



**Università
degli Studi
di Ferrara**



Università degli Studi di Ferrara

Scuola di Medicina

Dipartimento di Morfologia, Chirurgia e Medicina Sperimentale

Landesfachhochschule für Gesundheitsberufe Bozen

Scuola Provinciale Superiore di Sanità Bolzano

Claudiana

**CORSO DI STUDIO IN FISIOTERAPIA
LAUREATSSTUDIENGANG FÜR PHYSIOTHERAPIE**

**TESI DI LAUREA
BACHELORARBEIT**

**Efficacia del “PEP-Program” (Prevent injury and Enhance Performance) sulla
stabilità di ginocchio in un gruppo di giovani calciatrici: uno studio sperimentale**

**Wirkung des “PEP-Program” (Prevent injury and Enhance Performance) auf die
Kniestabilität einer Gruppe junger Fußballerinnen: eine experimentelle Studie**

Relatore/Erstbetreuer:

Prof. Fabio Rossignolo

Laureando/Verfasser der Diplomarbeit:

Platzer Andreas

ANNO ACCADEMICO 2018 - 2019
AKADEMISCHES JAHR 2018 - 2019

Zusammenfassung

Kontext: Das Knie ist ein sehr oft betroffenes Verletzungsgebiet im Fußball, sei es wegen einem Aufprall durch Spielerkontakt oder durch schnelle oder unkontrollierte Bewegungen. Da Mädchen öfters betroffen sind, müssen sie umso mehr auf neuromuskuläre Übungen zurückgreifen, um gewisse falsche Bewegungsmustern, wie den Dynamischen Knie Valgus, zu vermeiden.

Das „PEP-Program“ ist mit Aufwärmen, Kräftigen, Plyometrie, Wendigkeit und Dehnen als Präventionsprogramm (neuromuskuläres Training) bekannt. Ziel dieser Studie ist es, das normale Aufwärmprogramm durch das PEP-Programm zu ersetzen und den Effekt auf die Kniestabilität, unter anderem anhand des Dynamischen Knie Valgus, sicher zu stellen.

Materiale und Methoden: Es wurden zwei regionale Mädchen-Mannschaften mit 14-15 Jahren für diese kontrollierte experimentelle Studie miteinbezogen. Diese hatten jeweils 8 Athleten, welche am Anfang und Ende des Studienzeitraumes vermessen wurden. Mit dem Y-Balance-Test wurde die dynamische Stabilität beider Beine gemessen und mit einer Videoanalyse die Qualität der einbeinigen Landung nach einem Sprung mit Analyse der Instabilität am tiefsten Punkt der Landung. 8 Wochen lang führte eine Mannschaft das PEP-Programm aus, wobei die andere Mannschaft ein herkömmliches Aufwärmtraining durchführte.

Resultate: Das neuromuskuläre Aufwärmprogramm zeigte eine Verbesserung der Kniestabilität anhand des Y-Balance-Tests von +7,98% in Relation zur Kontrollgruppe, zusammen mit einer qualitativen Verbesserung der Kontrolle des Landens.

Folgerung: Das PEP-Programm hat sich als effektiv und effizient erwiesen und kann und sollte bei Mannschaften jedes Alters und Geschlechtes eingesetzt werden, vor allem bei Amateurmansschaften.

Keywords: Neuromuskuläres Training; Fußball; Kniestabilität; gender differences; dynamic knee valgus; injury prevention; soccer

Abstract

Background: Il ginocchio è una delle strutture che più vengono lesionate nel calcio, sia a causa di contrasti con altri giocatori che conseguentemente a movimenti veloci non controllati. La popolazione più a rischio si colloca nei soggetti di giovane età e di sesso femminile, queste, essendo sottoposte ad un rischio di lesione più elevato devono allenarsi maggiormente con esercizi neuromuscolari, al fine di evitare pattern motori rischiosi come il 'Dynamic Knee Valgus'. Il 'PEP-Program', basato su esercizi neuromuscolari di riscaldamento, rinforzo, pliometria, agilità e stretching è considerato un efficace programma di prevenzione. Scopo di questo studio è verificare l'effetto del programma 'PEP' sulla stabilità del ginocchio sostituendolo con il programma di riscaldamento standard che precede allenamenti e partite. Per valutare il raggiungimento dell'obiettivo primario è stato osservato il valgo dinamico del ginocchio.

Materiali e metodi: Sono state incluse due squadre femminili regionali con soggetti di età compresa tra i 14 e i 15 anni. Ogni squadra era composta da 8 atlete, valutate all'inizio e alla fine dello studio. La stabilità dinamica di ginocchio è stata misurata usando l'Y-Balance-Test e osservando la qualità dell'atterraggio monopodalico dopo un salto con un'analisi video. Una squadra è stata assegnata all'utilizzo del PEP-Program e per l'altra squadra è stato previsto un programma di riscaldamento tradizionale per 8 settimane.

Risultati: Il programma proposto ha rilevato un aumento di stabilità di ginocchio del +7,98% in rapporto al gruppo di controllo, misurato mediante l'Y-Balance-Test. È stato inoltre osservato nei video un miglioramento qualitativo del controllo dell'atterraggio.

Conclusione: Il PEP-Program si è dimostrato efficace ed efficiente in squadre amatoriali femminili, mostrandosi come valida alternativa al riscaldamento tradizionale in ogni squadra di ogni età e genere.

Parole chiave: allenamento neuromuscolare, calcio, stabilità di ginocchio, differenza di genere, prevenzione, valgo dinamico

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	1
1 DAS KNIEGELENK.....	2
1.1 ANATOMIE.....	2
1.1.1 <i>Knochen und Biomechanik</i>	2
1.1.2 <i>Passive Stabilität</i>	4
1.1.3 <i>Aktive Stabilität</i>	5
1.2 DYNAMISCHER KNIE VALGUS	6
1.3 GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE	8
2 VERLETZUNGEN IM FUßBALL	10
2.1 ALLGEMEINES	10
2.2 RISIKOFAKTOREN FÜR DEN DYNAMISCHEN KNIE VALGUS.....	12
3 PEP-PROGRAMM.....	13
3.1 ERLÄUTERUNG.....	13
3.2 ZIELE UND SCHWERPUNKT	13
3.2 EVIDENZBASIERTE STUDIEN	14
3.4 AUFBAU UND AUSFÜHRUNG	15
4 MATERIALE UND METHODEN.....	20
4.1 STUDIE UND STICHPROBE	20
4.2 PROCEDERE	21
4.3 MESSINSTRUMENTE	22
4.4 STATISTISCHE ANALYSE	24
5 RESULTATE	25
5.1 ERGEBNISSE DIESER STUDIE.....	25
5.2 VERGLEICH DER ERGEBNISSE MIT PARTNER-STUDIE BEI JUNGS.....	31
6 FOLGERUNG	33
6.1 DISKUSSION.....	33
6.2 LIMITATIONEN	34
6.3 ZUKÜNFTIGE ANREGUNGEN	35
LITERATURVERZEICHNIS	

EINLEITUNG

Fußball ist der bekannteste und am meisten praktizierte Sport der Welt, wobei mehr als 270 Millionen Spieler (1) registriert sind und diese Zahl immer größer wird. Erst recht der weibliche Anteil der Spieler gewinnt immer mehr an Ansehen und somit auch an Nachwuchsspielern. Der Sport hat vielen Studien nach ein großes Potential einen vorteilhaften Nutzen für die Gesundheit zu erreichen und allgemein einen gesunden Lebensstil zu unterstützen, da dieser, wie viele andere Sportarten, einen großen Einfluss auf das kardiovaskuläre und neuromuskuläre System hat (2). Da dieser hochintensive Sport jedoch sehr schnelle Richtungswechsel und Sprünge erfordert und es dazu noch viel zu Körperkontakt kommt, erweist sich dementsprechend auch ein hohes Verletzungsrisiko. Dies ist am häufigsten bei den „Cutting“-Bewegungen aufgrund der schnellen Richtungswechsel zu beobachten. Diese Verletzungen können nicht nur individuell zu Nachteilen kommen, sondern auch Eltern oder die Kinder selbst abhalten, diesen Sport auszuüben. Erst recht bei jungen Mädchen ist die Verletzungsgefahr des Knies in diesem Sport allein schon 2-8 Mal höher als bei Jungs, in Zahlen ausgedrückt kommt es in den USA zum Beispiel zu 0.3-0.8 Verletzungen pro 1000 Athleten zwischen 14 und 18 Jahren (3). Grund dafür sind strukturelle, hormonelle und neuromuskuläre Faktoren, welche bei Mädchen zu diesen hohen Verletzungswerten führen (4). Diese Zeitenräume der Rehabilitation und eventuellen Operationen ist nicht nur eine physische, sondern auch psychische Last für junge Sportler/innen. Deshalb wird und soll immer mehr Aufmerksamkeit der gezielten Prävention der Verletzungen, vor allem das vordere Kreuzband betreffend, geschenkt werden. Viele Forschungsstudien haben von gewissen Trainingsmethoden berichtet, welche die Inzidenz der Verletzungen stark reduzieren können. (5) (6) (7) (8) (9) Die meisten davon beinhalten Plyometrie, Aufbautraining und Stretching. Eines dieser Methoden ist das von Mandelbaum im Jahre 2005 zusammengestellte „Prevent Injury and Enhance Performance (PEP) Program“ (10). Hierbei geht es um eine richtige Ausführung aller Bewegungen durch korrekte Körperhaltung und

koordinierten und gestärkten Muskelgruppen, welche die Bewegungen stabilisieren und kontrollieren. Die am wichtigsten zu kontrollierende Bewegung stellt der „Dynamische Knie Valgus“ (Dynamic Knee Valgus, DVK) (11) dar, welcher unkontrolliert zu Verletzungen, vor allem des vorher genannten vorderen Kreuzbandes, führt. Um dies zu verhindern soll dieses PEP-Programm als präventives Aufwärmtraining zur neuromuskulären Kontrolle dienen. Das Programm dauert nur 15-20 Minuten, braucht fast keine Hilfsmittel und soll am Anfang eines jeden Trainings durchgeführt werden, um den maximalen Effekt zu erhalten. Da die meisten Studien nur die Verletzungsrate (12) (13) nach Einsatz dieses Programmes erforschen und kaum jemand die strukturelle und neuromuskuläre Veränderung gemessen hat, ist dies ein noch besser zu erforschender Bereich der Prävention.

So war das Ziel dieser Studie, die Veränderung der Kniestabilität anhand des Dynamischen Knie Valgus bei jungen Fußballerinnen nach dem Einsatz des PEP-Programms für 8 Wochen auszuwerten und mit den Werten zu vergleichen, welche aus derselben Studie, jedoch bei Jungs durchgeführt, von Daniel Gennaccaro hervorgegangen sind.

1 DAS KNIEGELENK

1.1 Anatomie

1.1.1 Knochen und Biomechanik

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk im Körper, wobei es aus 3 Gelenken besteht: dem Femoropatellargelenk zwischen Femur (Oberschenkelknochen) und Patella (Kniescheibe) und dem zweiteiligen Femorotibialgelenk zwischen Femur und Tibia (Schienbein), welches in mediales und laterales Femorotibialgelenk eingeteilt wird (dementsprechend zwischen den lateralen

und medialen Kondylen von Femur und Tibia). (14) Alle diese sind umschlossen von einer einzigen gemeinsamen Gelenkscapsel. Die Fibula (Wadenbein) ist nicht Teil des Kniegelenkes, sondern bildet mit der Tibia ein eigenes Gelenk, das Tibiofibulargelenk. Das Knie hat die Funktion eines Drehscharniergelenks (Drehwinkelgelenk). Dies bedeutet, dass es hauptsächlich die Beugung und Streckung zulässt, jedoch dazu in Beugung noch eine leichte Rotationskomponente aufweist. In der Streckung ist dies physiologisch nicht möglich. Die Bewegung der Beugung erfolgt durch eine Kombination aus einer Roll- und Gleitbewegung des Femurs auf der Tibia. Die Rollbewegung erzeugt eine Beugung und eine Streckung, während die Gleitbewegung den Nutzen hat, die Kondylen des Femurs zentral über den tibialen Kondylen zu fixieren, damit eine maximale knöchige und gewichttragende Unterstützung für den Femur in allen Kniepositionen gewährt ist. In die volle Streckung gehend, geht der Oberschenkelknochen in eine leichte Innenrotation in Bezug auf das Schienbein. Dies geschieht aufgrund der anatomischen Struktur der Kondylen des Femurs, da der laterale Kondylus kleiner ist als der mediale Kondylus. Daher kommt es, dass der laterale Kondylus die Rollbewegung vor dem Medialen abschließt. Diese resultierende kleinere Rotation braucht es, um das Knie in der vollen Extension zu verriegeln und somit die stabilste Position zu sichern. Zum entriegeln und somit die Beugung einzuleiten, braucht es eine leichte Außenrotation des Femurs auf der Tibia. Bei der Beugung gleitet die Kniescheibe vertikal innerhalb der Furche des distalen Femurs (15). Zu erwähnen ist, dass die Patella kein skelettaler Knochen an sich ist, sondern ein Sesambein. Dies bedeutet, dass sie in eine Sehne eingelagert ist, in diesem Fall in die des Musculus Quadriceps, und als Nutzen den Schutz vor Reibung der Sehne auf den Knochen hat und den Kraftaufwand des Muskels verringert. Das Ausmaß der Beweglichkeit des Kniegelenkes liegt laut Anatomiebücher bei 120-150° Beugung, 5-10° Hyperextension, 30-40° Außenrotation und 10° Innenrotation. Diese können jedoch individuell stark abweichen und hängen von vielen Faktoren ab. Das weibliche Geschlecht tendiert zu höheren Werten, da die passiven Strukturen oft zu Hypermobilität

tendieren. Jedoch hängt die Stabilität nicht nur von den passiven Strukturen ab, da wir zum stabilisieren des Kniegelenkes zwei große Systeme mit jeweiligen Untergruppen unterscheiden können: Die passive Stabilität und die aktive Stabilität (16).

1.1.2 Passive Stabilität

Zu der passiven Stabilität zählt die zentrale Gruppe mit dem Vorderen Kreuzband (ACL - anterior cruciate ligament) und dem hinteren Kreuzband (PCL – posterior cruciate ligament), die periphere Gruppe mit dem lateralen Kollateralband (LCL – lateral collateral ligament) und dem medialen Kollateralband (MCL – medial collateral ligament) und die Menisken mit dem medialen Meniskus (MM – medial meniscus) und dem lateralen Meniskus (LM – lateral meniscus). Bei dem peripheren Bandapparat sind noch einige Strukturen zu erwähnen, auf welche hier jedoch nicht vertieft eingegangen wird. Dazu gehören das Ligamentum patellae, Retinaculum patellae longitudinale mediale und laterale, Retinaculum patellae transversale mediale und laterale, Lig. Obliquum und Arcuatum und mitunter die Binnenbänder. Alle diese Bänder dienen zur Stabilität des Kniegelenkes, vor allem in der Extension. Außerhalb der Gelenkkapsel haben wir die periphere Gruppe, welche an den Seiten des Knies zu finden sind. Das LCL ist an der Außenseite und verläuft vom lateralen Epikondylus des Femurs zum Köpfchen der Fibula. Dieses verhindert das Nachaußenklappen des Knies. Das MCL verläuft vom medialen Epikondylus des Femurs zur medialen Tibia. Die Funktion dieses Bandes ist das Verhindern des Nachinnenklappen des Knies. Im Verlauf ist dieses fest mit der Kapsel und dem medialen Meniskus verbunden, was bei Verletzungen wichtig zu wissen ist. In der vollen Streckung des Knies sind beide Kollateralbänder gespannt und stabilisieren das Knie und schützen es vor seitlichen und rotatorischen Bewegungen des Femurs und der Tibia. Zwischen den artikulierenden Oberflächen von Femur und Tibia finden wir die Menisken. Beide haben die Form eines Cs und sind an der Innenseite dünn und werden nach außen hin immer dicker. Sie setzen beide an deren Kondylus der Tibia an, haben aber

keine direkte Verbindung mit dem Femur. Während sich beide Menisken bei Kniebewegungen frei bewegen können, zeigt der mediale Meniskus weniger Bewegungsausmaß, weil es wie bereits erwähnt mit dem Außenrand eine Verbindung zur Kapsel und dem medialen Kollateralband hat. Die Menisken dienen als Polsterung zwischen den Knochen um die Lücke zwischen den runden Femurkondylen und den flachen Tibiakondylen zu füllen. Da einige Bereiche der Menisken keine arterielle Versorgung haben, heilen sie nach einer Verletzung nur sehr schlecht. Die zentrale Gruppe, das ACL und PCL, befindet sich intrakapsulär im Gelenkzwischenraum. Diese sind distal in der interkondylären Anhöhe der Tibia verankert, dem rauen Gebiet zwischen den Kondylen der Tibia. Den Namen bekommen die Bänder von der vorderen oder hinteren Verankerung in diesem Gebiet der Tibia. Beide verlaufen diagonal hoch zur Innenseite eines Femurkondylen. Den Namen haben sie bekommen, da sie sich im Verlauf kreuzen. Das hintere Kreuzband ist das stärkere Band von den beiden und sichert das Knie in der Beugung und bei Gewichtsbelastung, vor allem beim Abwärtsgehen. In dieser Position verhindert dieses, dass der Femur auf der Tibia nach vorne gleitet. Das vordere Kreuzband besteht aus 2 Bündel: dem anteromedialen (AM) und posterolateralen (PL) Bündel. Sie unterscheiden sich in der Breite, wobei das anteromediale breiter ist, und in der biomechanischen Funktion. Das anteromediale Bündel wird in 90° Beugung straffgezogen und das posterolaterale Bündel strafft sich bei Annäherung der vollen Streckung. Die Funktion des AM Bündels ist hauptsächlich das Verhindern der anterioren Translation (Gleiten) der Tibia in Bezug auf den Femur, wobei das PL Bündel mehr für die Kontrolle der rotatorischen Stabilität verantwortlich ist (14).

1.1.3 Aktive Stabilität

Die passiven Strukturen dienen dem Zusammenhalt und flüssigem Bewegen des Kniegelenkes, wobei die aktive Stabilität innerhalb der Grenzen des Bewegungsausmaßes von der neuromuskulären Kontrolle kommt (16). Den muskulären Anteil kann man einteilen in Kraft, Leistung und Widerstand. Den neurologischen Aspekt wiederum in Koordination, Wahrnehmung und

muskulären Kontrolle. Dies geht vom zentralen Nervensystem aus und kann, so wie die Muskulatur, trainiert werden. Das Knie ist umgeben von vielen Muskeln, wobei viele davon Einfluss auf zwei Gelenke haben. Wichtige Muskeln zu kennen, welche dementsprechend auch Probleme machen können, sind die folgenden: Musculus Quadriceps (Hüftbeuger/Kniestrecker), M. Tensor Fascia lata (spannt die Fascia lata), M. Biceps femoris (Kniebeuger/Hüftstrecker und Außenrotator des Knies) und M. Popliteus (Kniebeuger und -innenrotator und wichtiger Stabilisator des Knies). Auch die Hüftabduktoren und die Ischiocrurale Muskeln können Stabilitätsveränderungen hervorrufen (15). Das aktive System ist für einen physiologischen Bewegungsablauf zuständig und muss dementsprechend richtig geschult und trainiert werden. Eine dynamisch-koordinierte und kontrollierte Bewegung ist beim Sport Voraussetzung für ein risikofreieres Ausführen der Aktivität. Beispielsweise führt eine alleinige Kontraktion des Quadrizeps zu einer anterioren Translation der Tibia und würde somit Stress auf das ACL ausüben (17). Hierzu hat Li et al (1999) herausgefunden, dass eine zusätzliche dosierte Aktivierung der Ischiocruralen Muskulatur das Knie in der Beugung stabilisiert, jedoch ist noch nicht genau erforscht wie viel Auswirkung dies in der Streckung hat (18). Dies ist jedoch wichtig zu beachten, wenn man ein Trainingsprogramm zusammenstellt, da die Stabilität des Knies größtenteils auch von der Stabilität des Rumpfes (19), des Beckens, der Hüfte und des Sprunggelenkes abhängt (20). Dies trifft wiederum umso mehr auf das weibliche Geschlecht zu.

1.2 Dynamischer Knie Valgus

Unter dem Dynamischen Knie Valgus (DKV) versteht man die anzutreffende Bewegung des Knies bei belastungsreichen Aktivitäten (11). Obwohl dieses Bewegungsschema an sich physiologischer Natur ist und kinematisch gesehen eine Ausweichbewegung darstellt, kommt es durch eine Überbelastung in dieses Bewegungsschema hinein zu einer Knieinstabilität und folglich zu Verletzungsgefahren (21). Dies kann bis zum „Valgus Kollaps“

führen, welcher für zahlreiche kontaktlose und durch Kontakt verursachte Verletzungen im Fußball verantwortlich ist (22). Diese exzessive Bewegung der unteren Extremität beteiligt mehrere Gelenke und Ebenen der Gelenkskinematik. Dazu gehört eine Hüftadduktion und Innenrotation, eine Knievalgusstellung und eine Außenrotation des Knies, welche in Abbildung 1 dargestellt wird (23). Dies bringt einen übermäßigen Stress vor allem auf das Knie. Laut der Studie von Pantano et al in 2005 (24) ist das Verhältnis zwischen der Beckenbreite und der Femurlänge viel größer bei Mädchen mit hohem Q-Winkel und hat signifikanten Einfluss auf den Dynamischen Knie Valgus. Zudem ergab sich, dass der statische Knie Valgus keine Aussage über den DKV gibt. Das kommt davon, dass eine gute neuromuskuläre Kontrolle den DKV verhindern kann, weshalb dafür ein gezieltes Training gemacht werden sollte (25). Der „Valgus Kollaps“ ist wie bereits erwähnt Grund für viele Verletzungen vor allem des vorderen Kreuzbandes, wobei dies meistens beim Landen vom Kopfballsprung oder bei Richtungswechseln passiert (26). Durch den DKV wird laut der Studie von Tamura et al in 2017 (27) das Gewicht hauptsächlich vom Knie abgefangen und hat somit viel mehr Belastung, als wenn das Knie in einer Neutral- oder Varusposition beim Landen ist, da die Belastung mehr mit der Hüfte absorbiert werden kann. Ford et al (28) hat 2003 dies auch bei jungen Basketballerinnen getestet und einen signifikanten Unterschied zum männlichen Geschlecht und zum dominanten und nicht dominanten Bein gefunden. Der DKV war bei Mädchen viel höher, wobei dieser auf der nichtdominanten Seite stärker war. Daraus kann man teilweise auch das 2-8fach erhöhte ACL-Verletzungsrisiko beim Fußball schließen (29). Somit ist es sehr wichtig die Athleten über dieses motorische Pattern zu informieren und ihnen klar zu machen, dass es ein hohes Maß an Konzentration, Kontrolle, Koordination und Kraft braucht, um das Knie stabil in allen Ebenen sichern zu können (30).

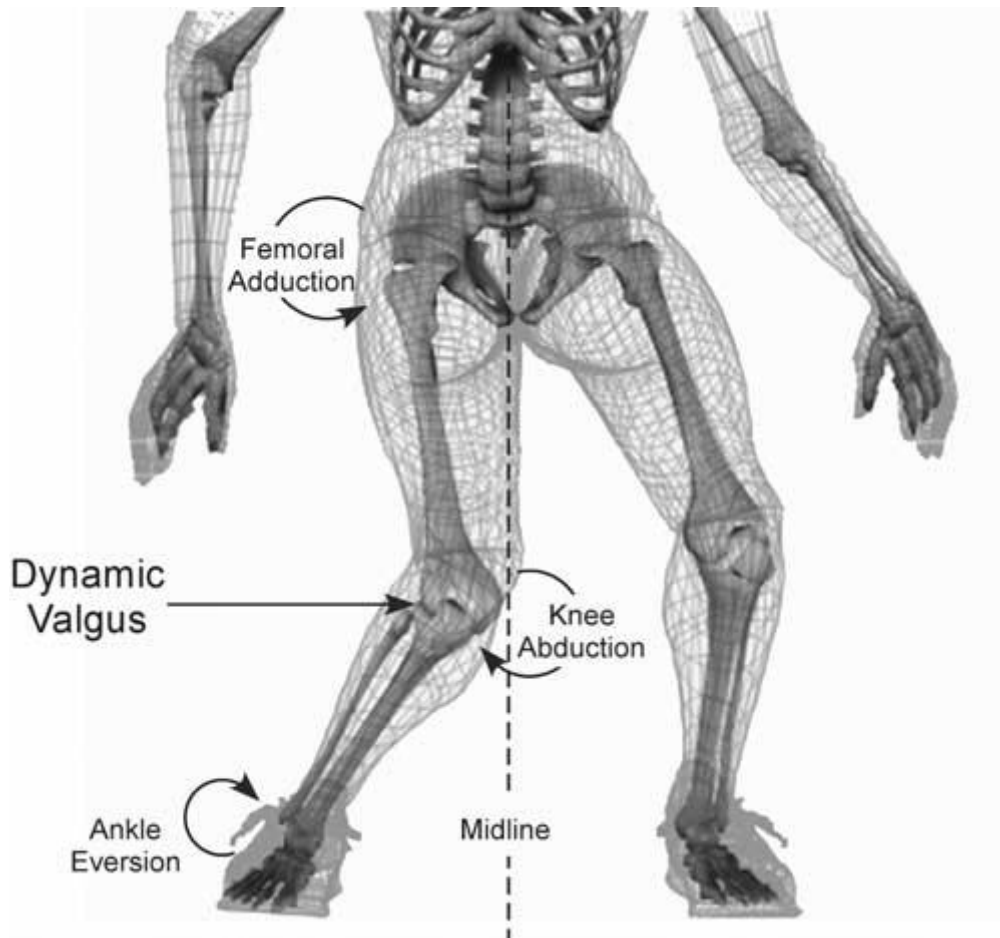


Abbildung 1 – Bewegungsmuster des dynamischen Knie Valgus

1.3 Geschlechtsunterschiede

Allgemein ist beim Unterschied vom männlichen Geschlecht zum weiblichem Geschlecht zu sagen, dass die Knochen dichter und größer bei Männern sind. Diese Knochenmasse kann bis zu 50% höher sein. Dieselbe Statistik findet man auch bei den Typ-2 Muskelfasern, dessen Anteil bis zu 50% mehr in den Muskeln vorkommen kann. Dies bedeutet, dass Frauen mehr auf Koordination gebaut sind, wobei sie jedoch trotzdem bis zu 90% der Geschwindigkeit der Männer erreichen können (4). Der wichtigste und bedeutendste Unterschied liegt aber im Bandapparat (31). Mit Ausnahme der Bänder in der Geschlechtsorganregion, welche sehr stark und elastisch sind, sind die Bänder bei Frauen dünner und weicher. Zugrunde liegt eine hormonell bedingte Veränderung der Bandstruktur. Dies hat zwar den Nutzen

die Beckenknochenerweiterung zu erleichtern, nimmt jedoch die Bänder des ganzen Körpers in Mitleidenschaft. Hiervon kommt die Laxität, welche wiederum die Gelenksinstabilität erzeugt. Inwiefern später dann die einzelnen Phasen des menstrualen Zyklus Einfluss auf die Laxität haben kann ist beim Menschen noch nicht erforscht, jedoch hat man bei Studien an Mäusen und Ratten eine strukturelle Veränderung des vorderen Kreuzbandes bei erhöhten Östrogenwerten gefunden, wobei das Kreuzband elastischer und die Reißfestigkeit niedriger war (32). Daraus kommt die Hypothese, dass erhöhte Hormonwerte ein Risikofaktor für Verletzungen, vor allem des ACLs, darstellt (33). Einen anatomischen Unterschied und einen weiteren Risikofaktor für Kreuzbandrupturen stellt die interkondyläre Kerbe dar, welche beim weiblichen Geschlecht kleiner und schmaler ist. Zudem ist ein breiterer lateraler Femurkondylus ein weiterer Risikofaktor für Verletzungen, da das Knie in Bewegung mehr in den Dynamischen Knievalgus gedrückt wird und wiederum den besagten Stress auf das ACL bringt (34) (35). Der größte Unterschied, welcher laut Studien der Hauptrisikofaktor für Knieverletzungen ist, liegt im anatomischen Aufbau von Becken und Oberschenkel und damit der skelettalen Ausrichtung (36). Durch das breitere Becken, der vermehrten Anteversion des Femurs, dem größeren physiologischen Valgus und dem allgemein kürzeren Femur haben wir einen größeren Q-Winkel, welcher den Winkel aus den sich überkreuzenden Linie von der Mitte der Patella zur Spina iliaca anterior superior und der Mitte der Patella zur Tuberositas tibiae bildet. Dieser Winkel kann bei Frauen physiologisch 3-6% größer sein als bei Männern, weshalb das Eigengewicht, erst recht mit einem erhöhtem BMI, das Knie in diese gefährliche vermehrte Valgusposition bringen kann, wenn das neuromuskuläre System dies nicht kompensiert (37). In die Beugung gehend müssen die verschiedenen Muskelgruppen koordiniert zusammenarbeiten, um das Knie zu stabilisieren, weshalb Mädchen und Frauen umso mehr beim Ausführen von verletzungsgefährdenden Bewegungen im Fußball auf eine korrekte Kniestellung achten müssen und spezifisch die jeweiligen Muskelgruppen und deren Koordination bei den Bewegungen trainieren sollten (38). Alle

Studien, welche den Unterschied der kinematischen Ausführung von Bewegungen zwischen den Geschlechtern erforscht und ausgewertet haben, lassen einen klaren Unterschied erkennen (39). Hierbei ist neben dem Unterschied der Kraft (40) auch ein Unterschied des Bewegungsablaufes des Landens nach einem Sprung und die Richtungswechsel im Lauf deutlich zu erkennen, wobei teilweise komplett andere Bewegungsmuster zu erkennen waren mit Einbezug von Becken und Rumpf (41). Durch die veränderten physiologischen Eigenschaften der Bänder (42), vor allem des vorderen Kreuzbandes durch die hormonelle Einwirkung, und den daraus resultierenden biomechanischen Unterschieden ist das weibliche Geschlecht ohne richtiges Training verletzungsgefährdet prädisponiert.

2 Verletzungen im Fußball

2.1 Allgemeines

Fußball ist durch die schnellen Bewegungswechsel und Sprints und durch Kontakt mit den Gegenspielern bei Zweikämpfen und Zusammenstößen ein unfallrisikoreicher Sport (43). Allgemeine harmlose Verletzungen beinhalten Prellungen und Platz- und Schürfwunden. Muskelzerrungen und -faserrisse sind häufiger, wobei diese meist am Anfang oder am Ende des Trainings oder des Spieles auftreten, da die Muskulatur noch nicht eingewärmt oder schon erschöpft ist (44) (45). Die obere Extremität ist eher bei jüngeren Spielern in Gefahr, da sie beim Sturz oft Knochenbrüche oder Schulterluxationen erleiden (46). Kollisionen können vor allem im Gesichtsbereich zu Brüchen führen oder gar Augenprellungen hervorrufen. An der unteren Extremität wird häufig das Sprunggelenk in Mitleidenschaft gezogen, da es beim Schießen überlastet werden kann, es aber auch oft beim Umknicken durch Supinationstrauma zu Bänderrissen kommt. Durch die Sprints kann auch die Achillessehne überlastet werden. Die am gefährdendste Struktur ist jedoch das Knie, welches am häufigsten betroffen ist. Vor allem treten oft Kreuzbandverletzungen mit oder ohne Beteiligung

des Innenmeniskus und des medialen Kollateralbandes (unhappy triad), Kollateralbänderrupturen, Distorsionen, Knochenprellungen oder Patellaluxationen auf. Dies liegt daran, dass das Knie zwar in Extension gut für die Gewichtabnahme gebaut ist, jedoch schlecht gesichert ist, wenn es zu Hyperextension, Drehungen und seitlichen Stößen von medial oder lateral kommt (47) (48).

Spieler unter 14 Jahren haben im Vergleich zu denen über 14 bis ins Erwachsenenalter mehr Frakturen, weniger Zerrungen und Distorsionen und generell mehr Betroffenheit der oberen Extremität. Sie zeigen außerdem durch skelettale und koordinative Unreife zusammen mit wachstumsbeeinflussten Veränderungen spezifische Verletzungscharakteristika (46). Ab 14 Jahren ähneln die Verletzungen immer mehr denen der Erwachsenen, vor allem ab 17 Jahren, wobei die Inzidenz und die Verletzungstypen beider Geschlechter mit denen der Erwachsenen korrelieren. Die allgemeine Verletzungsgefahr für Fußballer mit 13-19 Jahren liegt zwischen 2 und 7 Verletzungen pro 1000 Fußballstunden (3). Zu unterscheiden gibt es jedoch noch jene des Trainings und des Spieles. Yard et al hat 2008 in seiner Studie (49) herausgefunden, dass es im Training nämlich nur zu 1-5 Verletzungen alle 1000 Stunden bei beiden Geschlechtern kommt, wobei es hier mehr um kontaktlose Verletzungen durch Laufen und Bewegungswechsel handelt. Im Spiel wiederum kommt es zu 15-20 Verletzungen pro 1000 Stunden, meist durch Kollisionen und Grätschen bei beiden Geschlechtern. Diese Werte sind von Spielern über 15 Jahre, wobei keine relevanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern bei der Verletzungsinzidenz gefunden wurde. Ob schlussendlich öfter eine Verletzung durch Kontakt oder ohne Kontakt vorkommt ist daher unklar, weil es in vielen Studien zusammengefasst fast auf ein gleiches Vorkommen trifft. Sicher ist laut Yard jedoch, dass Kontaktverletzungen öfter im Spiel vorkommen und jene ohne Kontakt mehrfach im Training. Bei den Verletzungen ohne Kontakt ist die am häufigsten vorkommende Situation jene, in der, vor allem bei Mädchen, bei einer Abbremsung eine hohes internes Extensionsdrehschema zusammen mit einer dynamischen

Valgusrotation eintritt, wobei das Körpergewicht auf das betroffene Bein gebracht wird und die Fußsohle flach auf dem Terrain fixiert ist: dem bereits erklärten „Valgus Kollaps“ (50) (51).

2.2 Risikofaktoren für den Dynamischen Knie Valgus

Für die kontaktlosen Verletzungen können mehrere Risikofaktoren identifiziert werden, welche laut Studien eine potenzielle Beeinflussung haben könnten (52). Dazu gehören trockenes Wetter, Oberflächenunterschiede wie Gras, Erde oder Kunstrasen (53), die jedoch laut neusten Studien nur wenig Einfluss auf die Häufigkeit der Verletzungen haben, ein hoher BMI, allgemeine Laxität der Gelenke, ein hoher Q-Winkel, hormonelle Dysbalancen, muskuläre Dysbalancen (Ischiocrurale Muskulatur schwächer als Quadrizeps) und verminderte neuromuskuläre Kontrolle, schwache Rumpfstabilität, Erschöpfung und Fitnesslevel und allgemeine Haltungsveränderungen, wodurch die Hüfte mehr in Adduktion und Innenrotation geht und die Tibia in Extrarotation mit oder ohne Fußpronation (54). Auf alle diese Faktoren sollte Rücksicht genommen werden, um die Verletzungsgefahr zu evaluieren und somit ein sicheres Ausführen des Sportes zu gewährleisten. Viele davon kann man modifizieren, wie zum Beispiel die neuromuskuläre Kontrolle, Muskelkraft und -balancen, Ausdauer und Fitnesslevel. Durch die neuromuskuläre Kontrolle jedoch verbessern sich automatisch die anderen Bereiche mit, weshalb umfassende Aufwärmprogramme überall eingeführt werden sollen (55). Durch das mechanische Verständnis der Bewegungen und den dazugehörigen Risikofaktoren können Verletzungen vorgebeugt werden (56).

3 PEP-Programm

3.1 Erläuterung

Das PEP-Programm (Prevent injury and Enhance Performance) ist ein hochspezifisches Aufwärmprogramm, welches alternativ zum normalen Aufwärmtraining eingesetzt wird. Erarbeitet wurde es von einem Team bestehend aus Ärzten, Physiotherapeuten und Sporttrainern als Santa Monica ACL Prevention Project, welches von Mandelbaum in der Santa Monica Sports Medicine Research Foundation verwirklicht wurde und zählt, wie zahlreiche andere Programme auch, zu den neuromuskulären Aufwärmstrategien (57). Das Hauptaugenmerk ist dabei das im Namen beschriebene Vermeiden von Verletzungen und ein spezifisches Aufbautraining für eine bessere Leistung, da es auf spezielle Problematiken eingeht, welche in vorhergegangenen Studien erfasst wurden (58) (59). Diese erwiesen außerdem, dass zusätzliche neuromuskuläre und propriozeptive Übungen im Trainingsprotokoll das erhöhte Verletzungsrisiko des weiblichen Geschlechtes 2- bis 4-fach vermindern kann, weshalb dieses Projekt überhaupt erst in die Wege geleitet wurde.

3.2 Ziele und Schwerpunkt

Das Hauptziel dieses verletzungsvermeidenden Programmes ist die Erarbeitung von weniger verletzungsgefährdenden Bewegungsabläufen. In diesem Sinne wäre es sogar einfacher und besser schon so früh wie möglich mit diesem anzufangen, damit die Mädchen noch nicht ihr grundlegendes Bewegungspattern angenommen haben (60). Deshalb sollte schon zu Anfang, beim Einsteigen in den organisierten Fußballsport, mit diesem Programm angefangen werden, damit genau diese statische und dynamische neuromuskuläre Kontrolle vor allem mit Kraft, Koordination und Wahrnehmung verbessert wird. Da dieses Aufwärmtraining nur 15-20 Minuten lang dauert und kaum Hilfsmittel braucht, ist es sowohl für jeden

machbar als auch praktisch und kann sogar den ganz jungen Mädchen gefallen.

Einzelne Unterziele der jeweiligen Übungen sind unter anderem das Verbessern von Beweglichkeit, Kraft und Propriozeption (Wahrnehmung) durch Wendigkeit. Zudem involviert dieses Programm auch plyometrische Übungen (Schnellkrafttraining), welche mit einer sauberen Ausführung zu einer automatisierten Bewegung in sportspezifischen Situationen führen soll (61). Viele dieser Übungen sind schon Teil des Standardtrainings in vielen Mannschaften, jedoch braucht dieses Training ein großes Maß an Aufmerksamkeit von Seiten des Trainers als auch der Spieler. Der Trainer muss auf die korrekte Ausführung und Technik jeder Übung hinweisen, um die Kraft und Koordination der stabilisierenden Muskeln im Bereich des Kniegelenkes zu sichern. Dies kann als Beispiel das gerade Hochspringen sein, wobei keine Seitbewegung und keine Ausweichbewegung des Knie- und Hüftgelenkes auftreten soll, damit eine gute muskulär-stabilisierende Kontrolle durch ein weiches Landen erreicht wird. Studien haben erwiesen, dass durch den gesetzten Schwerpunkt auf eine gute biomechanische Technik und Kontrolle im Stehen, Laufen, Wenden, Springen und Landen, schwere Verletzungen, Überbelastungsverletzungen und allgemeine Verletzungen stark reduziert werden können (7) (9).

3.2 Evidenzbasierte Studien

Im Jahre 2005 hat Mandelbaum et al mit dem PEP-Programm eine nichtrandomisierte Studie bei einer großen Gruppe von weiblichen Fußballern durchgeführt. Es wurden 2 Gruppen gebildet, wobei im ersten Jahr der Studie die Probegruppe mit 1041 Athletinnen und eine Kontrollgruppe mit 1905 Athletinnen vertreten waren. Im zweiten Jahr der Studie lagen die Zahlen bei zusätzlich 844 Spielern in der Interventionsgruppe und bei 1913 Spielern in der Kontrollgruppe. Innerhalb der 12 Wochen der Saison wurde bei der Interventionsgruppe ein informierendes Video mit den richtigen Sprung- und Landetechniken gezeigt und dann das Programm eingeführt, welches das normale

Aufwärmprogramm ersetzte. Dies dauerte jeweils 20 Minuten wurde 2-3 Mal die Woche durchgeführt. Im ersten Jahr resultierten 2 ACL Verletzungen in der Interventionsgruppe (0.05 pro 1000 Athleten) und 32 in der Kontrollgruppe (0.47 pro 1000 Athleten). Dies ist eine Verminderung der allgemeinen ACL-Verletzungsrate von 88% ($P=0.0003$). Im zweiten Jahr waren 4 ACL-Verletzungen in der Interventionsgruppe (0.13 pro 1000 Athleten) und 35 in der Kontrollgruppe (0.51 pro 1000 Athleten) zu beobachten. Dies resultiert in einer Verminderung der ACL-Verletzungen von 74% in der Interventionsgruppe ($P=0.005$). Zu sagen ist jedoch, dass sowohl Verletzungen mit Kontakt als auch jene ohne Kontakt gezählt wurden (10). Im Jahre 2008 führte dieselbe Forschergruppe diese Studie bei Frauen in der 1. Liga durch. In dieser Studie kam es zwar zu keinen statistisch signifikanten Ergebnissen, jedoch kam man zur Hypothese, dass das Programm einige Zeit braucht, um einen Effekt erkennen zu lassen (13). Cristina Rodriguez et al kam 2018 zum Ergebnis, dass eine Verbesserung von Kraft und Muskelbalance des Quadrizeps und der Ischiocruralen Muskulatur die ACL-Verletzungsrate senkt, da diese die Funktion der motorischen Kontrolle und Stabilisierung des Kniegelenkes haben (12). Basiert war dies auf der Studie von Boham et al 2014, welche der Instabilität des Knies durch ein Ungleichgewicht dieser beiden Muskelgruppen nachging (62).

3.4 Aufbau und Ausführung

Das Programm besteht aus fünf Teilen: Aufwärmen, Dehnen, Kräftigen, Plyometrie und sportspezifischer Wendigkeit. All diese dienen dem potenziellen Defizit der stabilisierenden Muskulatur im Kniegelenksbereich. Es sollte 2-3-mal die Woche ausgeführt werden, wobei das Programm selbst 15-20 Minuten lang dauert. Beim ersten Mal kann es durch das erklären und wechseln etwas länger dauern. Für einen flüssigen Wechsel sollte das Feld danach immer 10 Minuten vorher hergerichtet werden. Die Zeitangabe neben

jeder Übung ist als Richtlinie zu sehen, um das Training effizient durchführen zu können (63).

1 Aufwärmen

Dies dient zur Aufwärmung und Aktivierung der Muskulatur, welche das Verletzungsrisiko stark senkt.

a. Jogging (30 Sekunden)

Hier geht es um eine langsame Vorbereitung auf das Training. Zu achten ist auf eine gute Lauftechnik mit einer senkrechten Ausrichtung von Hüfte, Knie und Sprunggelenk durch die gesamte Bewegung hindurch.

b. Seitliches Laufen (30 Sek.)

Beansprucht wird hierbei mehr die inneren und äußeren Hüftmuskulatur und zudem wird Geschwindigkeit gefördert. Zu vermeiden ist ein nach innen klappendes Kniegelenk.

c. Rückwärtslaufen (30 Sek.)

Vorderen und hinteren Hüftmuskulatur werden zunehmend miteinbezogen. Zu beachten ist eine kontrollierte leichte Knieflexion beim Aufsetzen des Fußes.

2 Kräftigen

Hierbei geht es um eine Kräftigung der unteren Extremität, welches sich dann direkt in der Kniestabilität widerspiegelt. Es muss daher ein gutes Auge auf die Durchführung geworfen werden, um Verletzungen zu vermeiden.

a. Gehende Ausfallschritte (1 Minute)

Kräftigende Übung für die vordere Oberschenkelmuskulatur, wobei das Knie senkrecht über dem Sprunggelenk beim Auftreten in der Beugung sein soll. Es soll keine Ausweichbewegung des Kniegelenkes erfolgen.

b. Russian Hamstrings (30 Sek. pro Partner = 1 Min.)

Zu zweit geht einer in die Knie und wird vom anderen an den Sprunggelenken festgehalten und soll mit den Händen am Becken nach vorne abbremsend in Richtung Knieliegestütze gehen. Angezielt werden die hinteren Oberschenkelmuskeln, wobei eine gerade Linie zwischen Schulter, Hüfte und Knie gehalten werden soll.

- c. Einseitig in den Zehenspitzenstand drücken (30 Sek./Seite = 1 Min.)
Hier geht es um Kräftigung der Unterschenkelmuskulatur und eine Verbesserung des Gleichgewichtes.

3 Plyometrie

Diese Übungen dienen dem Aufbau von Kraft, Stärke und Geschwindigkeit. Am allerwichtigsten zu beachten ist hierbei das Landen, wobei das Gewicht weich durch den Fußballen und dann langsam zur Ferse angenommen werden soll, immer mit leicht angewinkelter Hüfte und Knie.

- a. Seitsprünge über Kegel (30 Sek.)
Der Kegel liegt in der Startposition zwischen den Füßen, dann springt man nach rechts und fängt den Sprung mit dem rechten Bein ab, gefolgt von einem Sprung nach links, wo wiederum mit dem linken Bein abgefangen wird.
Verbesserung der Kraft und Betonung auf neuromuskuläre Kontrolle.
- b. Vor-/Rückwärtssprünge über Kegel (15 Sek./Position = 30 Sek.)
Dies wird gleich wie die vordere Übung ausgeführt, es ändert sich nur die Ausrichtung des Sprunges. Die Höhe des Sprunges ist dabei nicht wichtig, es soll jedoch auf die Qualität des Landes geachtet werden.
Verbesserung der Kraft und Betonung auf neuromuskuläre Kontrolle.
- c. Einbeinige Sprünge über Kegel (15 Sek./Bein = 30 Sek.)
Hier wird mit einem Bein das Vor- und Rückwärtsspringen ausgeführt, wobei man nach jedem Sprung nach vorne und wieder zurück das Bein wechseln sollte.
Verbesserung der Kraft und Betonung auf neuromuskuläre Kontrolle.
- d. Vertikale Sprünge mit Kopfball (30 Sek.)
Vom Stand aus, mit den Armen nach hinten, wird eine Sprung mit beiden Beinen ausgeführt, mit oder ohne Ball.

Verbesserung des vertikalen Sprunges, wobei stark auf die Landetechnik aufgepasst werden muss, vor allem auf die Knieposition.

e. Scherensprung (30 Sek.)

Hierbei geht man in einen Ausfallschritt und drückt sich mit dem vorderen Bein in einem Sprung nach oben und zieht das andere Bein an sich heran, welches dann nach vorne in den Ausfallschritt gebracht wird und den nächsten Sprung ausführt.

Verbesserung von Kraft und Stärke des vertikalen Sprunges, wobei das Knie stabil und vertikal über dem Sprunggelenk sein sollte ohne Ausweichung.

4 Wendigkeit

a. Vorwärtslauf mit einer 3-Schritt-Entschleunigung (1 Min.)

Gestartet wird von dem 1. Kegel mit einem Sprint zum 2. Kegel, wo man mit 3 Schritten komplett abbremsen muss.

Dies verbessert die dynamische Stabilität des Hüft-, Knie, Sprunggelenkbündels, wobei sowohl beim Beschleunigen als auch beim Entschleunigen wieder auf die vertikale Ausrichtung aller Gelenke geachtet wird.

b. Seitliches Laufen in Diagonalen (1 Min.)

Immer nach vorne schauend läuft man seitlich zum 1. Kegel, dort macht man einen Richtungswechsel diagonal zum nächsten Kegel.

Dies fördert eine korrekte Technik und Stabilisation von Hüfte und Knie. Zudem geht es direkt in die gefährliche Position des Knies für eine ACL-Ruptur ein, weshalb hier besonders kontrolliert werden muss.

c. Laufen mit hohen Knien (1 Min.)

Die Knie sollten dabei so hoch wie möglich zur Brust gebracht werden. Dies stärkt Hüftbeugung und Schnelligkeit.

5 Dehnen

Es ist wichtig das Dehnen erst nach einer kurzen Aufwärmphase zu machen, da man keinen kalten Muskel dehnen sollte. Beim Dehnen geht es um das Erhalten und Verbessern des Bewegungsausmaßes, Gelenksteifigkeit zu reduzieren, Muskelkater nach den Übungen vorzubeugen, das Verletzungsrisiko zu mindern und die allgemeine Beweglichkeit und Leistung zu verbessern. Diesen Teil kann man auch erst am Ende des ganzen Trainings machen, wobei dann jedoch kurz davor 5-10 Minuten nochmal kurz Einwärmen sollte mit einem schnellen Gehen. Beim Dehnen konzentriert man sich auf den Muskel der zu verlängern sein soll, wobei man bis zu einem Punkt geht, wo man ein Dehnen oder eine Verspannung spürt und hält diese Position für 30 Sekunden. Die Atmung soll ganz normal sein.

a. Wade (30 Sek./Bein = 1 Min.)

Ein Bein wird im Stehen ungefähr eine Fußlänge nach vorne gebracht, das Knie leicht gebeugt und das Becken und Hüfte nach vorne gebeugt bis man mit den Händen den Boden berührt, wo eine V-Form angestrebt werden sollte. Das hintere Bein ist im Knie gestreckt die gesamte Fußsohle berührt den Boden.

b. Quadriceps (30 Sek./Bein = 1 Min.)

Hierbei wird das Knie Richtung Gesäß gebeugt und mit den Händen vorne am Sprunggelenk angezogen. Die Hüfte sollte dabei nicht gebeugt werden.

c. 4er Figur Ischiocrurale Muskulatur (30 Sek./Bein = 1 Min.)

Am Boden sitzend wird ein Bein ausgestreckt und das andere abgewinkelt mit der Fußsohle am Kniegelenk des ausgestreckten Beines angesetzt. Jetzt geht man mit der Brust in Richtung gestrecktes Bein und mit dem gleichseitigen Arm soll man versuchen die Zehen anzuziehen.

d. Innerer Oberschenkel (30 Sek./Bein = 1 Min.)

Im Sitz werden die Beine gestreckt in gleichem Abstand zur Mitte gespreizt. Mit einem geraden Rücken jetzt in die Mitte absinkend greift man mit dem rechten Arm zum rechten Fuß und bringt den linken Arm

über den Kopf nach rechts beugend. Auf der anderen Seite seitenverkehrt wiederholen.

e. Hüftbeuger (30 Sek./Bein = 1 Min.)

Man geht hierbei weit genug in einen Ausfallschritt, wobei das hintere Knie den Boden berühren soll. Dann lehnt man sich mit den Hüften nach vorne mit geradem Rücken in einer Senkrechten. Wenn möglich kann man auch, das Gleichgewicht haltend, das Sprunggelenk des hinteren Beines Richtung Gesäß ziehen.

4 Materiale und Methoden

4.1 Studie und Stichprobe

Es wurde eine teilrandomisierte kontrollierte klinische Studie durchgeführt mit anfänglichen Messungen zum Zeitpunkt T1 (25.02.2019) und abschließenden Messungen zum Zeitpunkt T2 acht Wochen später (19.04.2019).

Für diese Studie wurden in Südtirol zwei weibliche Fußballmannschaften gesucht, wobei eine davon bereit war das PEP-Programm in das Training miteinzubeziehen. Beide Mannschaften sollten Spieler mit 14-15 Jahre haben und einen Trainer, welcher möglichst die ganzen acht Wochen die Mannschaft trainiert, da dieser über die Übungen und Korrekturen aufgeklärt wird und dies dann bei den Spielerinnen korrigieren muss. Anfang Februar wurden einige Mannschaften kontaktiert und wenig darauf meldeten sich FcObermais und FcSüdtirol, welche im selben Spielkreis sind, mit der Zusage an der Studie teilzunehmen. FcObermais wurde daraufhin in die Interventionsgruppe eingeteilt und FcSüdtirol in die Kontrollgruppe. Beiden Trainern der Mannschaften wurde ein Formular ausgehändigt, welches von den Eltern der Athleten ausgefüllt werden sollte vor Beginn der Studie. Dies war die Einverständniserklärung und die Respektierung der Privacy der gesammelten Daten. Anfänglich waren beim FcObermais nur 8 Spieler, beim

FcSüdtirol hingegen 16 Spieler, die für Messungen von T1 anwesend waren. Die Auswertung zum Zeitpunkt T2 erfolgte in der Interventionsgruppe bei allen zuvor gemessenen Spielern, bei der Kontrollgruppe hingegen kam es zu einigen Ausfällen, welche zu einer Endzahl von 8 Spielern führte, welche schlussendlich die Messungen zu beiden Zeitpunkten durchgeführt haben. Es wurden nur die Auswertungen jener Spieler in die Studie miteinbezogen, die das Programm die ganzen acht Wochen durchgeführt haben und die Anfangs- und Endmessungen evaluiert bekommen haben.

4.2 Procedere

Die Trainer der Mannschaften, welche für diese Studie ausgewählt wurden, wurden einige Wochen vor Trainingsbeginn über die jeweilige Studie und deren Aufbau informiert und mit einem Formular ausgestattet, welches den Spielern ausgeteilt und unterschrieben wieder zurückgebracht werden sollte. Dieses hatte als Inhalt die Zusammenfassung dieser Studie und den damit verbundenen Datenschutz zum Schutz der Privacy. Dies sollte von den Eltern unterschrieben werden, da die Mädchen noch minderjährig sind. Zum Zeitpunkt T1, also des ersten Treffens, wurde die Interventionsgruppe gebeten eine halbe Stunde früher zu kommen, um das Programm kurz zu erklären und den Trainer und die Spieler in einer Zusammenfassung über allgemeine Problematiken und Bewegungen zu informieren, welche in dieser Studie im theoretischen Bereich auch bereits erläutert wurden. Nach der theoretischen Einführung wurde ein klassisches Aufwärmtraining ausgeführt, damit darauffolgend die Messungen erfolgen konnten. Dies lag dem Gedanken zugrunde, weder bei einem kalten Zustand der Muskulatur noch bei einem bereits erschöpften Zustand zu messen, da das PEP-Programm die ersten Male anstrengend sein kann, erst recht nach einer langen Winterpause. Um somit einem möglichen Bias durch verminderter Aufmerksamkeit oder fehlender muskulären Aktivierung zu vermeiden, wurde das PEP-Programm erst nach diesen zwei Schritten ausgeführt. Bei dieser ersten Durchführung des Programmes wurde vor und nach jeder Übung kurz nochmal erklärt, wofür diese ist und wie sie korrekt ausschauen soll. Der

Trainer wurde instruiert eventuelle Fehler fortan während den Übungen direkt zu korrigieren. Dies wurde acht Wochen lang 2-3 Mal pro Woche vom Trainer durchgezogen, bis am Ende des Studienzeitraumes bei T2 die abschließende Messung, nach der Bewältigung des PEP-Programmes für diesen letzten Tag, erfolgte. Bei der Kontrollgruppe wurden sowohl bei T1 als auch bei T2 nach einer kurzen Aufwärmphase die jeweiligen Messungen durchgeführt.

4.3 Messinstrumente

In dieser Studie geht es um die Messung und Auswertung der Knieinstabilität aufgrund des Dynamic Knee Valgus, weshalb als Messinstrumente einerseits der Y-Balance-Test (64) der unteren Extremität als quantitative Bewertung und ein videoanalysierter Sprungtest als qualitative Bewertung benutzt wurden.

Der Y-Balance-Test (YBT) (65) ist ein dynamisch proaktiver Gleichgewichts- und Stabilisationstest, welcher zwar die Reichweite und somit nur das Gleichgewicht misst, jedoch durch seine Durchführung sehr viel über die Stabilität des Knies aussagt. So kann man hier nämlich sowohl einen Dynamischen Knie Valgus erkennen, also eine verminderte neuromuskuläre Kontrolle, als auch eine verminderte Kraft und Muskelkoordination, welche sich dann in einem schlechteren Gleichgewicht äußert. So wurde mit diesem Test zwar an sich nur die Reichweite gemessen, welche Raum für gewisse Kompensationsstrategien lassen (wie den DKV), jedoch wurde objektiv auch die qualitative Ausführung jeder Athletin notiert. Der Test wurde nach der KINGS-Studie ausgeführt, mit einem Aufbau wie in Abbildung 2. Gezeigt wird. Die Durchführung musste mit beiden Beinen in jede der 3 Richtungen erfolgen, wobei nach den 3 Übungsversuchen die 3 Wertungsversuche durchgeführt wurden und daraus dann der Mittelwert jeder Richtung als Resultat genommen wurde. Die Durchführung ist ganz einfach, muss jedoch korrekt erfolgen, um gewertet werden zu können. Die Testperson startet mit einem Bein als Standbein und stellt sich damit ohne Schuhe auf das Zentralelement mit den Zehenspitzen direkt hinter der Startlinie. Dann wird

das Schiebeelement so weit wie möglich zuerst nach anterior, dann nach posteromedial und posterolateral geschoben. Der Versuch zählt nicht und muss wiederholt werden, wenn das Standbein versetzt wird, das Spielbein den Boden berührt oder nicht wieder in die Ausgangsposition kommt, das Schiebeelement angestoßen wird oder als Stütze benutzt wird. Als Ergebnis wird die maximale Reichweite jedes Beines in jede Richtung, die Normierung auf die Beinlänge (= Differenz) und der linke und rechte relative Gesamtwert (relative Differenz) ausgerechnet.

Die Videoanalyse wurde bei jeder Athletin direkt im Anschluss auf den Y-Balance-Test durchgeführt. Hierbei wurde das Landen nach einem vertikalen Sprung mit jeweils einem Bein instruiert und als Video festgehalten. Dabei wurde hauptsächlich auf die Knieposition am tiefsten Punkt der Landephase in der Kniebeugeposition geschaut und der Winkel zwischen Unterschenkel und Oberschenkel ausgewertet. Die qualitative Ausführung wurde allgemein beobachtet (Oberkörperposition/ Hüftstellung etc.), jedoch wurde nur die visuelle Knieinstabilität in Richtung Dynamischen Knie Valgus bewertet und mit einem Plus-Zeichen notiert. Diese bedeuten: + = leichte Instabilität; ++ = mittlere Instabilität; +++ = sehr instabil. Bei einer Abweichung in Richtung Varus des Knies wurde dies mit denselben jeweiligen Bedeutungen mit einem Minus-Zeichen ausgedrückt.

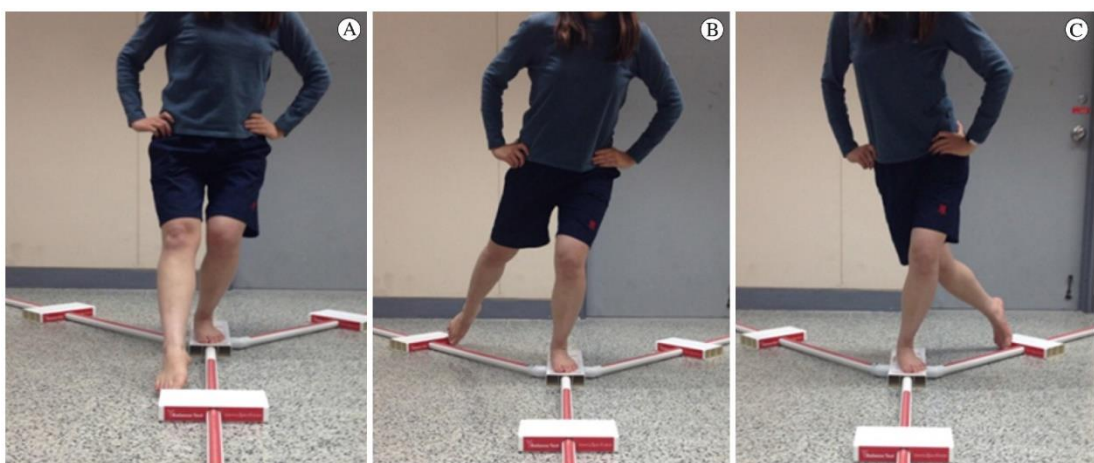


Abbildung 2 – Y-Balance-Test: A) anterior B) posterolateral C) posteromedial

4.4 Statistische Analyse

Für die statistische Analyse wurden die absoluten Verteilungen und die prozentuellen Werte der Subjekte für jede Variabel innerhalb des Studienfeldes berechnet, im Ganzen und im Bezug auf die zwei Gruppen (Intervention und Kontrolle). Für die quantitativen Variablen wurden die allgemeinen Indikatoren des Mittelpunktes und der Variabilität berechnet. Bezüglich der Parameter, welche für diese Studie interessant sind, wurde eine Bewertung der Unterschiede der zwei Gruppen (Intervention und Kontrolle) zum Zeitpunkt T1 mit dem T-Test durchgeführt für die unabhängigen Stichproben. Dies wurde nach vorherigem Überprüfen der Normalität der Verteilung der für die Analyse miteinbezogenen Variablen errechnet.

Die Vergleichsanalyse der beobachteten Daten am Anfang und am Ende der Studie wurden durch den T-Test für gepaarte Daten erarbeitet.

Als statistisch Signifikant wurde ein p-Wert kleiner als 0,05 betrachtet (bidirektionaler Test). Alle Analysen wurden mit der statistischen Software IBM SPSS (Vers. 18.0) ausgewertet.

Für die Videoanalyse wurden mit Paint.NET (Vers 4.2.5) die zu analysierenden Daten hervorgehoben und erarbeitet. Da dies qualitative Daten sind wurden sie zwar in einer Tabelle hervorgehoben, jedoch nicht als Signifikant angesehen und dienen lediglich als womöglich interessante Zusatzergebnisse.

5 Resultate

5.1 Ergebnisse dieser Studie

Die Messungen am Anfang und am Ende wurden sowohl bei der Interventionsgruppe als auch bei der Kontrollgruppe durchgeführt. Bei der Interventionsgruppe waren es 8 Athleten, welche die gesamten 8 Wochen das Programm durchführten und alle Messungen gemacht haben. Bei der Kontrollgruppe waren es anfänglich 16 Athleten, jedoch durch Ausfälle wegen Verletzungen und Krankheit konnten schlussendlich nur 8 Athleten ausgewertet und somit in diese Studie miteinbezogen werden. Ausgewertet wurden somit die Werte, welche aus dem Y-Balance-Test hervorgekommen sind und die qualitativen Resultate der Videoanalyse. Aus logistischen Gründen wurden den verschiedenen Variablen Abkürzungen gegeben, welche folgende Bedeutung haben:

- Dx = Rechts; Sx = Links
- Standarddev. = Standarddeviation/-abweichung
- A = Anterior; L = Lateral; M = Medial
- Relat. Differenz = Relative Differenz
- „+“ = Verbessert; „0“ = Stabil geblieben; „-“ = Verschlechtert
- T1 = Zeitpunkt der 1. Messung; T2 = Zeitpunkt der 2. Messung
- N = Anzahl der Teilnehmer
- IG = Interventionsgruppe; KG = Kontrollgruppe

In der Tabelle 1 befindet sich ein Überblick der gesammelten Daten und somit eine Zusammenfassung der somit zu analysierenden Werte. Diese sind zu T1 als auch zu T2 beschrieben und somit gibt diese Tabelle einen kurzen allgemeinen Vergleich der Einzelwerte. Man erkennt zudem, dass die Mannschaften homogen sind, sowohl in der Größe als auch in den Reichweiten. Außerdem zeigt sich sehr evident, dass die Werte für den Anterioren Teil des Testes allgemein tiefer sind als beiden anderen.

In Tabelle 2 sind diese Daten in den jeweils aussagekräftigeren Endwerten in Bezug auf die Beinlänge wiedergebracht. Die Differenz ist dabei das Einzelresultat dividiert durch die Beinlänge, welches als Prozentwert angegeben wird. Ein Wert über 100 % würde somit bedeuten, dass die Reichweite größer war als die Beinlänge des Beines, welches den Test durchführt. Die statistische Signifikanz mit einem p-Wert unter 0,05 ist mit einem orangeausgefüllten Kästchen gekennzeichnet. Hier wird deutlich evident, dass sich die Interventionsgruppe im Durchschnitt sehr verbessert hat im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dabei hat sich vor allem die relative Differenz deutlich gesteigert, welche durch die Addition der einzelnen 3 Richtungen und der anschließenden durch 3 Mal der Beinlänge dividiert wird und als Prozentsatz angegeben wird. Dies gibt somit die komplexe Reichweite des Beines an und gibt Ausschluss über die Stabilität des Standbeines, welche diese Exkursion ermöglicht.

Interventionsgruppe	Mittelwert (%)		Kontrollgruppe	Mittelwert (%)
Differenz_A_dx_T1	68,83		Differenz_A_dx_T1	64,27
Differenz_A_dx_T2	80,89		Differenz_A_dx_T2	66,52
Differenz_L_dx_T1	87,71		Differenz_L_dx_T1	82,67
Differenz_L_dx_T2	95,82		Differenz_L_dx_T2	90,02
Differenz_M_dx_T1	80,86		Differenz_M_dx_T1	79,82
Differenz_M_dx_T2	88,24		Differenz_M_dx_T2	84,36
relative_Differenz_dx_T1	79,14		relative_Differenz_dx_T1	75,58
relative_Differenz_dx_T2	88,32		relative_Differenz_dx_T2	80,30
Differenz_A_sx_T1	70,30		Differenz_A_sx_T1	67,16
Differenz_A_sx_T2	79,37		Differenz_A_sx_T2	67,78
Differenz_L_sx_T1	85,93		Differenz_L_sx_T1	86,15
Differenz_L_sx_T2	93,87		Differenz_L_sx_T2	87,32
Differenz_M_sx_T1	78,95		Differenz_M_sx_T1	80,56
Differenz_M_sx_T2	90,03		Differenz_M_sx_T2	84,31
relative_Differenz_sx_T1	78,39		relative_Differenz_sx_T1	77,96
relative_Differenz_sx_T2	87,76		relative_Differenz_sx_T2	79,81

Tabelle 1 – Zusammenfassung der Veränderung der Reichweite, normiert auf die Beinlänge

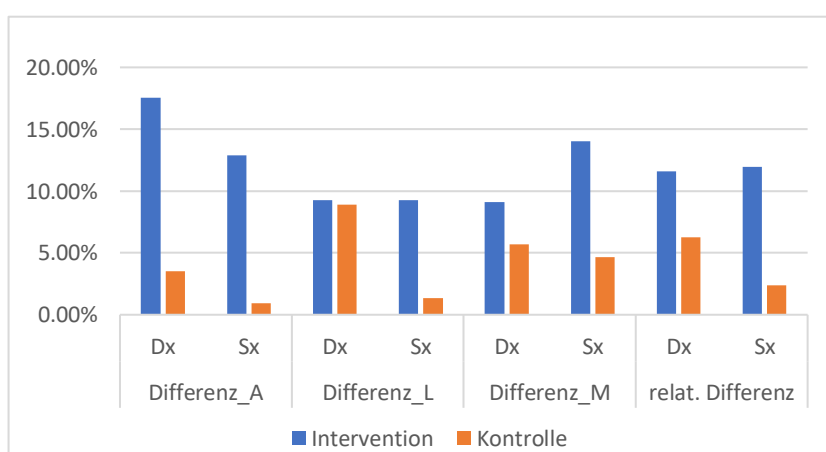
Gruppe	T1	Anterior dx	Lateral dx	Medial dx	Anterior sx	Lateral sx	Medial sx	Beinlänge dx	Beinlänge sx
Intervention	N	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mittelwert	60,00	76,25	70,25	61,19	74,75	68,56	87,00	86,75
	Median	56,75	75,75	70,00	59,50	73,75	68,50	85,50	85,75
	Minimum	47,50	60,00	59,50	45,50	60,00	52,00	83,00	81,50
	Maximum	80,00	92,50	83,00	81,00	97,00	85,00	96,00	95,00
	Standarddev.	11,39	9,09	7,39	11,45	11,70	9,21	4,61	4,53
Kontrolle	N	8	8	8	8	8	8	8	8
	Media	55,50	71,38	67,94	57,67	73,60	70,13	85,06	85,47
	Mediana	54,75	71,00	68,25	57,50	72,00	71,00	84,75	84,75
	Minimo	43,00	57,00	49,50	48,50	55,00	55,00	76,00	77,00
	Massimo	65,00	87,00	82,50	68,00	86,00	88,00	91,50	91,00
	Standarddev.	5,91	8,54	9,31	4,89	8,13	8,31	4,04	4,03
Gruppe	T2	Anterior dx	Lateral dx	Medial dx	Anterior sx	Lateral sx	Medial sx	Beinlänge dx	Beinlänge sx
Intervention	N	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mittelwert	70,56	83,56	76,94	69,06	81,69	78,25	87,38	87,13
	Median	68,75	82,25	77,00	66,00	78,75	80,25	85,75	86,00
	Minimum	60,00	80,50	73,00	57,50	74,50	70,50	83,00	82,00
	Maximum	82,00	93,00	81,50	84,50	99,00	84,50	97,00	96,00
	Standarddev.	8,94	4,14	2,47	10,49	7,86	5,92	4,76	4,66
Kontrolle	N	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mittelwert	56,31	76,19	71,38	57,69	75,81	72,31	84,75	85,13
	Median	54,50	77,00	71,25	57,00	73,00	71,75	84,75	84,50
	Minimum	51,50	64,00	66,50	55,00	63,50	57,50	76,50	77,50
	Maximum	64,50	86,50	79,50	63,00	93,00	83,00	92,00	92,00
	Standarddev.	4,37	7,87	4,64	2,79	8,77	8,13	5,25	4,98

Tabelle 2 - Zusammenfassung der Einzelwerte zu T1 und T2

Tabelle 3 und die dazugehörige Graphik 1 zeigt die prozentuelle Veränderung der normierten Differenzen zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe nach dem Beenden der Dauer der Studie. Zu beobachten ist dabei der starke Unterschied beider Gruppen in der allgemeinen Verbesserung, aber auch der Unterschied der Beine innerhalb der Kontrollgruppe, wobei die relative Differenz beim rechten Bein deutlich höher ausgefallen ist als beim linken Bein. Bei der Interventionsgruppe ist innerhalb der einzelnen Differenzen eine größere Variabilität, jedoch ist die relative Differenz beider Beine sehr ähnlich.

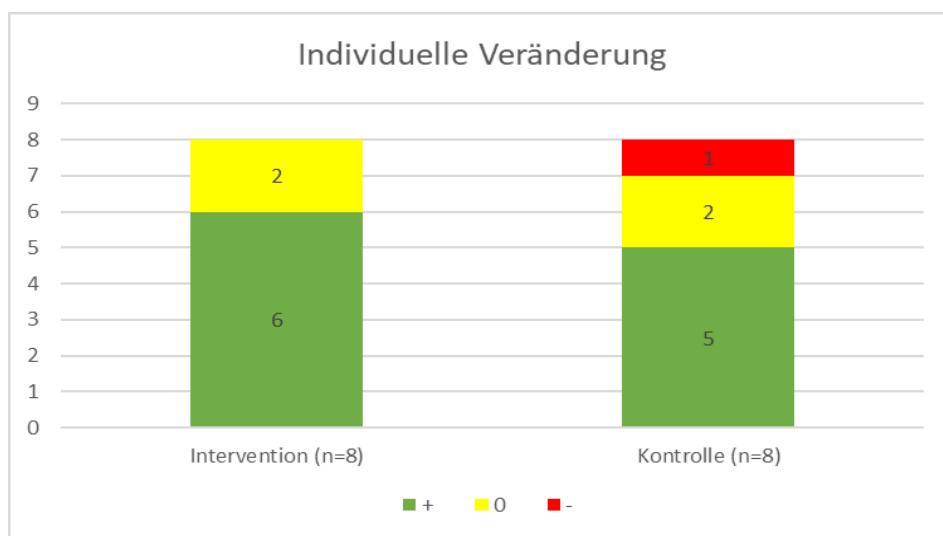
		Intervention	Kontrolle
Differenz_A	Dx	17,52%	3,51%
	Sx	12,91%	0,92%
Differenz_L	Dx	9,25%	8,90%
	Sx	9,24%	1,36%
Differenz_M	Dx	9,12%	5,69%
	Sx	14,03%	4,65%
relat. Differenz	Dx	11,60%	6,24%
	Sx	11,95%	2,37%

Tabelle 3 – Prozentuelle Verbesserung nach T2 beider Gruppen



Graphik 1 – Bildliche Darstellung der komplexen Verbesserung

Die individuelle Veränderung der Athleten ist bei fast allen positiv ausgefallen, wobei sie sich in einem recht großen Intervall der relativen Veränderung befinden, welches von -7% bis +36% reicht. In Graphik 2 sieht man, welche Anzahl von Athleten sich verbessert haben, in Grün mit einem „+“ gekennzeichnet ($>+1\%$), wie viele stabil geblieben sind, in Gelb mit einer „0“ gekennzeichnet (zwischen -1% und $+1\%$) und wie viele sich verschlechtert haben, mit einem „-“ gekennzeichnet ($<-1\%$).



Graphik 2 – Veränderung der zusammengefassten Endresultate

Resultierend ist die Verbesserung der Interventionsgruppe mit $+12,73\%$ um einiges höher als jene der Kontrollgruppe, welche sich um $+4,77\%$ verbessert hat. Dies lässt sich auf die bessere Stabilisierung des Standbeines zurückführen, weshalb diese Studie durchgeführt worden ist.

Schlussendlich kamen mit der Videoanalyse folgende Beobachtungen zur Geltung, welche in der Tabelle 4 wiedergebracht sind. Alle grün markierten Felder haben sich zum Zeitpunkt T2 verbessert, wobei Null optimal wäre. Alle rot markierten Felder bedeuten, dass eine Verschlechterung in Bezug auf T1 stattfand. Bei der Interventionsgruppe ergaben sich 10 Verbesserungen,

davon verbesserte sich die Stabilität beider Beine von 3 Athleten und jeweils nur ein Bein von 4 Athleten. Zudem ergab sich die Verschlechterung eines Beines einer Athletin, die anderen 5 Werte blieben gleich. Bei der Kontrollgruppe hingegen kam es zur Verbesserung von 6 Werten und Verschlechterung von 4 Werten, die anderen 6 Werte blieben konstant. Bei jeder Veränderung, ob positiv oder negativ, kam es zu einem Sprung in die jeweils nächstgelegene Kategorie (++ -> +; kein ++ -> 0), mit Ausnahme von einem Wert, der als konstant angesehen wurde, da er sich von – auf + verändert hat, welche in diesem Moment als äquivalent angesehen werden.

Athlet (IG)		1	2	3	4	5	6	7	8
Instabilität_T1	Dx	++	-	0	-	--	+	+	-
	Sx	+	+	+	-	-	++	++	++
Instabilität_T2	Dx	+	-	0	--	-	0	+	0
	Sx	+	0	0	-	0	+	+	+
Athlet (KG)		1	2	3	4	5	6	7	8
Instabilität_T1	Dx	-	0	0	-	0	++	0	+
	Sx	-	+	+	-	0	+	0	-
Instabilität_T2	Dx	0	0	+	--	0	+	+	0
	Sx	+	+	0	-	+	0	0	0

Tabelle 4 – Veränderung der Kniestabilität beim einbeinigen Sprungtest

Die Resultate sind so zu interpretieren, dass die Werte des linken Beines im YBT die Kniestabilität des rechten Beines beschreiben und umgekehrt. Bei der Videoanalyse in Tabelle 4 ist das jeweilig beschriftete Bein beschrieben.

5.2 Vergleich der Ergebnisse mit Partner-Studie bei Jungs

Die Partnerstudie von Daniel Gennaccaro wurde für denselben Zeitraum ausgeführt und erforschte auf gleiche Weise die Kniestabilität bei gleichaltrigen Jungs. Die Ergebnisse fielen im Allgemeinen zwar kleiner aus als bei den Mädchen, jedoch mit einem deutlichen Unterschied innerhalb der Gruppen.

In der Tabelle 5 sind die Ergebnisse wiedergebracht, welche aus der Zusammenstellung der einzelnen Werte resultieren und, aufgeteilt auf beide Beine, die Veränderung nach T2 in Bezug auf T1 erfassen. Die resultierenden Werte sind prozentuell angegeben und beziehen sich auf eine Verbesserung, wenn diese positiv sind und eine Verschlechterung, wenn diese negativ sind. Ein Wert gleich null bedeutet, dass die Reichweite und somit die dynamische Stabilität in diesem Test gleichgeblieben ist.

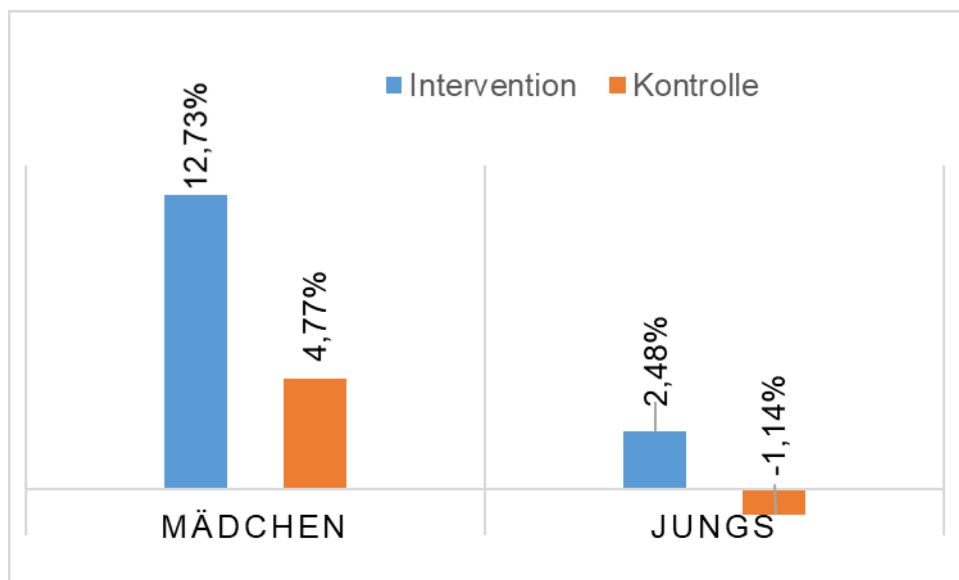
		Intervention	Kontrolle
Differenz_A	Dx	2,87%	-0,65%
	Sx	3,44%	-0,74%
Differenz_L	Dx	1,16%	-0,31%
	Sx	1,67%	-2,70%
Differenz_M	Dx	2,01%	-1,45%
	Sx	2,40%	-0,34%
relat. Differenz	Dx	2,01%	-0,81%
	Sx	2,45%	-1,32%

Tabelle 5 – Prozentuelle Veränderung nach T2 beider Gruppen bei Jungs

Man erkennt sofort, dass die Interventionsgruppe sich um Durchschnitt über 2% gesteigert hat, wobei die Kontrollgruppe sich sogar verschlechtert hat mit einem Durchschnitt von -1%. Zudem sieht man, dass allgemein bei der Interventionsgruppe das linke Bein im Vergleich zum rechten Bein bessere Werte aufweist.

Zusammenfassung der Resultate:

In Graphik 3 ist eine Übersicht des Endresultats dargestellt mit Vergleich zwischen Gruppen und Geschlechtern. Zu erkennen ist dabei ein großer Unterschied in Ergebnissen, welches schon hypothetisiert wurde. Diese Werte kamen als zusammenfassender Mittelwert der allgemeinen Veränderung jedes Athleten zustande und erfassen durch die Differenz beider Gruppen die Effektivität des Interventionsprogrammes. So ist dies bei den Mädchen eine Differenz von 7,98% und bei den Jungs von 3,62%.



Graphik 3 – Vergleich der Ergebnisse beider Geschlechter

6 Folgerung

6.1 Diskussion

Am Ende der 8 Wochen kam es quantitativ zu einer eindeutigen Verbesserung der Interventionsgruppe allgemein und auch in reduzierterem Maße eine Verbesserung der Kontrollgruppe. Dies wurde aufgrund der Lernfähigkeit und der verbesserten allgemeinen neuromuskulären Kontrolle am Ende der Saison vorausgesehen. Die Verbesserungsdifferenz von 7,98% der beiden Gruppen, wie in Graphik 3 evident wird, scheint sehr hoch zu sein, jedoch kann dies aufgrund der großen Streubreite und unterschiedlichen Wirkung des Aufwärmprogrammes auf ein Individuum erklärt werden. Dies wird bei kleinen Stichprobengruppen erst recht evident. So kam es zum Beispiel bei der Interventionsgruppe zu einer allgemeinen Verbesserung der Kniekontrolle einer Athletin von +36%. Eine Athletin in der Kontrollgruppe ist um -10% schlechter beim Test geworden, was aufgrund eines schlechten Trainingsprogrammes oder durch hormonelle Veränderung zustande kommen kann. Würde man diese beiden Extreme beider Gruppen entfernen, sodass nur mehr die Werte von den restlichen 7 Athleten pro Mannschaft übrig wären, käme es zu einem ähnlichen Endwert (+8,7% IG und +7,47% KG).

Dies aufseiten gelegt sieht man bei den Mädchen ganz klar, dass die Stabilität des Standbeines stark zugenommen hat. Dies trifft bei der Interventionsgruppe auf beide Beine zu, bei der Kontrollgruppe vor allem auf das linke Bein als Standbein (die Werte sind jene des Spielbeines und erläutern somit die Stabilität des Standbeines), wie es in Tabelle 3 erläutert ist. Aber nicht nur die in Tabelle 2 beschriebenen Mittelwerte des quantitativen Testes haben sich eindeutig verbessert, sondern auch die qualitativen Werte der dynamischen Kniestabilität beim einbeinigen Landen haben sich im Allgemeinen verbessert. Die in Tabelle 4 beschriebenen Daten zeigen in der Interventionsgruppe eine „Besser-Stabil-Schlechter“ Veränderungsratio von „10-5-1“ und in der Kontrollgruppe von „6-6-4“, was nicht als statistisch signifikant angesehen werden kann, aber eine

interessante Aussage liefern. So hatten die Mannschaften der Jungs zwar bessere Ausgangswerte, jedoch dadurch weniger Veränderung und es gibt mehr stabile Endwerte als Verbesserungen. Bei den quantitativen YBT-Ergebnissen der Jungs kam es zu einer kleinen Verbesserung der Interventionsgruppe und sogar zu einer Verschlechterung der Kontrollgruppe. Dafür kann die Art des Trainings mit wenig neuromuskulären Übungen und unspezifischen Methoden schuld sein und unterstützt somit die Hypothese des Effektes des PEP-Programmes auf die dynamische Stabilität des Knies und der verbesserten neuromuskulären Kontrolle auch bei Jungs. Eindeutiger natürlich und somit absolut empfehlenswert mit einzubauen ist dieses Aufwärmprogramm aber bei Mädchen, wo sich zwar schon nur durch den zeitlichen Effekt eine Verbesserung erkennen ließ, dieses jedoch auf individueller Ebene große Vorteile haben kann. Die Beobachtung während des YBT des Knies in einen möglichen dynamischen Knie Valgus war objektiv gesehen im Vergleich von 2. Messung zur 1. Messung viel besser und auch die Athleten äußerten eine höhere Sicherheit und gefühlte Stabilität beim Ausführen der Tests.

6.2 Limitationen

Diese Studie weist leider einige Einschränkungen auf, die größte davon ist die kleine Nummer der Probanden. So auch der Unterschied der Spieleranzahl hinsichtlich der Partner-Studie, wobei mit jeweils 14 Spielern pro Team ein fast doppelte Anzahl erreicht wurde. Die Aussagen sind somit zwar aussagekräftig, jedoch mit kritischen Augen zu erfassen. Da jedoch fast alle Studien, welche das PEP-Programm erforscht haben, rein auf ACL-Verletzungen und auf quantitativen Veränderungen des Vorkommens von Verletzungen ausgelegt sind, ist diese Studie ein Blickpunktwechsel und kann interessante Daten auf individueller Ebene hervorbringen. Mit mehreren Mannschaften und mehreren Hilfspersonen hätte man eine randomisierte Studie machen können und somit noch aussagekräftigere Daten hervorbringen können. Eine andere Limitierung ist die Tatsache, dass die

Trainingseinheiten nicht verfolgt werden konnten und der Trainer die volle Verantwortung und mein volles Vertrauen der richtigen Ausführung und Korrektur hatte. Dieser Zeitraum der acht Wochen ist auch recht wenig, da sich viele Veränderungen erst später zeigen. Die Spielsaison dieser Mannschaften war jedoch so kurz, dass dies nicht länger durchzuführen ging. Da keine Risikofaktoren evident erkannt wurden und die Mannschaften sehr homogen erschienen, könnte dies dennoch ein Bias sein, welcher statistische Veränderungen hervorbringen könnte.

6.3 Zukünftige Anregungen

Durch die Ergebnisse dieser kleinen Studie sind interessante Anregungen für zukünftige Studien herausgekommen und könnten dementsprechend vertieft noch erforscht werden. Hierbei wäre es einerseits sehr interessant ein Aufwärmprogramm schon vor Saisonbeginn anzufangen und somit zu sehen, ob sich die Vermutung belegt, dass diese Preventionsprogramme einige Zeit brauchen, um Effekte zu zeigen. Zudem wäre es von großem Nutzen und Bedeutung zu erforschen, ob so ein Aufwärmprogramm schon vor der Pubertät sinnvoll und nützlich ist, da eine bessere motorische Kontrolle gefördert würde und schlechte Bewegungsschemata vermieden würden. Der Effekt sollte auch vergleichsweise in den verschiedenen Altersgruppen erarbeitet werden und angepasst durchgeführt werden. Hierfür sei eine genauere Vertiefung in die Anatomie und Biomechanik wichtig und der Einfluss von verschiedenen Risikofaktoren, welche in dieser Studie erwähnt wurden, jedoch nicht miteinbezogen werden konnten. Die Fußdominanz und der Einfluss dessen auf die Veränderung der Stabilität und Kraft wäre auch noch interessant genauer zu erarbeiten.

LITERATURVERZEICHNIS

1. **FIFA.** FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. [Online] <https://www.fifa.com/media/news/y=2007/m=5/news=fifa-big-count-2006-270-million-people-active-football-529882.html>.
2. **Krustrup P, Dvorak J, Junge A, Bangsbo J.** *Executive summary: The health and fitness benefits of regular participation in small-sided football games.* 2010. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01106.x.
3. **Faude O, Rößler R, Junge A.** *Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention?* s.l. : Sports Med, 2013. 43:819-837.
4. **Yu B, McClure SB, Onate JA, Guskiewicz KM, Kirkendall DT, Garrett WE.** *Age and gender effects on lower extremity kinematics of youth soccer players in a stop-jump task.* s.l. : Am J Sports Med, 2005. 33:1356-1364.
5. **Noyes FR, Barber-Westin SD, Tutalo Smith ST, Campbell T.** *A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players.* s.l. : J Strength Condit Res, 2013. 27:340-51.
6. **LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, et al.** *Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public schools: Cluster randomized controlled trial.* s.l. : Arch Pediatr Adolesc Med, 2011. 165:1033-40.
7. **Heidt RS Jr, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX.** *Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning.* s.l. : Am J Sports Med, 2000. 28:659-62.
8. **Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D.** *The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review.* s.l. : BMC Medicine, 2012. ISSN: 1741-7015.
9. **Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR.** *The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: A prospective study.* s.l. : Am J Sports Med, 1992. 27:699-706.

10. **Mandelbaum BR, Silver HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr.** *Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up.* s.l. : Am J Sports Med, 2005. 33:1003-10.
11. **S, Bartold.** Bartold Clinical. [Online] Mai 2018.
<https://www.bartoldclinical.com/articles/dynamic-knee-valgus-is-it-real>.
12. **Rodriguez C, Echegoyen S, Aoyama T.** *The effect of "Prevent injury and Enhance Performance" in a female soccer team.* s.l. : The journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2018. 58:659-63.
13. **Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, Watanabe DS, Dick RW, Dvorak J.** *A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players.* s.l. : Am J Sports Med, 2008. doi:
10.1177/0363546508318188.
14. **Prometheus.** *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.* s.l. : Thieme, 2014.
15. **Betts JG, Desaix P, Johnson E, Korol O, et al.** *Anatomy & Physiology.* s.l. : Rice University, 2013. 1-938168-13-5.
16. **Hoffman J, Gabel P.** *Expanding Panjabi's stability model to express movement: a theoretical model.* s.l. : Med Hypotheses, 2013. 80:692-7.
17. **DeMorat G, Weinhold P, Blackburn T, Chudik S, Garrett WE.** *Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury.* s.l. : Am J Sports Med, 2004. 32:477-483.
18. **Li G, Rudy TW, Sakane M, Kanamori A, Ma CB, Woo SL.** *The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL.* s.l. : J Biomech, 1999. 32:395-400.
19. **Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldber B, Cholewicki J.** *Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study.* s.l. : Am J Sports Med, 2007. 35:1123-1130.

20. **Blackburn JT, Padua DA.** *Influence of trunk flexion on hip and knee joint kinematics during a controlled drop landing.* s.l. : Clin Biomech, 2008. 23:313-319.
21. **Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Bleakley CM.** *Rethinking Dynamic Knee Valgus and Its Relation to Knee Injury: Normal Movement Requiring Control, Not Avoidance.* s.l. : Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 2019. doi: 10.2519/jospt.2019.0606.
22. **Withrow TJ, Huston IJ, Wojtys EM, Ashton-Miller JA.** s.l. : Clin Biomech, 2006The effect of an impulsive knee valgus moment on in vitro relative ACL strain during simulated jump landing. 21:977-983.
23. **Munro A, Herrington L, Comfort P.** *Comparison of landing knee valgus angle between female basketball and football athletes: possible implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury rates.* s.l. : Phys Ther Sport, 2012. 13:259-64.
24. **Pantano KJ, White SC, Gilchrist LA, Leddy J.** *Differences in peak knee valgus angles between individuals with high and low Q-angles during a single limb squat.* s.l. : Clinic Biomech, 2005. 20:966-972.
25. **Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J.** *The drop-jump screening test difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes.* s.l. : Am J Sports Med, 2005. 32:197-207.
26. **Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG et al.** *Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study.* s.l. : Am J Sports Med, 2005. 33:492-501.
27. **Tamura A, Akasaka K, Otsudo T, Shiozawa J, Toda Y, Yamada K.** *Dynamic knee valgus alignment influences impact attenuation in the lower extremity during the deceleration phase of a single-leg landing.* s.l. : PLoS One, 2017. 12:e0179810.
28. **Ford KR, Myer GD, Hewett TE.** *Valgus Knee Motion during Landing in High School Female and Male Basketball Players.* s.l. : Med Sci Sports Exerc., 2003. doi: 10.1249/01.

29. **Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR.** *Gender influences: The role of leg dominance in acl injury among soccer players.* s.l. : Br J Sports Med, 2010. 44:694-7.
30. **Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE.** *Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes.* s.l. : J Strength Cond Res, 2005. 19:51-60.
31. **Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, Fu FH.** *Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players.* s.l. : Am J Sports Med, 1999. 27:312-319.
32. **Schulz SJ, Sander TC, Kirk SE, Perrin DH.** *Sex differences in knee joint laxity change across the female menstrual cycle.* s.l. : J Sports Med Phys Fitness, 2005. 45:594-603.
33. **Hewett, TE.** *Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for prevention.* s.l. : Sports Med, 2000. 29:313-27.
34. **Kahn MS, Seon JK, Song EK.** *Risk factors for anterior cruciate ligament injury: assessment of tibial plateau anatomic variables on conventional MRI using a new combined method.* s.l. : Int Orthop, 2011. 35:1251-1256.
35. **Mc Lean SG, Lucey SM, Rohrer S, Brandon C.** *Knee joint anatomy predicts high-risk in vivo dynamic knee biomechanics.* s.l. : Clin Biomech, 2010. 25:781-788.
36. **Endsley ML, Ford KR, Myer GD, Slauterbeck JR, Hewett TE.** *The effects of gender on dynamic knee stability and Q-angle in young athletes.* Cleveland : Ohio Physical Therapy Association fall conference, 2003.
37. **Heiderscheit BC, Hamill J, Caldwell GE.** *Influence of Q-angle on lower-extremity running kinematics.* s.l. : J Orthop Sports Phys Ther, 2000. 30:271-278.
38. **Granata KP, Wilson SE, Padua DA.** *Gender differences in active musculoskeletal stiffness, part I: quantification in controlled measurements of knee joint dynamics.* s.l. : J Electromyogr Kinesiol, 2002. 12:119-126.

39. **Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE.** *A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks.* s.l. : Am J Sports Med, 2002. 30:261-7.
40. **Chrisman SP, O'Kane JW, Polissar NL, Tencer AF, Mack CD, Levy MR et al.** *Strength and jump biomechanics of elite and recreational female youth soccer players.* s.l. : J Athl Train, 2012. 47:609-15.
41. **Landry SC, McKean KA, Hubley-Kozey CL, Stanish WD, Deluzio KJ.** *Neuromuscular and lower limb biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated side-cut maneuver.* s.l. : Am J Sports Med, 2007. 35:1888-1900.
42. **Chandrashekar NJ, Mansour M, Slauterbeck J, Hashemi J.** *Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament.* s.l. : J Biomech, 2006. 39:2943-2950.
43. **Lees A, Nolan L.** *The biomechanics of soccer: a review.* s.l. : J Sports Sci, 1998. 16:211-234.
44. **Mair S, Seaber A, Glisson R, Garrett WE.** *The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury.* s.l. : Am J Sports Med, 1996. 24:137-143.
45. **Wojtys EM, Whyllie BB, Huston LJ.** *The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees.* s.l. : Am J Sports Med, 1996. 24:615-621.
46. **Rößler R, Junge R, Chomiak J, Dvorak J, Faude O.** *Soccer injuries in players aged 7 to 12 years: A descriptive epidemiological study over 2 seasons.* s.l. : Am J Sports Med, 2015. doi: 10.1177/0363546515614816.
47. **Stubbe J, van Beijsterveldt AM, van der Knapp S, Stege J, Verhagen E, van Mechelen W, Backx FJG.** *Injuries in professional male soccer players in the netherlands: A prospective cohort study.* s.l. : Journal of Athletic Training, 2014. 49:000-000.
48. **Söderman K, Adolphson J, Lorentzon R, Alfredson H.** *Injuries in adolescent female players in European football: a prospective study over one outdoor soccer season.* s.l. : Scand J Med Sci Sports, 2001. 11:299-304.

49. **Yard EE, Schroeder MJ, Fields SK, Collins CL, Comstock RD.** *The epidemiology of united states high school soccer injuries, 2005-2007.* s.l. : Am J Sports Med, 2008. doi: 10.1177/0363546508318047.
50. **Mitchell LC, Ford KR, Minning SJ, Myer GD, Manigne RE, Hewett TE.** *Effect of medial foot loading pattern on ankle and knee loading biomechanics.* s.l. : N Am J Sports Phys Ther, 2008. 3(3).
51. **Becker A, Gaulrapp H, Farrell L, Zarins B, Gill T.** *Injuries in women soccer-results of a prospective study-in cooperation with the German Football Association (DFB).* s.l. : Sportverletz Sportschaden, 2006. 20:196-200.
52. **Bahr R, Holme I.** *Risk factors for sports injuries--a methodological approach.* s.l. : Br J Sports Med, 2003. 37:384-92.
53. **Steffen K, Andersen TE, Bahr R.** *Risk of injury on artificial turf and natural grass in young female football players.* s.l. : Br J Sports Med, 2007. 41:i33-7.
54. **Gould S, Hooper J, Strauss E.** *Anterior Cruciate Ligament Injuries in Females: Risk Factors, Prevention, and Outcome.* s.l. : Bull Hosp Jt Dis, 2013. 74:46-51.
55. **Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, Junge A, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE.** *Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial.* s.l. : BMJ, 2008. 337:a2469.
56. **Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R.** *Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors.* s.l. : Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2009. 17:705-729.
57. **USF, Health.** The PEP Program. [Online]
<https://health.usf.edu/medicine/orthopaedic/smart/pep>.
58. **Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R.** *Preventing injuries in female youth football--a cluster-randomized controlled trial.* s.l. : Scand J Med Sci Sports, 2008. doi: 10.1111/j.1600-0838.2007.00703.x.

59. **N, Voskanian.** *ACL injury prevention in female athletes: review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program.* s.l. : Curr Rev Musculoskelet Med, 2013. 6:158-163.
60. **Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE.** *A comparison of knee joint motion patterns between men and women in select athletic tasks.* s.l. : Clin Biomech, 2001. 16:438-45.
61. **Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR.** *Plyometric training in female athletes: Decreased impact forces and increased hamstring torques.* s.l. : Am J Sports Med, 1996. 24:765-73.
62. **Boham MD, DeBeliso M, Harris C, Pfeiffer RP.** *Quadriceps-to-Hamstrings Imbalance in Female Collegiate Soccer Athletes: Implication for injury.* s.l. : J Athl Enhancement, 2014. doi:10.4172/2324-9080.1000169.
63. **SMRF, Santa Monica.** The PEP-Program. [Online]
<https://www.aclstudygroup.com/pdf/pep-program.pdf>.
64. **Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, Childs JD.** *Y balance test: A reliability study involving multiple raters.* s.l. : Military Medicine, 2013. doi: 10.7205/MILDMED-D-13-00222.
65. **Y Balance Test.** [Online] 2016. <https://www.scienceforsport.com/y-balance-test/>.

Abbildung 1: **Paul Succop.** [Online]

https://www.researchgate.net/figure/Dynamic-valgus-was-defined-as-the-position-or-motion-measured-in-3-dimensions-of-the_fig5_8011738

Abbildung 2: **Dong-Kyu Lee.** [Online]

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552015000300227

Partner-Studie: **Gennaccaro Daniel.** *Efficacia del PEP-Program sulla stabilità di ginocchio in un gruppo di giovani calciatori: uno studio sperimentale.* Claudiana, 2019

Danksagung

Als Abschlussarbeit und somit als Ende dieses Studiums möchte ich ganz herzlich einen Dank aussprechen an meine Familie, welche mich während des ganzen Studiums unterstützt hat und an meine Klassenkameraden, welche diese Zeit unterhaltsam und erinnerungsreich gestaltet haben.

Einen Dank auch an meinen Kollegen und Freund Daniel Gennaccaro, mit welchem ich diese Studie realisieren konnte und mit dem es eine Freude war zu arbeiten.

Ein herzliches Dankeschön auch an die Sportvereine, die sich für die Studie gemeldet und sich die Zeit dafür genommen haben.

Ein spezieller Dank geht noch an Prof. Fabio Vittadello, welcher bei der Ausarbeitung der statistischen Analyse geholfen hat und an Prof. Fabio Rossignolo, der als Tutor diese Studie in die Wege geleitet und geführt hat.

Als einziger Verfasser/einzige Verfasserin dieser Bachelorarbeit hafte ich für deren Inhalte im Sinne des Gesetzes über das Urheberrecht. Ich erkläre, diese Arbeit unter Einhaltung der geltenden Bestimmungen des Urheberrechts und des Zivilgesetzbuches selbst verfasst zu haben.

Platzer Andreas

Bozen, den 22.10.2019