifikant verbessert
- Verbesserung der funktionellen Leistungsfähigkeit der Interventionsgruppe

8. How precise are the results?

HINT:

- look for the range of the confidence intervals, if given

Comments: - keine Angaben zum Konfidenzintervall
- Signifikantslevel auf p=0.05

9. Do you believe the results?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

- HINT: Consider
- big effect is hard to ignore
 - can it be due to bias, chance or confounding
 - are the design and methods of this study sufficiently flawed to make the results unreliable
 - Bradford Hills criteria (e.g. time sequence, dose-response gradient, biological plausibility, consistency)

Comments: **Resultate glaubwürdig, aber noch nicht sehr aussagekräftig, braucht weitere Untersuchungen zu diesem Thema auch mit einer grösseren Stichprobe und über eine längere Interventionszeit**

Section C: Will the results help locally?

10. Can the results be applied to the local population?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

- HINT: Consider whether
- a cohort study was the appropriate method to answer this question
 - the subjects covered in this study could be sufficiently different from your population to cause concern
 - your local setting is likely to differ much from that of the study
 - you can quantify the local benefits and harms

Comments: Ein Randomised Controlled Trial würde zu diesem Thema mehr Sinn machen, damit auf die gesamte Population geschlossen werden kann. Die Gesamtpopulation der Freizeitsportler wäre gross, die Stichprobengrösse in dieser Studie verhältnismässig aber klein. Die Empfehlungen dieser Studie können hilfreich sein und gut in ein Trainingsprogramm integriert werden.

11. Do the results of this study fit with other available evidence?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

Comments: Es ist ein kontrovers diskutiertes Thema, es gibt viele Studien dazu, aber alle berücksichtigen unterschiedliche Aspekte (Knie- und Hüftkinematik), die einen Vergleich der Studien und der Resultate erschweren. Einige Studien kamen auf ähnliche Resultate wie diese Studie bezüglich dem Kniealgus und der Hüftadduktion, andere haben keine Veränderung feststellen können.

12. What are the implications of this study for practice?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

- HINT: Consider
- one observational study rarely provides sufficiently robust evidence to recommend changes to clinical practice or within health policy decision making
 - for certain questions, observational studies provide the only evidence
 - recommendations from observational studies are always stronger when supported by other evidence

Comments: Es werden Empfehlungen für die Praxis abgegeben, allerdings werden einige neue Aspekte in dieser Studie untersucht, die von keiner weiteren Studie bestätigt werden können. Somit sind weitere Untersuchungen vor allem für die Veränderung in der Biomechanik und auch zum exzentrischen Training notwendig um aufschlussreiche und vollständige Aussagen machen zu können.
 (Frage kann nicht mit Ja oder Nein beantwortet werden)

A4 CRITICAL APPRAISAL SKILLS PROGRAMME (CASP) – CASE CONTROL STUDY



 www.casp-uk.net
 info@casp-uk.net
 Summertown Pavilion, Middle Way Oxford OX2 7LG

CASP Checklist: 11 questions to help you make sense of a **Case Control Study**

How to use this appraisal tool: Three broad issues need to be considered when appraising a case control study:

-  Are the results of the study valid? (Section A)
-  What are the results? (Section B)
-  Will the results help locally? (Section C)

The 11 questions on the following pages are designed to help you think about these issues systematically. The first three questions are screening questions and can be answered quickly. If the answer to both is “yes”, it is worth proceeding with the remaining questions. There is some degree of overlap between the questions, you are asked to record a “yes”, “no” or “can’t tell” to most of the questions. A number of italicised prompts are given after each question. These are designed to remind you why the question is important. Record your reasons for your answers in the spaces provided.

About: These checklists were designed to be used as educational pedagogic tools, as part of a workshop setting, therefore we do not suggest a scoring system. The core CASP checklists (randomised controlled trial & systematic review) were based on JAMA ‘Users’ guides to the medical literature 1994 (adapted from Guyatt GH, Sackett DL, and Cook DJ), and piloted with health care practitioners.

For each new checklist, a group of experts were assembled to develop and pilot the checklist and the workshop format with which it would be used. Over the years overall adjustments have been made to the format, but a recent survey of checklist users reiterated that the basic format continues to be useful and appropriate.

Referencing: we recommend using the Harvard style citation, i.e.: *Critical Appraisal Skills Programme (2018). CASP (insert name of checklist i.e. Case Control Study) Checklist. [online] Available at: URL. Accessed: Date Accessed.*

©CASP this work is licensed under the Creative Commons Attribution – Non-Commercial-Share A like. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> www.casp-uk.net

A4.1 CASP Yang et al. (2018)



Paper for appraisal and reference: **Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics**

Section A: Are the results of the trial valid?

1. Did the study address a clearly focused issue?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: An issue can be 'focused' in terms of

- the population studied
- Whether the study tried to detect a beneficial or harmful effect
- the risk factors studied

Comments: Forschungsfrage und Ziel klar, in der Studien wurden nur Sportlerinnen und Sportler mit biomechanischen Risikofaktoren für eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes untersucht

2. Did the authors use an appropriate method to answer their question?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: Consider

- Is a case control study an appropriate way of answering the question under the circumstances
- Did it address the study question

Comments: da nur die Sportlerinnen und Sportler untersucht wurden, die den Risikofaktoren entsprachen, macht dies Sinn --> kein RCT möglich

Is it worth continuing?

3. Were the cases recruited in an acceptable way?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: We are looking for selection bias which might compromise validity of the findings

- are the cases defined precisely
- were the cases representative of a defined population (geographically and/or temporally)
- was there an established reliable system for selecting all the cases
 - are they incident or prevalent
- is there something special about the cases
 - is the time frame of the study relevant to disease/exposure
- was there a sufficient number of cases selected
- was there a power calculation

Comments:
Die Stichprobe wurde rekrutiert, in dem der Knieflexionswinkel bei der Landung berücksichtigt wurde.
Nach dem Screeningtest wurden die Teilnehmenden mittels Blockrandomisierung in eine Interventions- und eine Kontrollgruppe mit der Unterteilung Sport und Geschlecht eingeteilt. Dabei wurde darauf geachtet, dass es in den jeweiligen Gruppen gleich viele Frauen wie Männer hat.
Es wurde keine Power-Calculation gemacht.

4. Were the controls selected in an acceptable way?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

HINT: We are looking for selection bias which might compromise the generalisability of the findings

- were the controls representative of the defined population (geographically and/or temporally)
- was there something special about the controls
- was the non-response high, could non-respondents be different in any way
 - are they matched, population based or randomly selected
- was there a sufficient number of controls selected

Comments:
gleicher Vorgang wie bei der Interventionsgruppe

5. Was the exposure accurately measured to minimise bias?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input checked="" type="checkbox"/>

HINT: We are looking for measurement, recall or classification bias

- was the exposure clearly defined and accurately measured
- did the authors use subjective or objective measurements
- do the measures truly reflect what they are supposed to measure (have they been validated)
- were the measurement methods similar in the cases and controls
- did the study incorporate blinding where feasible
- is the temporal relation correct (does the exposure of interest precede the outcome)

Comments:

- Teilnehmende mussten mit eigener Sportbekleidung die Tests machen --> Schuhe könnten Einfluss auf Ergebnis haben
 - objektive Messung mit Kamera und reflektierenden Markern während dem Sprung
 - in diesem Interventionsprogramm viele Bewegungscharakteristika von Stop-Sprung aber wenige von "Side-Cutting" --> könnte Einfluss auf Ergebnis haben, dass im Fussball weniger signifikante Verbesserungen erzielt wurden als im Basketball

6. (a) Aside from the experimental intervention, were the groups treated equally?

HINT: List the ones you think might be important, that the author may have missed

- genetic
- environmental
- socio-economic

List: Sozioökonomischer Status ist bei allen Teilnehmenden ähnlich, da sie vom selben College kommen. Die Gruppen unterscheiden sich nicht in Grösse und Gewicht.

6. (b) Have the authors taken account of the potential confounding factors in the design and/or in their analysis?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input checked="" type="checkbox"/>

- HINT: Look for
- restriction in design, and techniques e.g. modelling, stratified-, regression-, or sensitivity analysis to correct, control or adjust for confounding factors

Comments:

eigene Sportbekleidung, insbesondere die unterschiedlichen Schuhe können Einfluss haben auf die Testergebnisse --> Verzerrung möglich

Section B: What are the results?

7. How large was the treatment effect?

HINT: Consider

- what are the bottom line results
- is the analysis appropriate to the design
- how strong is the association between exposure and outcome (look at the odds ratio)
- are the results adjusted for confounding, and might confounding still explain the association
- has adjustment made a big difference to the OR

Comments:

- keine Angaben zum Odds Ratio
- keine signifikanten Ergebnisse bei den Frauen
- nur signifikanter Unterschied bei Männern in der Interventionsgruppe in Bezug auf den Knieflexionswinkel bei der Stopp-Landung

8. How precise was the estimate of the treatment effect?

HINT: Consider

- size of the p-value
- size of the confidence intervals
- have the authors considered all the important variables
- how was the effect of subjects refusing to participate evaluated

Comments: p=0.05, Konfidenzintervall bei 95%

9. Do you believe the results?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

- HINT: Consider
- big effect is hard to ignore!
 - Can it be due to chance, bias, or confounding
 - are the design and methods of this study sufficiently flawed to make the results unreliable
 - consider Bradford Hills criteria (e.g. time sequence, does-response gradient, strength, biological plausibility)

Comments: Die Resultate werden in der Tabelle sowie im Text beschrieben. Es wurden mögliche Lösungsansätze nachvollziehbar diskutiert, weshalb es nur bei den Männern in der Interventionsgruppe bei der Stopp-Landung einen signifikanten Unterschied gab.

Section C: Will the results help locally?

10. Can the results be applied to the local population?

Yes	<input type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input checked="" type="checkbox"/>

- HINT: Consider whether
- the subjects covered in the study could be sufficiently different from your population to cause concern
 - your local setting is likely to differ much from that of the study
 - can you quantify the local benefits and harms

Comments: Da sie nur explizit Teilnehmende hatten mit einem Knieflexionswinkel von <math><30^\circ</math>, kann keine Aussage gemacht werden, ob es bei der restlichen Population, ohne diesen Risikofaktor, eine signifikante Veränderung des Knieflexionswinkel gegeben hätte.

11. Do the results of this study fit with other available evidence?

Yes	<input checked="" type="checkbox"/>
Can't Tell	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

- HINT: Consider
- all the available evidence from RCT's Systematic Reviews, Cohort Studies, and Case Control Studies as well, for consistency

Comments: Wie auch in anderen Studien erwähnt, kann Einfluss auf die Qualität der Landung genommen werden. Das Ergebnis bei den Frauen wurde aber nicht vorhergesehen.

Remember: One observational study rarely provides sufficiently robust evidence to recommend changes to clinical practice or within health policy decision making. However, for certain questions observational studies provide the only evidence. Recommendations from observational studies are always stronger when supported by other evidence.