

Aus den
Zentren für Sportmedizin und Klinischer Forschung des
BG Klinikums Unfallkrankenhaus Berlin gGmbH,
akademisches Lehrkrankenhaus der Charité Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Longitudinale Zweijahres-Erhebung von medizinischen Leistungs-, Trainings-
und Verletzungsdaten des männlichen Nachwuchskaders eines Fußball-
Bundesliga-Erstliga-Vereins**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Charlotte Dorothee Lisiak

aus Dortmund

Datum der Promotion: 25.11.2022

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Zusammenfassung.....	6
Abstract	8
1. Einleitung.....	9
1.1. Kurz- und langfristige Auswirkungen sportlicher Aktivität	9
1.2. Jugendfußball und dessen sportmedizinische Bedeutung	9
1.3. Verletzungen im Fußball	10
1.4. Beeinträchtigung und Folgen für Spieler(innen).....	12
1.5. Risikofaktoren für Verletzungen.....	12
1.6. Notwendigkeit einer systematischen Datenerfassung.....	13
1.7. Sinnhaftigkeit sportmedizinischer Betreuung.....	13
1.8. Verletzungsprävention im Fußball	14
1.9. Fragestellung und Zielsetzung	15
2. Methoden	16
2.1. Ethische Aspekte.....	16
2.2. Ein- und Ausschlusskriterien	16
2.3. Datenerhebung und Funktionsprüfungen.....	17
2.4. Knietests	18
2.4.1. Lachman-Test.....	18
2.4.2. Pivot-Shift-Test.....	18
2.4.3. Valgus- und Varus-Stress-Test.....	18
2.5. KT1000-Arthrometer-Testung	19
2.6. Sprungtests	19
2.6.1. Counter-Movement Jump Test.....	19
2.6.2. Single-Leg Squat Test	20
2.6.3. Single Leg Squat Airex® Kissen Test	20
2.6.4. Single-Leg Hop Test.....	20
2.7. Dokumentation und Datenmanagement	21
2.8. Biostatistik	21
2.9. Konformität mit guter wissenschaftlicher Praxis, GCP und GEP	22

3. Ergebnisse	23
3.1. Basisprofil	23
3.2. Fußballspezifische Merkmale	23
3.3. Vorerkrankungen und Verletzungen	23
3.4. Trainingsspezifische Merkmale	26
3.5. Trainingsmodalitäten	28
3.5.1. Krafttraining	28
3.5.2. Athletiktraining	31
3.5.3. Stabilitätstraining	33
3.6. Ergebnisse der Umfangmessungen	35
3.7. Ergebnisse der KT1000 Messungen	42
3.8. Ergebnisse der Sprungtests	46
3.9. Knieverletzungen	48
3.10. Allgemeiner Gesundheitszustand	50
4. Diskussion	53
4.1. Zusammenfassung der Hauptergebnisse	53
4.2. Diskussion der Methoden	53
4.2.1. Studienpopulation	53
4.2.2. Fragebogeninstrument.....	55
4.2.3. Umfangsmessungen, Knie-tests und Funktionsprüfungen	55
4.3. Diskussion der Ergebnisse	56
4.3.1. Verletzungshäufigkeiten, insbesondere Knieverletzungen	56
4.3.2. Trainingsmodalitäten und -intensitäten.....	57
4.3.3. Umfänge	58
4.3.4. KT1000 Arthrometer und funktionelle Sprungtests.....	59
4.4. Bedeutung der Studie	59
4.5. Ausblick (offene Fragen und Vorschläge für weitere Studien)	60
5. Literaturverzeichnis	62
6. Eidesstattliche Versicherung	70
7. Lebenslauf	72
8. Danksagung	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Morphometrische Daten im Zweijahres-Beobachtungszeitraum	24
Tabelle 2	Spielpositionen anlässlich verschiedener Erhebungs-Zeitpunkte.....	26
Tabelle 3	Trainingstage und Trainingsstunden pro Woche im Zeitverlauf.....	27
Tabelle 4	Krafttrainingsstunden pro Woche zu verschiedenen Zeitpunkten	30
Tabelle 5	Krafttraining zum Zeitpunkt U3.....	31
Tabelle 6	Athletiktraining zu verschiedenen Zeitpunkten	31
Tabelle 7	Athletiktrainingsstunden pro Woche zu verschiedenen Zeitpunkten	32
Tabelle 8	Stabilitätstraining zu verschiedenen Zeitpunkten	33
Tabelle 9	Stabilitätstrainingsstunden pro Woche zu verschiedenen Zeitpunkten.....	34
Tabelle 10	Beinumfänge zu verschiedenen Zeitpunkten	37
Tabelle 11	KT1000-Testung zu verschiedenen Zeitpunkten.....	43
Tabelle 12	Ergebnisse der Sprungtests zu verschiedenen Zeitpunkten	47
Tabelle 13	Häufigkeit von Knieverletzungen zu verschiedenen Zeitpunkten	48
Tabelle 14	Häufigkeit anderer Verletzungen.....	49
Tabelle 15	Gesundheitszustand zu verschiedenen Zeitpunkten	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Gegenläufige Entwicklung von Trainingstagen und Trainingsstunden pro Woche im zeitlichen Verlauf.....	28
Abbildung 2	Zeitabhängige Entwicklung des Krafttrainings	29
Abbildung 3	Entwicklung des Athletiktrainings.....	31
Abbildung 4	Entwicklung des Stabilitätstrainings.....	33
Abbildung 5	Entwicklung der Umfänge (in cm) im Schuss- und Standbein.....	41
Abbildung 6	Entwicklung der Stabilität im Kniegelenk mittels KT1000-Messung	45
Abbildung 7	Entwicklung der Instabilitäten in den jeweiligen Sprungtests in Prozent ..	46
Abbildung 8	Subjektive Angabe des Gesundheitszustands mittels EQ5D Skala	52

Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body Mass Index
DFB	Deutscher Fußball Bund
DFL	Deutsche Fußball Liga
EQ5D	EuroQol-5D Instrument
FIFA	Fédération Internationale de Football Association
IF	International Federation
IOC	International Olympic Committee
KI	Konfidenzintervall
Max	Maximalwert
Min	Minimalwert
Mittel	Mittelwert
n	Anzahl
SD	Standardabweichung
U1	Eingangsuntersuchung
U2	Ein-Jahres-Nachuntersuchung
U3	Zwei-Jahres-Nachuntersuchung
UEFA	Union of European Football Association
ukb	Unfallkrankenhaus Berlin
VAS	Visuelle Analogskala
WHO	World Health Organization

Zusammenfassung

Hintergrund: Die sportmedizinische Prävention, Leistungsdiagnostik und Therapie stellt einen integralen Bestandteil der Karrierebegleitung von Nachwuchsfußballern dar. Longitudinale Daten über Veränderungen in der physischen Leistungsfähigkeit und Risikofaktoren für Verletzungen sind im deutschen Sprachraum noch selten. Ziel dieser Untersuchung war eine Beschreibung körperlicher Veränderungen von Jugendspielern im Zuge der etablierten Trainingsstandards innerhalb eines 2-Jahres-Zeitraums zu drei Untersuchungszeitpunkten.

Methoden: Die Jugendabteilung des Fußballvereins 1. FC Union Berlin wird vom Zentrum für Sportmedizin des BG Klinikums Unfallkrankenhaus Berlin GmbH (ukb) betreut. Grundlage dieser Untersuchung bildeten die pseudonymisierten Datensätze von männlichen Nachwuchsspielern im Alter zwischen 12 und 19 Jahren, welche in das medizinische Monitoring-Programm aufgenommen wurden und sowohl die Eingangs- als auch die 1-Jahres- und 2-Jahres-Nachuntersuchung absolvierten. Im Zeitvergleich gemessen wurden u.a. die Umfänge der Muskulatur, die Rate der subjektiv empfundenen Kniegelenkstabilität und die vordere Kniegelenkslaxität. Alle Daten wurden explorativ ausgewertet. Wenn sinnvoll und möglich, wurden die Häufigkeits- oder Mittelwertdifferenzen mittels Methoden für gepaarte Vergleiche berechnet und mit 95% Konfidenzintervallen (KI) berichtet.

Ergebnisse: Von 146 männlichen Nachwuchsspielern, welche eine Eingangstestung unterliefen, nahmen an der 1-Jahres- und 2-Jahres-Nachuntersuchung noch 42 Probanden teil. Das mittlere Alter der untersuchten Probanden betrug zum Zeitpunkt der 2-Jahresuntersuchung 15,5 (SD 1,3) Jahre.

Alle Sportler zeigten im 2-Jahres-Vergleich eine Vermehrung der Muskelumfänge an allen Messpunkten. Dabei zeigte sich das Schussbein muskulöser als das Standbein. Die anteriore Laxität wurde gemäß KT1000-Prüfung im Schuss- und Standbein reduziert. Gleiches zeigte sich in den Sprungtests: Im Jump-, Hop- und Squat-Test wurde die Häufigkeit einer Instabilität reduziert oder sogar aufgehoben. Insgesamt präsentierte sich das Schussbein instabiler als das Standbein.

Insgesamt zeigte sich eine Abnahme der Inzidenz von Knieverletzungen im 2-Jahres-Zeitraum (von Untersuchung 1 zu Untersuchung 2: fünf neue Knieverletzungen, von Untersuchung 2 zu Untersuchung 3: zwei neue Knieverletzungen).

Diskussion: Training ist mit einer Vermehrung der Muskelmasse und einer Reduktion von Instabilitäten bei männlichen Jugendfußballern assoziiert. Ob diese Faktoren Einfluss auf das weitere Leistungsspektrum und die Risikokonstellation von Jugendfußballern nehmen, muss in weiteren Studien untersucht werden.

Abstract

Background: Individual sports medical examination and injury prevention programs are an integral part of career support for young professional soccer players. Longitudinal data on physical performance and risk factors for injuries are rare. The aim of this investigation was to describe physical changes in youth players along established training standards within a 2-year period and at three examination times.

Methods: The youth department of the German first league soccer club 1. FC Union Berlin, Germany, is medically coached by the Center for Sports Medicine of the BG Klinikum Unfallkrankenhaus Berlin GmbH (ukb), Germany. This investigation was based on pseudonymized data sets of young players between the ages of 12 and 19, who were included in the medical monitoring program and completed the initial as well as the 1-year and 2-year follow-up examinations. During longitudinal observation, muscle volume, subjective perceived knee stability, and anterior knee laxity was recorded. Proportions, means, and mean differences were analyzed by paired comparison tests and reported with 95% confidence intervals (CI).

Results: Of 146 young male players who underwent the entrance test, 42 took part in both 1-year and 2-year follow-up assessments. Mean age was 15.5 (SD 1.3) years at final examination. 81% (n = 34) of participants had suffered previous injuries, 41% of which affected the knee joint (n = 14).

All athletes showed a substantial increase in their muscle mass during observation. The dominant, shooting leg was more muscular than the supporting leg. Anterior knee laxity was reduced in both knees according to KT1000 testing. The frequency of instability was reduced or even removed in jump, hop and squat tests.

Overall, the incidence of knee injuries declined in the 2-year period (from examination 1 to examination 2: five new knee injuries, from examination 2 to examination 3: two new knee injuries).

Discussion: Training is associated with an increase in muscle mass and a reduction in knee instability in male youth professional soccer players.

1. Einleitung

1.1. Kurz- und langfristige Auswirkungen sportlicher Aktivität

Sportliche Aktivität im Kindesalter ist mit günstigen Einflüssen auf die körperliche Entwicklung und Gesundheit assoziiert. Vereinssport korreliert mit dem Grad der körperlichen Betätigung im Erwachsenenalter. Unter sozioökonomischen Gesichtspunkten sollte die Gesundheit der Bevölkerung durch regelmäßige sportliche Betätigung gefördert werden.¹ Die WHO empfiehlt bei Kindern im Alter von 5 bis 17 Jahren eine sportliche Aktivität von 60 Minuten pro Tag.² Regelmäßige körperliche Aktivität im Kindes- und Jugendalter ist zudem mit einer besseren mentalen Gesundheit assoziiert und kann das lebenslange Risiko für Depressionen und Angsterkrankungen lindern.³

Die Popularität von Fußball als Breitensport birgt alle Vorteile der Primärprävention von kardiovaskulären Erkrankungen, Hypertonus, Adipositas, Diabetes mellitus und Hyperlipidämien auf bevölkerungsbezogener Ebene. Dies konnten Seabra et al. in einer sechsmonatigen Studie von männlichen Fußballspielern im Alter von 8 bis 12 Jahren bestätigen.⁴ Ähnliche Effekte zeigten sich bei übergewichtigen Kindern, die in einem Zeitraum von sechs Monaten ihre körperliche Leistungsfähigkeit und gesundheitsbezogenen Fitnessparameter verbessern konnten.⁵

Für den Aufbau einer Sportkarriere erweist sich die frühzeitige Spezialisierung auf eine Sportart als sinnvoll, welche jedoch nicht selten mit Überforderung und körperlicher Überlastung einhergeht.⁶ Für eine erfolgreiche Karriereplanung spielen vor allem individuelle technische, taktische, anthropometrische, physiologische und psychologische Charakteristika eine entscheidende Rolle.⁷

1.2. Jugendfußball und dessen sportmedizinische Bedeutung

Weltweit zählt Fußball zu den beliebtesten Sportarten mit der höchsten Zahl aktiver Sportler im Kinder- und Jugendalter. Allein zwischen 2000 und 2006 stieg die Frequenz registrierter Spieler um 7%. Die von der FIFA (Fédération Internationale de Football Association) im Jahr 2006 zuletzt geschätzte Zahl weltweit aktiver Fußballspieler lag bei

265 Millionen.⁸ In Deutschland ist Fußball, trotz des zuletzt weniger erfolgreichen Abschneidens der Fußball-Nationalmannschaft, Nationalsport Nummer eins, und keine andere Sportart zählt mehr aktive Vereinssportler im Kinder- und Jugendbereich- allein im Deutschen Fußball-Bund e.V. (DFB) handelt es sich um über sieben Millionen Mitglieder.⁹

Der DFB und die Deutsche Fußball-Liga GmbH (DFL) setzen in ihrer Zusammenarbeit auf die Ausbildung und Förderung junger Talente. Seit 2001 zertifiziert der DFB jene Einrichtungen als Leistungszentren, die als sportliche Anlaufstelle für junge Spieler/-innen fungieren und ihre sportliche und persönliche Förderung unterstützen. Die 36 Lizenzvereine der Bundesligisten aus der 1. und 2. Bundesliga und Vereine der 3. Ligen und Regionalligen betreiben insgesamt 56 Leistungszentren (Stand Juli 2020), welche in Deutschland flächendeckend zur Qualitätssicherung im Nachwuchsbereich beitragen.¹⁰ Hierzu gehört verpflichtend der Nachweis einer kontinuierlichen Gewährleistung und gegebenenfalls der Wiederherstellung der körperlichen und seelischen Gesundheit dieser Ausnahmespieler zum potenziellen Aufbau ihrer Karriere. Die sportärztliche Vorsorge und Begleitung betreffen individuelle Spieler/-innen, die Mannschaft und den Verein gleichermaßen. Die ärztliche Entscheidung über Leistungs- und Spielfähigkeit kann über die Zukunft der betroffenen Sportler ebenso entscheiden wie über wirtschaftliche Konsequenzen für den Verein.

Gleichzeitig eröffnet die regelhafte (d.h., longitudinale) sportmedizinische Untersuchung die Möglichkeit, Leistungsfortschritte, aber auch Risikokonstellationen für Verletzungen zu dokumentieren.

1.3. Verletzungen im Fußball

Fußball und andere Ballsportarten sind als Kontaktsportarten mit einem hohem Verletzungsrisiko assoziiert.¹¹ Letzteres steigt mit zunehmender Dauer und Intensität der Exposition bei Training und Spiel und betrifft in hohem Maß Profispieler.¹² Bei einer Trainingsexposition von über fünf Jahren liegt die Verletzungsprävalenz von Jugendfußballern bei fast 70%, bei einer niedrigeren Exposition bei etwa 30%.¹³ Die Verletzungsinzidenz bei 13 bis 19-jährigen Fußballern beträgt 1 – 5 / 1000 Trainingsstunden und 15 – 20 / 1000 Spielstunden.^{8 14}

Eine ähnliche Verletzungsinzidenz von 8 / 1000 Trainingsstunden zeigt sich bei erwachsenen, professionellen Fußballerspielern der UEFA. Berechnet auf den Spieler entspricht dies durchschnittlich zwei Verletzungen pro Saison, die eine Verletzungspause zwischen 18 und 24 Tagen nach sich ziehen.¹⁵

Eine Studie aus den Niederlanden zeigt ähnliche Ergebnisse: Die Verletzungsinzidenz in der holländischen ersten Liga lag in der Saison 2009 / 2010 bei 6 / 1000 Trainingsstunden, wobei ca. zwei Drittel akute Verletzungen ausmachten und eine Sportpause von 1 bis 752 Tagen nach sich zogen. Knieverletzungen erwiesen sich mit einer durchschnittlichen Ausfallzeit von 45 Tagen als die bedeutsamsten Ereignisse.¹⁶

60 bis 90% aller Verletzungen werden durch äußere Krafteinleitung hervorgerufen („tackling and collision“)⁸; die übrigen entstehen durch Überbeanspruchung des bindegewebigen, Muskel-Sehnen-, Gelenk- und knöchernen Apparates. Erstgenannte Verletzungen treten vor allem bei Turnieren und unter kurzfristiger Spitzenlast, Überlastungserscheinungen vor allem im normalen Spielbetrieb auf.

Verletzungen betreffen ebenfalls in 60 bis 90% der Fälle die unteren Extremitäten, vor allem das obere Sprunggelenk, das Kniegelenk und den Oberschenkel. Rumpf und obere Extremitäten werden in je 10%, Hirn- und Gesichtsschädel in 5% der Fälle verletzt.^{8 14}

Die häufigsten Verletzungen bei männlichen Jugendfußballern sind Zerrungen (5 bis 32%) und Stauchungen (17 bis 33%).^{8 12 14} Frakturen und Gelenkverrenkungen (Dislokationen) treten dahinter mit einer Prävalenz von 1 bis 15% und 0,3 bis 3% zurück. Während männliche Fußballspieler vermehrt Verletzungen des Sprunggelenks zu verzeichnen haben, treten bei weiblichen Fußballspielerinnen häufiger Knieverletzungen auf.¹⁷

Hierbei ist die Referenzgruppe allerdings die Population unter Risiko (sog. „primary base“ in epidemiologischer Terminologie). Betrachtet man Krankenhausdaten, steigt die Prävalenz von Frakturen und Dislokationen unter allen Fußball-assoziierten Verletzungen auf 23 bis 31% an, von denen wiederum 1 bis 5% einer stationären und / oder operativen Therapie bedürfen.

Bei Torhütern konnten, trotz insgesamt geringer Prävalenz, fünfmal häufiger Verletzungen der oberen Extremität festgestellt werden. Betroffen sind in dieser Reihenfolge: Schulter / Schlüsselbein, gefolgt von Hand / Finger / Daumen, Ellbogen, Handgelenk, Unterarm und Oberarm.¹⁸

1.4. Beeinträchtigung und Folgen für Spieler(innen)

Neben den Folgen für das Individuum kann der langfristige Ausfall einer Spielerin / eines Spielers in einem wichtigen Spiel oder Turnier Folgen für das Abschneiden des Teams haben. Diskutiert werden ein emotionaler und verhaltensbedingter Effekt auf einzelne Teammitglieder sowie das fehlende Vertrauen in andere Leistungsträger.¹⁹

Im professionellen Bereich kann der verletzungsbedingte Ausfall einer Spielerin / eines Spielers zu erheblichen finanziellen Verlusten führen. Kosten entstehen vor allem durch Rehabilitationsmaßnahmen und entgangene Medieneinnahmen durch Abwesenheit eines möglicherweise berühmten Spielers oder Publikumsliebblings.²⁰

In Spanien tragen Verletzungen zu 16% der Ausfallzeiten pro Saison bei; der hierdurch bedingte wirtschaftliche Verlust wird auf rund 188 Millionen Euro geschätzt.²¹

Ähnliche Ergebnisse zeigte eine Studie aus England, welche über einen Zeitraum von fünf Jahren (2012 bis 2017) Daten aus der Premier League auswertete. Demnach führt die Ausfallzeit eines Spielers von 136 Tagen zum Verlust eines Ligapunktes. Bei einer Ausfallzeit von 271 Tagen büßt eine Mannschaft sogar einen Tabellenplatz ein. Der hieraus resultierende wirtschaftliche Verlust wurde auf 45 Millionen Pfund pro Saison geschätzt.²²

1.5. Risikofaktoren für Verletzungen

Zu den allgemeinen Risikofaktoren für Verletzungen zählen die Art (vor allem Kontaktsportarten) und die Umstände des Sports (Wettbewerbssituation).^{11 14 16} Auch mit steigender Intensität bzw. Expositionsdauer steigt das Risiko für Verletzungen.¹²

Als subjektive Risikofaktoren für Verletzungen nennen Fußballspieler das Zweikampfverhalten mit anderen Spielern (50%), Müdigkeit (38%) und Umweltfaktoren (30%), sowie zurückliegende Verletzungen.²³ Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Studie von McCall et al., welche ebenfalls eine stattgehabte Verletzung, Müdigkeit, Muskelungleichgewicht, Fitness und Bewegungseinschränkungen als subjektiv empfundene Risikofaktoren identifizieren konnte.²⁴ Eine überdurchschnittliche Körpergröße scheint ebenfalls mit einem höheren Verletzungsrisiko einherzugehen.¹³

1.6. Notwendigkeit einer systematischen Datenerfassung

Das hohe Verletzungsrisiko und die daraus resultierenden Langzeitfolgen bedürfen einer epidemiologischen Datenerhebung, um Präventionsstrategien zu entwickeln. Die Wichtigkeit dieser Erfassung spielt auch in anderen Sportarten eine Rolle. Das *British Journal of Sports Medicine* hat ein Projekt initiiert, welches mit Unterstützung durch die International Federation (IF) und dem International Olympic Committee (IOC) Daten von Sportlern sammelt, um Verletzungen vorzubeugen und damit deren Gesundheit sicherzustellen.²⁵ Ein weiteres Beispiel ist das Canadian Intercollegiate Sport Injury Registry, eine Datensammlung von erwachsenen Fußballspielern. Dieses dient ebenfalls zur Erfassung von Informationen zur Häufigkeit und den Umständen von Verletzungen und den daraus resultierenden Folgen.²⁶

1.7. Sinnhaftigkeit sportmedizinischer Betreuung

Die Vorteile der sportmedizinischen Betreuung für professionelle Athleten und Amateure bestehen darin, Risikofaktoren für Verletzungen und Krankheiten (einschl. angeborener Herzfehler und sonstiger kardialer Vorerkrankungen) frühzeitig erkennen zu können.²⁷ Hieraus abgeleitete Präventionsstrategien können zumindest das Risiko für Verletzungen und deren Konsequenzen reduzieren.^{27 28}

Da Verletzungen meist multifaktoriellen Risikofaktoren unterliegen, erscheint es sinnvoll, intrinsische und extrinsische Merkmale zu identifizieren, um eine gezielte Prävention leisten zu können.²⁹

In einer systematischen Übersichtsarbeit von 2015 konnten McCall et al. zeigen, dass es in der Premier League eine Kluft zwischen Wissenschaft und Praxis gibt: Weder wird im Training mit wissenschaftlichen Empfehlungen gearbeitet noch validiert die Wissenschaft die aktuell angewandten Trainingsmethoden.²⁴

1.8. Verletzungsprävention im Fußball

Als Präventionsstrategie verfolgen über 90% der Fußballer Dehnübungen; über 50% absolvieren ein neuromuskuläres Aufwärmprogramm und im Falle stattgehabter Verletzungen bevorzugen Spieler das Taping betroffener Körperstellen in 13 bis 40% der Fälle.²³

Trainingsspezifisch arbeiten Vereine mit folgenden Präventionsübungen: Exzentrische Übungen, Training von Gleichgewicht und Propriozeption, Exzentrik der verschiedenen Kniesehnen, Kernstabilität und Aktivierung der ischiocruralen Muskulatur.²⁴

Als Analysemethoden zur Detektion von Verletzungsrisiken dienen der Funktionsbewegungsbildschirm (Videoanalyse), Fragebögen, isokinetische Dynamometrie, physikalische Tests und Flexibilitätstests.²⁴

Wissenschaftlich validierte Strategien zur Verletzungsprävention sind rar. Das FIFA Medical Assessment and Research Centre (F-MARC) entwickelte 2009 das zwanzigminütige Aufwärmprogramm „FIFA 11+“ für Fußballspieler/-innen ab 14 Jahren, welches die elf häufigsten Verletzungen im Fußballsport reduzieren soll.³⁰ Es besteht aus Laufübungen und Übungen für Kraft, Plyometrie (Schnellkraft, Explosivkraft) und Gleichgewicht, welche standardisiert mindestens zwei Mal wöchentlich absolviert werden sollen.³¹ Mehrere Studien konnten bei regelmäßiger Anwendung des FIFA 11+ Programms eine Reduktion von fußballspezifischen Verletzungen nachweisen, welche sich in einem Bereich von 30 bis 70% bewegen.³²⁻³⁴

Studien zeigen zudem, dass eine regelmäßige Sportpause zusätzlich positive Effekte auf die Prävention von Verletzungen hat. Eine Verringerung der Ligagröße (Anzahl der Teams) wirkt sich ebenso positiv auf die Verletzungsrate aus wie die Einführung / Einhaltung einer Winterpause in europäischen Fußballligen.^{35 36} Dies zeigt auch die Inzidenz von Muskelverletzungen, welche steigt, wenn die Zeit zwischen zwei Wettkampfspielen weniger als fünf Tage beträgt.³⁷

1.9. Fragestellung und Zielsetzung

Fußball verbindet die Vorteile der Primärprävention von Erkrankungen mit der Attraktivität für Zuschauer und Spieler. Für junge Spieler stellt der Jugendleistungskader im Nachwuchsbereich die Möglichkeit dar, eine Profikarriere zu realisieren. Für die Karriereplanung spielen die sportmedizinische Untersuchung und Betreuung durch ein qualifiziertes Zentrum eine wesentliche Rolle. Mittels Auswertung verschiedener Informationen wie Trainingsmodalitäten und -intensitäten, Verletzungshäufigkeiten und klinischer Tests können mögliche Risikofaktoren für Verletzungen erkannt und Aussagen zu ihrer Prävention getroffen werden. Dies verlangt eine professionelle, einheitliche Gesamtstruktur, die Optimierung des Trainings, engmaschige Überwachung von Spieler/innen und Konzepte für das „return-to-play“ nach erlittener Verletzung.

Bisher fehlen noch systematische Erhebungen sportmedizinischer Daten, um in der Praxis etablierte Trainingsmethoden auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen.

Die geschilderten Erfordernisse führten zu der einfachen klinischen PICOT (Patient / Problem, Intervention, Control, Outcome, Time) Frage:

„Welche Veränderungen in körperlichen und funktionellen Messgrößen lassen sich bei männlichen Jugendfußballern zwischen der medizinischen Erst-, der 1-Jahres-Nachuntersuchung und der 2-Jahres-Nachuntersuchung feststellen?“

Als Kohorte dienten die Jugendmannschaften des Bundesligisten 1. FC Union Berlin. Der 1. FC Union Berlin betreibt seit Juni 2002 ein Nachwuchsleistungszentrum nach den Richtlinien der Deutschen-Fußball-Liga (DFL) mit dem Ziel, „optimale Entwicklungsbedingungen für die heranwachsenden Nachwuchsfußballer zu schaffen“.³⁸

Für die sportmedizinische Betreuung der Kinder- und Jugendkader wurde das Zentrum für Sportmedizin des BG Klinikums Unfallkrankenhaus Berlin gGmbH (ukb) verpflichtet. Das ukb ist eine Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik und überregionales Traumazentrum im dicht besiedelten Berliner Bezirk Marzahn-Hellersdorf.

Die Untersuchung wurde ergebnisoffen durchgeführt. Die Resultate sollten eine Grundlage für die Planung und Fallzahl-Kalkulation zukünftiger Studien bilden. Diese Arbeit soll einen Beitrag leisten, Veränderungen in der sportmedizinischen Untersuchung von jungen, männlichen Profifußballern zu dokumentieren und langfristig Trainingsvorschläge zu unterbreiten, um Verletzungen zu minimieren.

2. Methoden

2.1. Ethische Aspekte

Grundlage dieser Studie sind die pseudonymisierten Routinedaten der durch den 1. FC Union veranlassten, im ukb durchgeführten sportmedizinischen Eingangs- und Nachuntersuchungen gesunder, sportlich leistungsfähiger Jugendlicher im Alter von 12 bis 19 Jahren. Die Eltern der Betroffenen (und/oder die Betroffenen selbst) wurden über das Protokoll aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Untersuchung und wissenschaftlichen Aufarbeitung sowie Veröffentlichung der ausgewerteten Ergebnisse (unter Wahrung der Anonymität).

Bei den Untersuchten handelte es sich nicht um Patienten, sondern gesunde Probanden; eine bedeutsame Kopplung zwischen ärztlicher Tätigkeit und allgemeiner Fürsorgepflicht wurde nach formaler juristischer Prüfung ausgeschlossen. Für zukünftige und weiterführende Untersuchungen wurde jedoch die Beratung durch die Ethikkommission als wesentlich angesehen; das Protokoll wurde in der Sitzung des Ethikausschusses I der Charité Universitätsmedizin Berlin am 26.01.2015 behandelt und positiv beschieden.

2.2. Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden diejenigen Spieler, welche eine Eingangs-, 1-Jahres- und 2-Jahres-Untersuchung (März 2013, März 2014 und März 2015) absolvierten.

Von initial 146 männlichen Probanden nahmen noch 68 Spieler an der ersten Nachuntersuchung teil. 42 Spieler absolvierten alle drei sportmedizinischen Untersuchungen. Etwaige weitere Untersuchungsteilnehmer, welche verspätet untersucht und / oder kontaktiert wurden, wurden hier nicht berücksichtigt. Ein weiteres Einschlusskriterium war das Vorliegen einer schriftlichen Einwilligung durch die Erziehungsberechtigten oder den volljährigen Probanden selbst. Formale Ausschlusskriterien wurden nicht definiert.

2.3. Datenerhebung und Funktionsprüfungen

Die Ergebnisse der sportmedizinischen Untersuchung wurden mit einem einheitlichen, für diese Arbeit entwickelten Fragebogen erfasst.

Basisvariablen waren Geschlecht (ausschließlich männlich, da der FC Union lediglich eine männliche Nachwuchsarbeit betreibt), Alter, Größe und Gewicht. Zusätzlich wurden fußballspezifische Daten wie Spielposition, bevorzugtes Schussbein, Trainingsstunden und Trainingstage, Trainingsschwerpunkte (Kraft, Athletik und Stabilität) und Dauer der Ausführung der jeweiligen Trainingsschwerpunkte, sowie das Alter bei Beginn des Fußballspielens erhoben.

Alle Trainingseinheiten, die zusätzlich zum Fußballtraining absolviert wurden, wurden individuell oder als Teil des regulären Trainings durchgeführt. Krafttraining dient zum Aufbau von Muskulatur und Stärkung von Sehnen, Bändern und Knochen. Athletiktraining umfasst Elemente aus Kraft, Ausdauer, Koordination, Schnelligkeit und Beweglichkeit, die speziell für die Anforderungen im Fußballsport abgestimmt sind. Beim Stabilitätstraining wird gezielt die Haltemuskulatur trainiert.

Anamnestisch wurden zudem angeborene Erkrankungen, sonstige Erkrankungen, einzunehmende Medikamente und in der Vergangenheit eingenommene Medikamente, stattgehabte Verletzungen und Beschwerden oder Operationen erfasst. Bei den stattgehabten Verletzungen erfasste der Fragebogen zusätzlich Kniegelenk-Verletzungen.

Gemessen und erfasst wurden die Beinumfangs der Probanden im Seitenvergleich und im Einklang mit den Dokumentationsbögen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV, d.h., 20 und 10 cm oberhalb des medianen Kniegelenkspalts, in Höhe des medianen Kniegelenkspalts und 15 cm unterhalb des medianen Kniegelenkspalts) durch Mitarbeiter(innen) des ukb.

Bei der zweiten Nachuntersuchung (U3) wurde der Umfang der Erhebungen um zusätzliche klinische und apparative Tests erweitert. Hierzu gehörten der Lachman-Test, der Pivot-Shift Test und der Valgus-/ bzw. Varus Stress Test für die Aufklappbarkeit des medialen bzw. lateralen Seitenbandes des Kniegelenks.

2.4. Knietests

2.4.1. Lachman-Test

Der Lachman-Test dient zur Überprüfung der Festigkeit des vorderen Kreuzbandes und wird in 20 bis 30° Grad Beugung des Kniegelenks durchgeführt. Dabei berührt die Ferse des Untersuchten die Liege. Der Untersucher umfasst mit den Händen den Unterschenkel, sodass dessen Zeigefinger in der Kniekehle liegen. Es wird durch Zug nach ventral die Verschieblichkeit der Tibia gegenüber dem Femur beurteilt. Eine Verschieblichkeit von 1 bis 2 mm wird als physiologisch angesehen.³⁹

2.4.2. Pivot-Shift-Test

Der Pivot-Shift-Test ist ebenfalls ein klinischer Test zur Überprüfung der Intaktheit des vorderen Kreuzbandes. Hierbei liegt der Untersuchte auf dem Rücken und hält das zu testende Bein gestreckt. Der Untersucher führt eine schnelle Beugung des Knies unter Valgusdruck, leichter Innenrotation und axialem Druck durch und beurteilt, ob es zur Subluxation der Tibia kommt. In diesem Fall spricht man von einem positiven (pathologischen) Befund.⁴⁰

2.4.3. Valgus- und Varus-Stress-Test

Der Valgus-Stress-Test dient der Überprüfung des medialen Seitenbandes. Der Untersucher stabilisiert mit einer Hand von lateral das Kniegelenk und führt mit der anderen Hand, welche das Sprunggelenk umfasst, eine Abduktionsbewegung in 30° Grad Beugung durch. Beurteilt wird die mediane Aufklappbarkeit des Kniegelenks. Bei vollständiger Aufklappbarkeit ist von einer Ruptur des Ligamentum collaterale tibiae auszugehen.⁴¹

Beim Varus-Stress-Test wird das laterale Seitenband des Knies getestet. Der Test wird spiegelverkehrt durchgeführt und bei Adduktion die laterale Aufklappbarkeit getestet. Bei vollständiger Aufklappbarkeit ist von einer Ruptur des Ligamentum collaterale laterale auszugehen.⁴²

Zusätzlich wurden sowohl bei der Initial- als auch bei der 1-Jahres und 2-Jahres Nachuntersuchung folgende Funktionsprüfungen durchgeführt, die sowohl klinische als auch apparative Testprozeduren beinhalteten. Hierbei handelte es sich um:

2.5. KT1000-Arthrometer-Testung

Die KT1000-Arthrometer-Messung ist ein objektiver Test, der verwendet wird, um die anteriore Stabilität des Kniegelenks und somit die Funktion bzw. Intaktheit der Kreuzbänder, insbesondere des vorderen Kreuzbands, zu testen. Sie zählt zu den am häufigsten durchgeführten Kniestabilitätstests.⁴³

Der KT1000 wird auf der Tibia befestigt und hat zwei Sensoren. Ein Sensor berührt die Patella, der zweite Sensor liegt der Tibia auf. Der KT1000 führt bei 25 bis 35° gebeugtem Kniegelenk eine anteriore-posteriore Bewegung mit einer definierten Kraft (89 N) durch und erfasst mittels der Sensoren die Verschieblichkeit zwischen Tibia und Femur.⁴³ Die Translationsstrecke wird in mm gemessen, welche aufgrund der Objektivierbarkeit und Unabhängigkeit eines Untersuchers dem Lachman-Test vorgezogen wird.⁴⁴ Es gibt vier Gradeinteilungen physiologischer bzw. pathologischer Befunde: 1 bis 2 mm Verschieblichkeit gelten als normal, 3 bis 5 mm weisen auf eine leichte Instabilität, 6 bis 10 mm auf eine mittelschwere Instabilität und über 10 mm auf eine schwere Instabilität hin.⁴⁵

Da die Verschieblichkeit und die Laxität der Gelenke individuell variieren, gibt man beim KT1000-Test im Gegensatz zum Lachman-Test keinen allgemein gültigen Referenzbereich als pathologisch an, sondern bezieht sich auf den Seitenvergleich der untersuchten Knielenke. Ist der Seitenunterschied größer als 2 bis 3 mm, spricht man von einem pathologischen Befund.⁴⁶

2.6. Sprungtests

2.6.1. Counter-Movement Jump Test

Bei diesem Test hat der Proband eine aufrechte, beckenbreite Ausgangsstellung, bei der die Fußspitzen nach vorne zeigen. Die Arme umfassen dabei die Hüfte. Aus dem Stand

wird ein Sprung nach oben durchgeführt, bei dem der Körper vollständig gestreckt wird. Dabei darf Schwung aus der Hocke genommen werden („Ausholbewegung“) ohne jedoch die Arme zur Hilfe zu nehmen. Das Ziel ist es, so hoch wie möglich zu springen.^{47 48}

2.6.2. Single-Leg Squat Test

Der Single-Leg Squat Test unterscheidet sich vom Counter-Movement Jump Test insofern, als dass kein Sprung durchgeführt wird. Dieses Mal steht der Proband auf einem Bein und versucht, mit aufrechtem Oberkörper in die Hocke zu gehen und sich danach wieder aufzurichten. Ziel ist es dabei, die Balance zu halten, ohne das zweite Bein aufzusetzen und in die Ausgangsposition zurückzufinden. Das zweite Bein kann entweder zum Ausbalancieren genutzt werden oder sich am zu testenden Bein abstützen. Hierbei müssen die Arme nicht die Hüfte umfassen und dürfen zusätzlich zum Ausbalancieren zur Hilfe genommen werden. Es werden sowohl Schuss- als auch Standbein der Probanden getestet.⁴⁹

2.6.3. Single Leg Squat Airex® Kissen Test

Dieser Test gleicht fast vollständig dem Single-Leg Squat Test. Der einzige Unterschied besteht darin, dass das zu testende Bein auf einem Airex® Kissen steht. Das Airex® Kissen ist eine aus Schaumstoff bestehende Matte, die in höherem Maße ein Ausbalancieren des Probanden erfordert.⁵⁰ Das Ziel dieses Tests ist es ebenfalls, die Balance zu halten.⁵¹

2.6.4. Single-Leg Hop Test

Der Proband steht einbeinig auf dem zu testenden Bein und versucht, aus dem Stand einen Sprung nach vorne zu machen. Bei diesem Test sind Ausholbewegungen aus den Armen erlaubt. Das Ziel ist es, möglichst weit zu springen und erneut auf dem gleichen Bein zu landen, ohne das zweite Bein zur Hilfe zu nehmen.⁵²

2.7. Dokumentation und Datenmanagement

Bei allen Tests wurde das Sprungverhalten analysiert. Das wesentliche Augenmerk lag auf der Überprüfung der Stabilität des Kniegelenks. Es wurde besonders auf eine regelkonforme Testdurchführung geachtet, indem sowohl die Ausgangslage als auch die Landung beobachtet wurden, um eine Vergleichbarkeit sowohl zwischen Sprung- und Standbein als auch zwischen einzelnen Probanden sicherzustellen. Der Schwierigkeitsgrad nahm vom Counter-Movement Jump Test zum Single-Leg Squat Test zu, welches sich in der Häufigkeit beobachteter Kniegelenkinstabilitäten widerspiegelte.

Die Dokumentation erfolgte zunächst papierbasiert. Die Ergebnisse wurden anschließend in eine Microsoft-Excel-Datei übertragen. Aufgrund der überschaubaren Datenstruktur wurde Excel trotz der bekannten methodischen Limitationen als elektronisches Transfermedium akzeptiert.

Allen Probanden wurde mittels eines webbasierten Werkzeuges (<http://www.wort-satz-buch.de/kuenstlernamen-generator>) ein Pseudonym zugeordnet. Personenbezogene Daten wurden in einer separaten Entblindungs-Datei hinterlegt. Zu Letzterer hatten nur die beteiligten Wissenschaftler und deren unmittelbare Beauftragte (u.a. Study Nurses) Zugriff.

2.8. Biostatistik

Die erhobenen Daten wurden hypothesenfrei und explorativ ausgewertet. Im Vordergrund standen die Differenzen zwischen der Eingangs-, 1-Jahres- und 2-Jahres-Follow-up-Untersuchung in den verschiedenen Umfangmessungen, klinischen und apparativen Testverfahren.

Zur Deskription metrischer Variablen wurden folgende Größen verwendet: Anzahl, Mittelwert, Standardabweichung, Median, 25- und 75% Perzentile sowie Extremwerte (Minimum und Maximum). Die Verteilung kategorialer Daten wurde mittels absoluter und relativer Häufigkeiten beschrieben.

Zum Vergleich der Lage der Verteilung einer metrischen Variablen zu zwei Zeitpunkten wurde mit dem Shapiro-Wilk Test überprüft, ob Differenzen zwischen den Zeitpunkten normalverteilt waren. Wurde die Normalverteilungsannahme nicht abgelehnt ($p \geq 0,1$), so

wurde der Vergleich mit dem t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt. Im Falle der Ablehnung der Normalverteilungsannahme kam der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zur Anwendung.

Alle Tests wurden zweiseitig gerechnet. Die Analyse erfolgt explorativ. Aus diesem Grund müssen auch p -Werte rein deskriptiv interpretiert werden.

Alle statistischen Analysen wurden unter Anleitung durch erfahrene Epidemiologen und Biostatistiker durchgeführt.

2.9. Konformität mit guter wissenschaftlicher Praxis, GCP und GEP

Das ukb hat sich den von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) veröffentlichten Empfehlungen der guten wissenschaftlichen Praxis schriftlich verpflichtet.⁵³ Die hier präsentierte Untersuchung wurde unter Einhaltung der Standards der guten klinischen Praxis (GCP) und epidemiologischen Praxis (GEP) sowie den EQUATOR-Empfehlungen zur Berichterstattung von Beobachtungsstudien durchgeführt.⁵⁴

3. Ergebnisse

3.1. Basisprofil

Das Basisprofil der 42 männlichen Probanden ist in Tabelle 1 dargestellt. Von diesen nahmen alle Spieler sowohl an der initialen als auch an den Follow-up-Untersuchungen nach einem bzw. zwei Jahren teil. Erwartungsgemäß waren bei der Anamnese und körperlichen Befunderhebung keine gravierenden Auffälligkeiten festzustellen. Die untersuchten Spieler hatten im mittleren Alter von 5,1 (SD 1,5) Jahren mit dem Fußballsport begonnen und boten zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung eine mittlere Expositionsdauer von 9,1 (SD 2,8) Jahren. 34 Teilnehmer (81%) hatten bereits Verletzungen erlitten, von denen wiederum 41% das Kniegelenk betrafen (n=14). Vorerkrankungen gaben 11 Spieler (26%) an (u.a. Allergien und orthopädische Vorerkrankungen der Hüfte und des Rückens). Der mittlere BMI stieg während der zweijährigen Beobachtungsphase von 18,7 (SD 2,4) auf lediglich 20,4 (SD 2,2).

3.2. Fußballspezifische Merkmale

Das Schussbein war bei 33 (79%) Spielern rechts, bei neun (21%) links. Eine Torposition nahmen 10%, Abwehr und Mittelfeld zwischen 35 und 40% und Sturm rund 15%, der Spieler ein. Im Zweijahreszeitraum war eine leichte Verschiebung von der Mittelfeldspielposition hin zur Abwehrposition zu beobachten (Tabelle 2).

3.3. Vorerkrankungen und Verletzungen

Vorerkrankungen gaben 11 Spieler (26%) an; hierbei handelte es sich größtenteils um Allergien bzw. orthopädische Leiden wie Skoliose, Hüftdysplasie und Fußfehlstellung. Insgesamt gaben 34 (81%) Spieler an, bereits Verletzungen erlitten zu haben.

Weichteilverletzungen der unteren Extremität (vor allem Sprunggelenksdistorsionen) machten mit 42% den größten Anteil aus; gefolgt von Frakturen der oberen Extremität (21%). Rund 10% aller Teilnehmer hatten sich bereits einem operativen Eingriff am Kniegelenk unterziehen müssen.

Tabelle 1 Morphometrische Daten der untersuchten Jugendfußballer-Kohorte im Zweijahres-Beobachtungszeitraum.

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	<i>p</i>
Alter (Jahre)	U1	42	13,5	1,3	12	12	14	15	17	
	U2	42	14,5	1,3	13	13	15	16	18	
	Δ U2 bis U1	42	1,0	0,0	1	1	1	1	1	
	U3	42	15,5	1,3	13	14	16	17	19	
	Δ U3 bis U1	42	2,0	0,2	1	2	2	2	3	
	Δ U3 bis U2	42	1,0	0,2	0	1	1	1	2	
Größe (cm)	U1	42	165,4	12,7	142	152	169	177	184	
	U2	38	170,9	11,8	145	165	174	180	190	
	Δ U2 bis U1	38	4,5	3,0	0	2	5	7	11	<0,001**
	U3	41	173,9	10,2	153	167	176	181	193	
	Δ U3 bis U1	41	8,1	5,1	0	4	9	12	20	<0,001*
	Δ U3 bis U2	37	3,6	3,1	-1	1	3	6	10	<0,001*
Gewicht (kg)	U1	42	52,2	13,2	31	41	51	63	75	
	U2	38	58,5	13,1	34	47	59	68	84	
	Δ U2 bis U1	38	5,4	3,4	-3	4	5	8	16	<0,001*
	U3	41	62,4	12,5	39	54	63	70	91	
	Δ U3 bis U1	41	10,0	4,5	-1	8	10	13	18	<0,001**
	Δ U3 bis U2	37	4,7	2,7	-1	3	5	7	10	<0,001**

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	p
BMI (kg / m ²)	U1	42	18,7	2,4	15	17	18	20	24	
	U2	38	19,7	2,3	15	18	20	22	24	
	Δ U2 bis U1	38	0,9	0,9	-1	0	1	1	5	<0,001*
	U3	41	20,4	2,2	17	19	20	22	25	
	Δ U3 bis U1	41	1,7	0,9	-1	1	2	2	5	<0,001*
	Δ U3 bis U2	37	0,8	0,6	0	0	1	1	2	<0,001**

*Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

*t-Test für abhängige Stichproben

Tabelle 2 Spielpositionen anlässlich verschiedener Erhebungs-Zeitpunkte.

	Untersuchung					
	U1		U2		U3	
N	42		42		42	
Spielposition	n	%	n	%	n	%
fehlend	0	0	0	0	1	2
Tor	4	10	4	10	4	10
Abwehr	15	36	16	38	17	40
Mittelfeld	17	40	15	36	14	33
Sturm	6	14	7	17	6	14

3.4. Trainingsspezifische Merkmale

Das mittlere Alter bei Beginn der Fußballkarriere betrug 5,1 Jahre (SD 1,5, Spanne 3 bis 10 Jahre). Zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung hatten die Spieler bereits über 9,1 Jahre (SD 2,8) am Auswahltraining und den damit einhergehenden Sichtungsterminen teilgenommen.

Die Trainingstage pro Woche sanken im Mittel von 6,1 (SD 1,2) Tage auf 5,8 (SD 0,6) Tage bei einer gleichzeitigen Intensivierung der Wochenstundenzahl von 10,8 (SD 2,3) auf 12,5 (SD 2,3) (Tabelle 3 und Abbildung 1).

Tabelle 3 Trainingstage und Trainingsstunden pro Woche im Zeitverlauf.

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	<i>p</i> *
Trainingstage pro Woche	U1	42	6,1	1,2	1	6	7	7	7	
	U2	42	6,6	0,8	4	7	7	7	7	
	Δ U2 bis U1	42	0,5	1,2	-3	0	0	1	4	0,007
	U3	42	5,8	0,6	4	6	6	6	7	
	Δ U3 bis U1	42	-0,3	1,3	-2	-1	-1	0	4	0,064
	Δ U3 bis U2	42	-0,8	0,8	-2	-1	-1	0	2	<0,001
Trainings- stunden pro Woche	U1	42	10,8	2,3	6	10	11	12	18	
	U2	41	11,1	2,4	6	10	10	12	20	
	Δ U2 bis U1	41	0,4	3,1	-5	-2	0	2	8	0,743
	U3	42	12,5	2,3	6	11	12	14	21	
	Δ U3 bis U1	42	1,7	3,1	-4	0	2	3	13	<0,001
	Δ U3 bis U2	41	1,4	2,9	-8	0	1	4	8	0,002

*Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

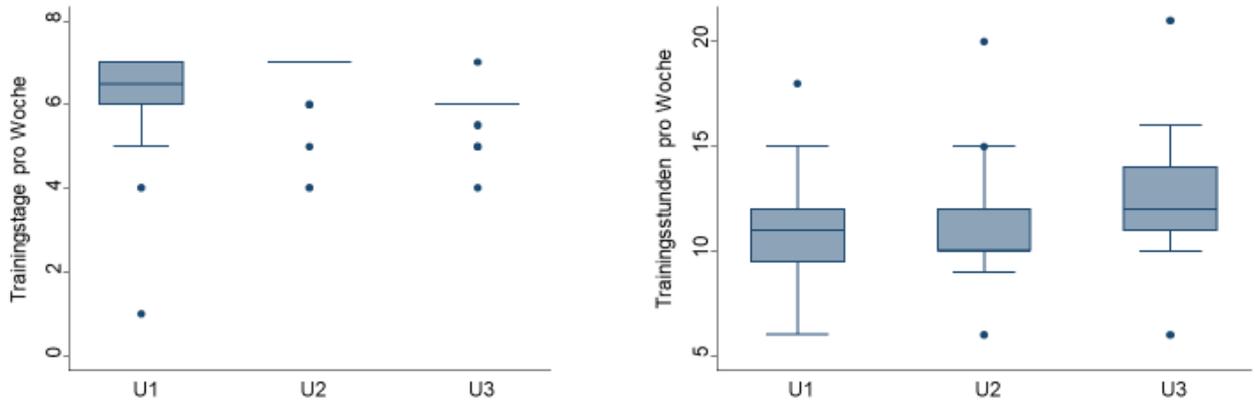


Abb. 1 Gegenläufige Entwicklung von Trainingstagen und Trainingsstunden pro Woche im zeitlichen Verlauf.

3.5. Trainingsmodalitäten

Die meisten Jugendsportler führten bei der Erstuntersuchung Athletiktraining, gefolgt von Stabilitäts- und Krafttraining durch. Bei der letzten Untersuchung absolvierten alle Probanden Athletik- und Stabilitätstraining.

3.5.1. Krafttraining

Die Häufigkeit eines Krafttrainings stieg innerhalb von zwei Jahren von 42 auf 68%. Auch die Krafttrainingsstunden pro Woche erhöhten sich von knapp einer Stunde auf über zwei Stunden. Zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung gaben die Sportler an, im Mittel bereits seit 12 Monaten Krafttraining auszuüben; dies entspräche einem Beginn des Krafttrainings im Alter von 14,5 Jahren (Abbildung 2, Tabellen 4 und 5).

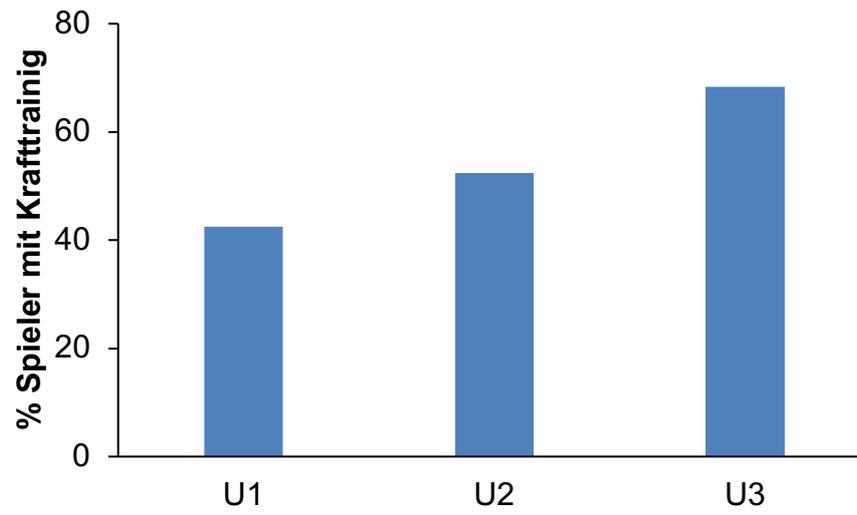


Abb. 2 Zeitabhängige Entwicklung des Krafttrainings.

Tabelle 4 Krafttrainingsstunden pro Woche zu verschiedenen Zeitpunkten.

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	p*
Trainings- stunden pro Woche	U1	15	0,9	0,8	0,	0	1	1	3	
	U2	18	2,3	2,1	1	2	2	3	10	
	Δ U2 bis U1	7	0,6	0,9	-1	0	1	1	2	0,188
	U3	28	2,1	1,2	1	1	2	3	5	
	Δ U3 bis U1	11	1,3	1,6	-1	0	1	2	5	0,013
	Δ U3 bis U2	17	0,1	2,3	-8	-1	0	1	3	0,195

Tabelle 5 Beginn und Dauer des Krafttrainings in Monaten zum Zeitpunkt U3.

Variable	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max
Krafttraining	28	11,9	7,5	1	6	12	15	30

3.5.2. Athletiktraining

Die Häufigkeit des Athletiktrainings stieg von 79 (n=31) auf 100% (n=39). Auch die Athletikstunden pro Woche erhöhten sich von knapp einer Stunde (0,9 Stunden; SD 0,2) auf über 1,5 Stunden (SD 0,5) (Abbildung 3, Tabelle 6 und 7).

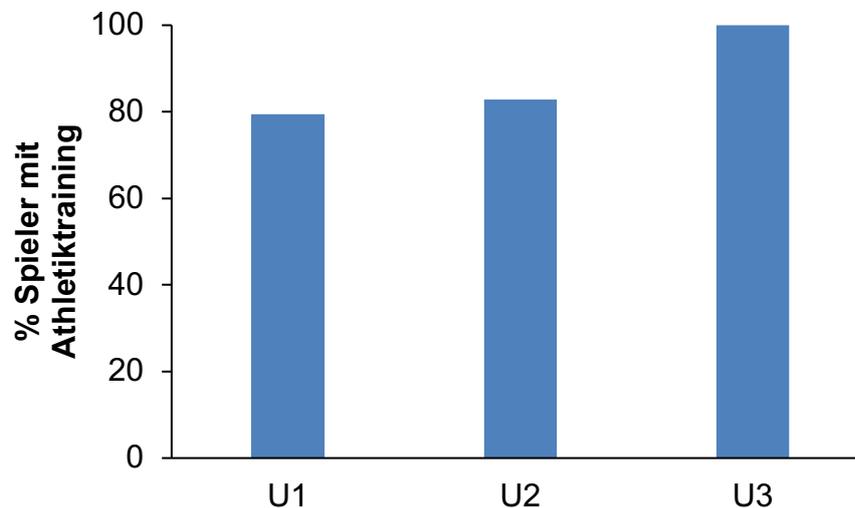


Abb. 3 Zeitabhängige Entwicklung des Athletiktrainings.

Tabelle 6 Häufigkeit des Athletiktrainings zu verschiedenen Zeitpunkten.

	U1		U2		U3	
	n	%*	n	%*	n	%*
Athletiktraining						
fehlend	3		1		3	
nein	8	20	7	17		
ja	31	80	34	83	39	100

*Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Anzahl nicht-fehlender Werte

Tabelle 7 Athletiktrainingsstunden pro Woche zu verschiedenen Zeitpunkten.

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	<i>p</i> *
Trainings- stunden pro Woche	U1	26	1,0	0,2	1	1	1	1	2	
	U2	1	4,0							
	Δ U2 bis U1									--
	U3	39	1,5	0,5	1	1	2	2	2	
	Δ U3 bis U1	24	0,6	0,5	-1	0	1	1	1	< 0.001
	Δ U3 bis U2	1	-3,0							--

*Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test

3.5.3. Stabilitätstraining

Die Häufigkeit des Stabilitätstrainings ist von der Erstuntersuchung von 69 Prozent (n=27) auf 100 Prozent gestiegen (n=41). Die Stabilitätstrainingsstunden pro Woche sind im Mittel mit 1,5 Stunden nahezu konstant geblieben (Abbildung 4, Tabelle 8 und 9).

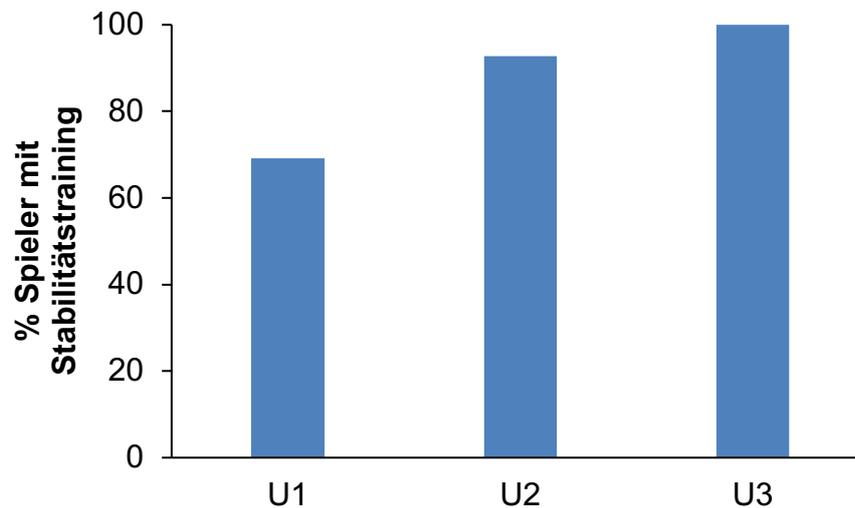


Abb. 4 Entwicklung des Stabilitätstrainings.

Tabelle 8 Häufigkeit des Stabilitätstrainings zu verschiedenen Zeitpunkten.

	U1		U2		U3	
	n	%*	n	%*	n	%*
Stabilitäts- training						
fehlend	3		1		1	
nein	12	31	3	7		
ja	27	69	38	93	41	100

*Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Anzahl nicht-fehlender Werte

Tabelle 9 Stabilitätstrainingsstunden pro Woche zu verschiedenen Zeitpunkten.

Variable	Zeitpunkt	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	<i>p</i> *
Trainings- stunden pro Woche	U1	21	1,5	1,9	0	1	1	1	7	
	U2	3	1,7	2,0	1	1	1	4	4	
	Δ U2 bis U1	0								--
	U3	40	1,5	0,5	1	1	2	2	2	
	Δ U3 bis U1	19	-0,1	1,8	-5	0	1	1	2	0,203
	Δ U3 bis U2	3	0,0	2,6	-3	-3	2	2	2	--

3.6. Ergebnisse der Umfangsmessungen

In diesem Abschnitt wird die Analyse der Beinumfangfänge der Spieler präsentiert (Tabelle 10 und Abbildung 5).

Sowohl im Standbein als auch im Schussbein konnte eine relevante, kontinuierliche Umfangsvergrößerung an allen Messpunkten zu jeder Untersuchung festgestellt werden ($p < 0,05$).

Der Umfang für das Schussbein in Höhe des Oberschenkels 20 cm oberhalb des Kniespalts veränderte sich von der Eingangsuntersuchung von 43,7 cm (SD 4,9), zu 45,5 cm (SD 4,2) in der Einjahresnachuntersuchung, zu 45,9 cm (SD 4,1) in der Zweijahresnachuntersuchung. Einen ähnlichen Trend zeichnete sich auch am Oberschenkel 10 cm über dem Kniegelenkspalt ab: Die Werte stiegen von 35,2 cm (SD 4,3), auf 36,9 cm (SD 3,6) und auf 37,3 cm (3,6) in der Zweijahresnachuntersuchung. Auf Höhe des Kniegelenkspalts und in im Bereich des Unterschenkels zeigen sich ebenfalls der Trend der stetigen Zunahme des Umfangs über den Zeitverlauf: 34,1 cm (SD 3,1) in der Erstuntersuchung, 34,9 cm (SD 2,6) in der Einjahresnachuntersuchung und 35,1 cm (SD 2,6) in der Zweijahresnachuntersuchung auf Höhe des Kniegelenks bzw. 31,1 cm (SD 4,2), zu 32,4 cm (SD 3,4), zu 33,0 cm (SD 3,2) im zeitlichen Verlauf auf Höhe des Unterschenkels.

Der Umfang für das Standbein in Höhe des Oberschenkels 20 cm oberhalb des Kniespalts veränderte sich von der Eingangsuntersuchung von 43,8 cm (SD 4,8), zu 45,0 cm (SD 4,1) in der Einjahresnachuntersuchung zu 45,6 cm (SD 4,2) in der Zweijahresnachuntersuchung.

Dies zeigte sich auch beim Oberschenkel 10 cm über dem Kniegelenkspalts: Die Werte stiegen kontinuierlich von 35,3 cm (SD 4,2) auf 36,6 cm (SD 3,3) auf 37,0 (SD 3,4).

Auf Höhe des Kniegelenkspalts und in im Bereich des Unterschenkels zeigten sich ebenfalls der Trend zur kontinuierlichen Umfangsvergrößerung: 33,9 cm (SD 3,1) in der Erstuntersuchung, 34,7 cm (SD 2,6) in der Einjahresnachuntersuchung und 35,0 cm (SD 2,5) in der Zweijahresnachuntersuchung auf Höhe des Kniegelenks bzw. 31,0 cm (SD 4,1) zu 32,1 cm (SD 3,4) zu 32,6 cm (SD 3,0) in Höhe des Unterschenkels.

Bei der Zweijahresnachuntersuchung war an allen Messpunkten im Schuss- und Standbein eine merkliche Vermehrung der Muskelumfänge zu verzeichnen. Diese reichte

im Mittel von 1,0 cm (SD 1,6) im Schuss- und Standbein auf Höhe des Kniegelenkspalts bis hin zu 2,2 cm (SD 2,1) im Oberschenkel des Schussbeins 20 cm oberhalb des Kniespalts.

Insgesamt erscheint das Schussbein in allen Messpunkten bei der Zweijahresnachuntersuchung muskulöser als das Standbein. Bei der Erstuntersuchung war sowohl der Oberschenkel als auch das Knie des Standbeins muskulöser.

Die Differenz in den Umfangsmessungen zwischen Stand- und Schussbein nahm auf Höhe des Oberschenkels und des Kniegelenks in zeitlichen Verlauf ab. Die Differenz betrug jeweils zwischen 0,2 cm (SD 0,4) auf Höhe des Kniegelenks und 0,8 cm (SD 1,4) auf Höhe des Oberschenkels 10 cm oberhalb des Kniegelenks.

Tabelle 10

Beinumfänge zu verschiedenen Zeitpunkten. *Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test, ** t-Test.

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	p^*
Oberschenkel 20	U1	42	43,7	4,9	35	40	43	48	53	
	U2	42	45,5	4,2	35	43	46	49	53	
Schussbein (cm)	Δ U2 bis U1	42	1,7	2,5	-4	1	2	4	7	<0,001**
	U3	42	45,9	4,1	36	43	45	49	53	
	Δ U3 bis U1	42	2,2	2,1	-4	1	2	4	7	<0,001**
	Δ U3 bis U2	42	0,4	1,9	-5	-1	1	2	4	0,090
Oberschenkel 20	U1	42	43,8	4,8	35	40	43	48	53	
	U2	42	45,0	4,1	35	42	45	48	52	
Standbein (cm)	Δ U2 bis U1	42	1,3	2,4	-3	-1	1	3	7	0,001**
	U3	42	45,6	4,2	36	42	45	49	54	
	Δ U3 bis U1	42	1,9	2,1	-4	1	2	4	6	<0,001**
	Δ U3 bis U2	42	0,6	1,7	-5	-1	1	2	4	0,020
Oberschenkel 20	U1	42	0,7	0,5	0	1	1	1	2	
	U2	42	0,7	0,7	0	0	1	1	2	
absolute Differenz der Beine (cm)	Δ U2 bis U1	42	0,1	0,9	-2	-1	0	1	2	0,602**
	U3	42	0,6	0,6	0	0	0	1	2	
	Δ U3 bis U1	42	-0,1	0,8	-2	-1	0	1	2	0,324
	Δ U3 bis U2	42	-0,2	0,3	-2	-1	0	0	2	0,168

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	p*
Oberschenkel	U1	42	35,2	4,3	27	33	35	40	45	
10	U2	42	36,9	3,6	27	35	37	39	45	
Schussbein	Δ U2 bis U1	42	1,7	2,9	-5	0	2	3	12	<0,001
(cm)	U3	42	37,3	3,6	29	35	37	40	45	
	Δ U3 bis U1	42	2,0	2,6	-3	1	2	3	14	<0,001
	Δ U3 bis U2	42	0,3	1,4	-2	-1	0	1	3	0,171
Oberschenkel	U1	42	35,3	4,2	27	33	35	39	45	
10	U2	42	36,6	3,3	27	35	37	39	44	
Standbein	Δ U2 bis U1	42	1,4	2,5	-6	-1	2	3	7	0,001**
(cm)	U3	42	37,0	3,4	29	35	37	39	45	
	Δ U3 bis U1	42	1,8	2,1	-4	1	2	3	7	<0,001**
	Δ U3 bis U2	42	0,4	1,2	-2	0	1	1	2	0,073
Oberschenkel	U1	42	0,8	1,4	0	0	1	1	9	
10	U2	42	0,4	0,6	0	0	0	1	2	
absolute	Δ U2 bis U1	42	-0,3	1,5	-9	-1	0	1	2	0,274
Differenz der	U3	42	0,5	0,6	0	0	0	1	2	
Beine	Δ U3 bis U1	42	-0,2	1,4	-8	-1	0	1	1	0,608
(cm)	Δ U3 bis U2	42	0,1	0,8	-2	0	0	1	1,0	0,316

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	p*
Knie	U1	42	34,1	3,1	28	32	34	37	41	
Schussbein	U2	42	34,9	2,6	28	34	35	37	40	
(cm)	Δ U2 bis U1	42	0,7	1,3	-2	0	1	2	4	0,001
	U3	42	35,1	2,6	30	34	35	37	42	
	Δ U3 bis U1	42	1,0	1,6	-2	0	1	2	5	<0,001**
	Δ U3 bis U2	42	0,3	1,0	-2	0	0	1	2	0,087
Knie	U1	42	33,9	3,1	28	32	34	36	40	
Standbein	U2	42	34,7	2,6	28	33	34	36	40	
(cm)	Δ U2 bis U1	42	0,8	1,1	-1	0	1	2	4	<0,001
	U3	42	35,0	2,5	30	33	34	36	42	
	Δ U3 bis U1	42	1,0	1,7	-3	0	1	3	5	<0,001**
	Δ U3 bis U2	42	0,2	1,1	-2	0	0	1	2	0,190
Knie	U1	42	0,3	0,4	0	0	0	1	1	
absolute	U2	42	0,2	0,5	0	0	0	0	2	
Differenz der	Δ U2 bis U1	42	0	0,7	-1	-1	0	0	2	0,371
Beine	U3	42	0,2	0,4	0	0	0	0	2	
(cm)	Δ U3 bis U1	42	-0,1	0,6	-1	-1	0	0	2	0,137
	Δ U3 bis U2	42	-0,1	0,7	-2	0	0	0	2	0,725

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	p*
Unterschenkel	U1	42	31,1	4,2	22	28	32	35	39	
Schussbein (cm)	U2	42	32,4	3,4	22	30	33	35	39	
	Δ U2 bis U1	42	1,3	1,9	-3	0	1	3	6	<0,001**
	U3	42	33,0	3,2	25	31	33	35	39	
	Δ U3 bis U1	42	1,8	1,7	-2	1	2	3	5	<0,001**
	Δ U3 bis U2	42	0,6	1,2	-2	0	1	1	3	0,009
Unterschenkel	U1	42	31,0	4,1	22	28	32	34	39	
Standbein (cm)	U2	42	32,1	3,4	22	30	32	35	39	
	Δ U2 bis U1	42	1,1	1,7	-2	0	1	3	4	<0,001
	U3	42	32,6	3,0	25	31	32	35	38	
	Δ U3 bis U1	42	1,6	1,7	-1	0	2	3	5	<0,001
	Δ U3 bis U2	42	0,5	1,3	-2	0	0	1	3	0,008
Unterschenkel	U1	42	0,5	0,5	0	0	1	1	2	
absolute	U2	42	0,6	0,6	0	0	1	1	2	
Differenz der Beine (cm)	Δ U2 bis U1	42	0,1	0,8	-2	0	0	1	2	0,401
	U3	42	0,6	0,6	0	0	0	1	2	
	Δ U3 bis U1	42	0,1	0,9	-2	-1	0	1	2	0,580
	Δ U3 bis U2	42	0	0,8	-2	-1	0	1	2	0,771

Schussbein

Standbein

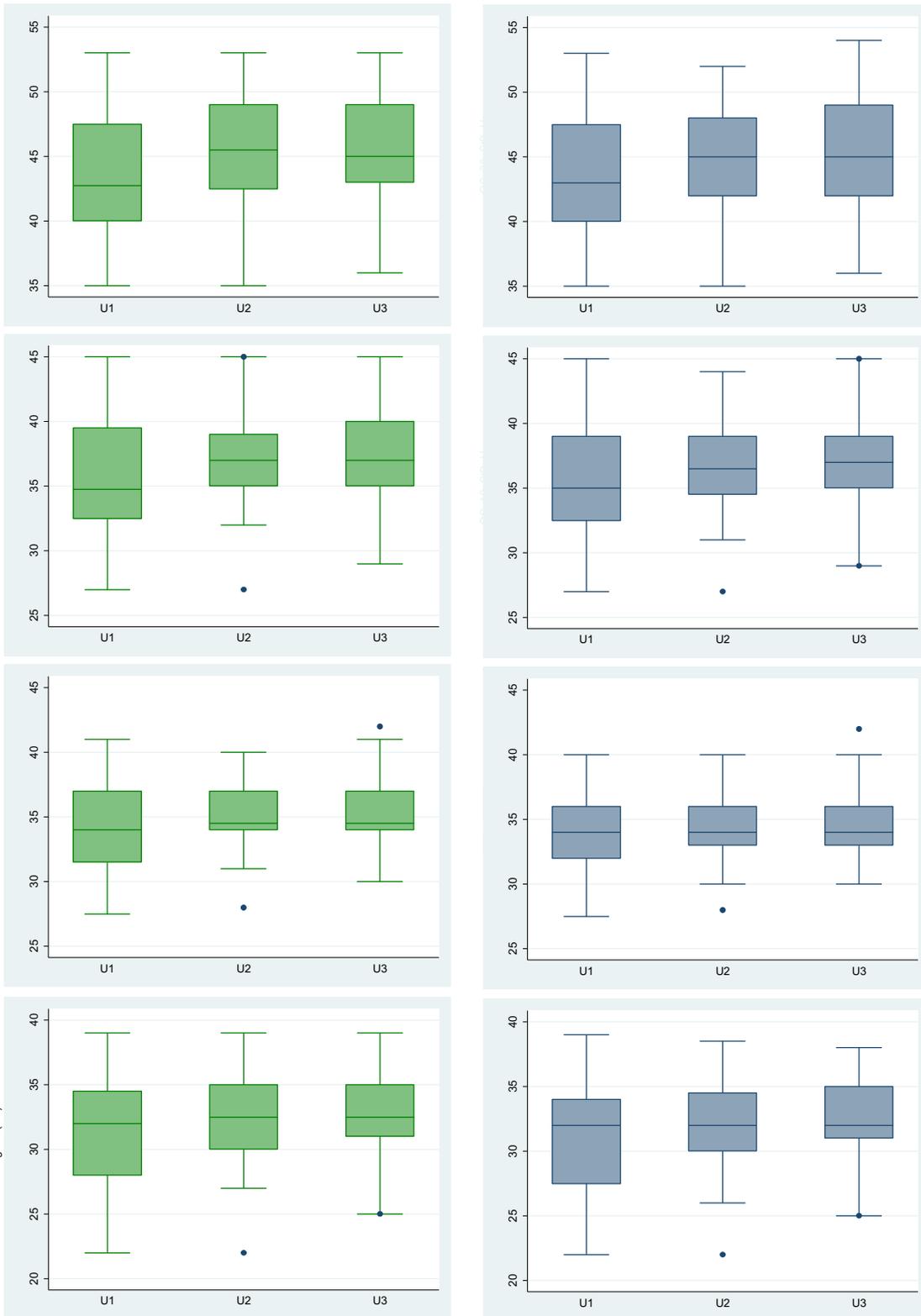


Abb. 5 Entwicklung der Umfänge (in cm) im Schuss- und Standbein 20 cm und 10 cm oberhalb, auf Höhe und 15 cm unterhalb des Kniegelenkspalts.

3.7. Ergebnisse der KT1000 Messungen

In diesem Abschnitt werden die objektiven, apparativen Messungen der vorderen Schublade im Kniegelenk mittels KT1000 abgebildet (Tabelle 11 und Abbildung 6).

Bei der Initialuntersuchung zeigten 31% der Spieler (n=13) in der KT1000 Arthrometer Messung eine Instabilität im Kniegelenk (Differenz von ≥ 3 mm im Seitenvergleich). Im Folgejahr waren es lediglich zwei Spieler (4,7%) und in der Zweijahresnachuntersuchung vier Spieler (9,5%). Insgesamt zeigte sich eine Abnahme der Instabilität im Kniegelenk in der KT1000 Arthrometer Messung.

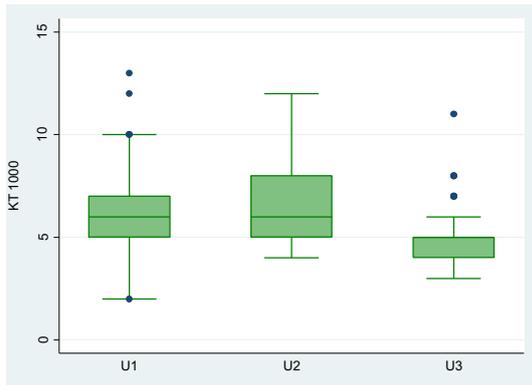
Die mittlere Seitendifferenz in der vorderen Schublade, gemessen mit dem KT1000 Arthrometer, nahm von der Erst- zur Zweijahresnachuntersuchung von im Mittel 1,7 mm (SD 1,7) auf 1,2 mm (SD 1,1) ab. Insgesamt zeigte sich zu allen Untersuchungszeitpunkten sowohl im Schuss- als auch im Standbein eine relevante Abnahme der Aufklappbarkeit von 6,5 mm (SD 2,3) auf 4,9 mm (SD 1,7) im Schussbein und im Standbein von 7,5 mm (SD 2,4) auf 5,6 mm (SD 2,1) ($p < 0,05$).

Tabelle 11 KT1000 Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten. *Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test, **t-Test.

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	<i>p</i> *
KT 1000	U1	42	6,5	2,3	2	5	6	7	13	
Schussbein	U2	42	6,4	2,0	4	5	6	8	12	
	Δ U2-U1	42	-0,1	2,4	-4	-2	-1	1	6	0,559
	U3	42	4,9	1,7	3	4	5	5	11	
	Δ U3-U1	42	-1,6	2,1	-6	-3	-2	0	3	<0,001**
	Δ U3-U2	42	-1,5	2,1	-7	-3	-1	0	2	<0,001**
KT 1000	U1	42	7,5	2,4	4	6	7	9	16	
Standbein	U2	42	6,8	1,7	4	5	7	8	11	
	Δ U2 bis U1	42	-0,7	2,4	-6	-3	-1	1	3	0,059**

Variable	Zeitpunkte	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	p*
	U3	42	5,6	2,1	3	4	5	6	15	
	Δ U3 bis U1	42	-1,9	2,4	-6	-3	-2	0	4	<0,001**
	Δ U3 bis U2	42	-1,2	2,1	-6	-2	-1	-1	5	<0,001
KT 1000	U1	42	1,7	1,3	0	1	1	3	5	
absolute	U2	42	1,0	0,9	0	0	1	2	3	
Differenz der	Δ U2 bis U1	42	-0,7	1,7	-4	-2	-1	1	2	0,007
Beine	U3	42	1,2	1,1	0	1	1	2	5	
	Δ U3 bis U1	42	-0,5	1,4	-4	-1	-1	0	2	0,038
	Δ U3 bis U2	42	0,2	1,2	-3	0	0	1	3	0,215

Schussbein



Standbein

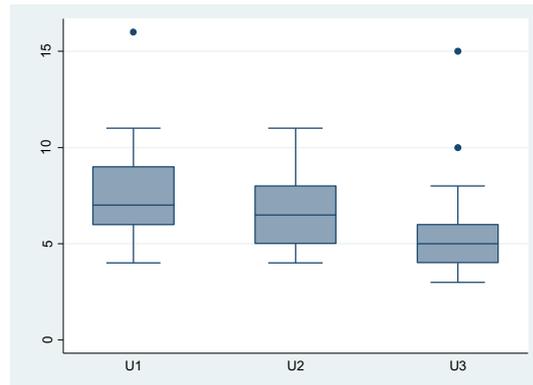


Abb. 6 Entwicklung der vorderen Laxität im Kniegelenk mittels KT1000 Messung in Schuss- und Standbein (in mm).

3.8. Ergebnisse der Sprungtests

In diesem Abschnitt wird die Analyse der Daten der Sprungtests der Spieler präsentiert (Abbildung 7 und Tabelle 12).

Die Ergebnisse bildeten den zunehmenden Schwierigkeitsgrad von Jump- über Squat- hin zum Airex®-Squat -Test ab.

Insgesamt nahm die Knieinstabilität in jeden Sprungtest über den zeitlichen Verlauf ab. Zudem präsentierte sich das Schussbein im zeitlichen Verlauf bei jedem Sprungtest zu jedem Zeitpunkt instabiler als das Standbein.

Bei der Eingangsuntersuchung fanden sich, in Abhängigkeit vom Testverfahren, Instabilitäten des Schuss- und Standbeins in bis zu 78,0% bzw. 48,8% der Fälle. Bei der Zweijahresnachuntersuchung zeigten sich in allen Sprungtests sowohl im Schuss- als auch im Standbein eine Abnahme oder sogar Aufhebung der Instabilitäten im Vergleich zur Eingangsuntersuchung. In dem Sprungtest mit dem höchsten Schwierigkeitsgrad (Airex® Sprungtest) zeigte sich eine Abnahme der Instabilität auf 36,6% im Schussbein bzw. 9,8% im Standbein nach zwei Jahren.

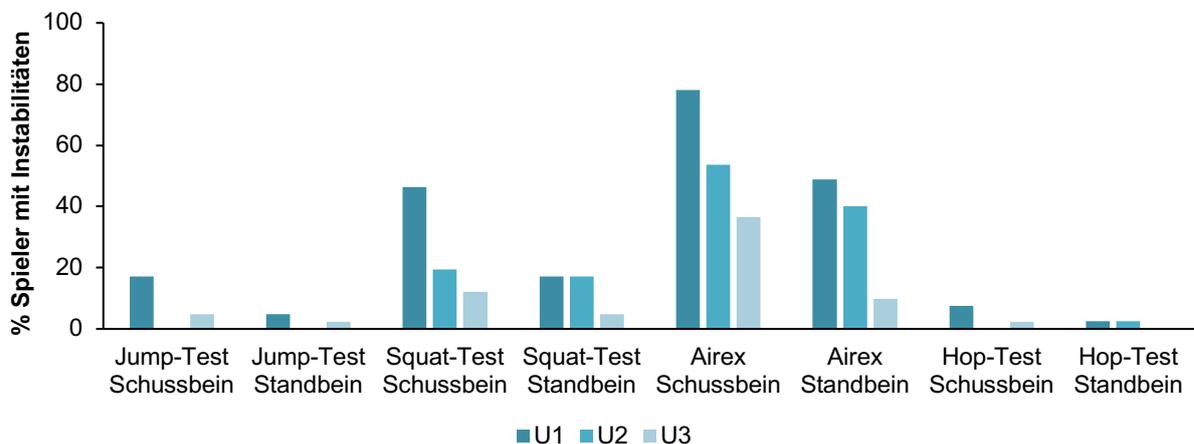


Abb. 7 Entwicklung der Instabilitäten in den jeweiligen Sprungtests in Prozent.

Tabelle 12 Ergebnisse der Sprungtests zu verschiedenen Zeitpunkten.

Test	Bein	Wert	U1		U2		U3	
			n	%*	n	%*	n	%*
Jump	Schussbein	fehlend	1		1		1	
		0	34	83	41	100	39	95
		1	7	17			2	5
	Standbein	fehlend	1		1		1	
		0	39	95	41	100	40	98
		1	2	5			1	2
Squat	Schussbein	fehlend	1		1		1	
		0	22	54	33	80	36	88
		1	19	46	8	20	5	12
	Standbein	fehlend	1		1		1	
		0	34	83	34	83	39	95
		1	7	17	7	17	2	5
Airex	Schussbein	fehlend	1		1		1	
		0	9	22	19	46	26	63
		1	32	78	22	54	15	37
	Standbein	fehlend	1		2		1	
		0	21	51	24	60	37	90
		1	20	49	16	40	4	10
Hop	Schussbein	fehlend	2		3		1	
		0	37	93	39	100	40	98
		1	3	7			1	2
	Standbein	fehlend	2		2		2	
		0	39	98	39	98	40	100
		1	1	2	1	2		

*Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Anzahl nicht-fehlender Werte.

3.9. Knieverletzungen

In diesem Abschnitt wird die Analyse der Daten zu Verletzungen präsentiert (Tabelle 13 und 14).

Insgesamt war die Anzahl derer, die bereits Verletzungen erlitten hatten, mit 81% (n=34) hoch.

Tabelle 16 zeigt die Prävalenz der Knieverletzungen in der Erstuntersuchung und die Inzidenz zu den Zeitpunkten der Einjahres- und Zweijahresnachuntersuchung. Bei der Eingangsuntersuchung hatten bereits 21,4% (n=9) eine Knieverletzung erlitten. Ein Jahr später sind weitere fünf Verletzungen (12,2%) aufgetreten oder bestanden weiterhin, im darauffolgenden Jahr lediglich zwei neue bzw. bestehende Verletzungen (4,9%). In dieser Stichprobe scheint es also eine Abnahme der Inzidenz von Knieverletzungen zu geben.

Die nachfolgende Tabelle 13 enthält die absoluten und relativen Häufigkeiten der Knieverletzungen für die verschiedenen Zeitpunkte. Zu U1 wurden die Knieverletzungen vor U1 erfasst, für U2 und U3 die Verletzungen innerhalb der letzten zwölf Monate vor der Untersuchung.

Tabelle 13 Häufigkeit von Knieverletzungen zu verschiedenen Zeitpunkten.

Knieverletzung	U1		U2		U3	
	n	%*	n	%*	n	%*
fehlend			1		1	
nein	33	79	36	88	39	95
ja	9	21	5	12	2	5

*Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Anzahl nicht-fehlender Werte.

Insgesamt gaben zu den drei Untersuchungszeitpunkten 33,3% der Spieler (n=14) Beschwerden und Verletzungen des Kniegelenks an. Diese betrafen eher das Schussbein (n=5) als das Standbein (n=3) bzw. beide Beine (n=2). Fehlende Werte waren in vier Fällen zu verzeichnen.

Bei der genaueren Betrachtung der Knieverletzungen zeigten sich vor allem Verletzungen des Innen- bzw. Außenmeniskus in über ein Drittel der Fälle (n=5), der Seitenbänder des Kniegelenks in 14% der Fälle (n=2) bzw. sonstige nicht näher bezeichnete Verletzungen des Knies (n=5).

Ein Morbus Osgood-Schlatter fand sich bei 7,3% (n=3) der Spieler (Anmerkung: Morbus Osgood-Schlatter beschreibt die schmerzhafte Reizung der Insertion der Patellasehne und ist häufig mit einem freien Gelenkkörper/Knochenstück verbunden).

Die nachfolgende Tabelle 14 enthält die absoluten und relativen Häufigkeiten der Daten zu den Verletzungen der Spieler.

Tabelle 14 Häufigkeit von Verletzungen.

Variable	Wert	n	%*
Verletzungen/ Beschwerden Knie	nein	28	67
	ja	14	33
betroffene Seite Knie	fehlend	4	
	Schussbein	5	50
	Standbein	3	30
	beidseits	2	20
Verletzungsart	fehlend	0	
	Außen-/Innenmeniskus	5	36
	Prellung	1	7
	Vorderes-/Hinteres Kreuzband	1	7
	Mediales-/Laterales Seitenband	2	14
	sonst	5	36

Variable	Wert	n	%*
Alter bei Verletzung (Jahre)	fehlend	7	
	11	2	30
	14	1	14
	15	1	14
	16	1	14
	17	1	14
	19	1	14
Schlatter	fehlend	1	
	nein	38	93
	ja	3	7

*Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Anzahl nicht-fehlender Werte.

3.10. Ergebnisse des Gesundheitszustands

In diesem Abschnitt wird der allgemeine Gesundheitszustand der Spieler dargestellt (Tabelle 15 und Abbildung 8).

Der allgemeine Gesundheitszustand wurde in der Eingangsuntersuchung auf der visuellen Analogskala (VAS) des EuroQol-5D-Instruments (EQ5D) im Median mit 90 bewertet und blieb im Median sowohl in der Einjahresnachuntersuchung als auch in der Zweijahresnachuntersuchung konstant.

Tabelle 15 Allgemeiner Gesundheitszustand (EQ5D VAS) zu verschiedenen Zeitpunkten.

Variable	Zeitpunkt	N	Mittel	SD	Min	25% Perzentil	Median	75% Perzentil	Max	<i>p</i> *
Gesundheits- zustand	U1	42	85,3	13,6	26	80	90	95	100	
	U2	42	87,5	9,2	60	80	90	95	100	
	Δ U2 bis U1	42	2,2	15,6	-20	-5	0	5	69	0,790
	U3	42	83,2	16,5	5	80	90	90	100	
	Δ U3 bis U1	42	-2,1	20,2	-81	-10	0	5	64	0,434
	Δ U3 bis U2	42	-4,3	15,5	-65	-10	0	5	20	0,149

*Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test

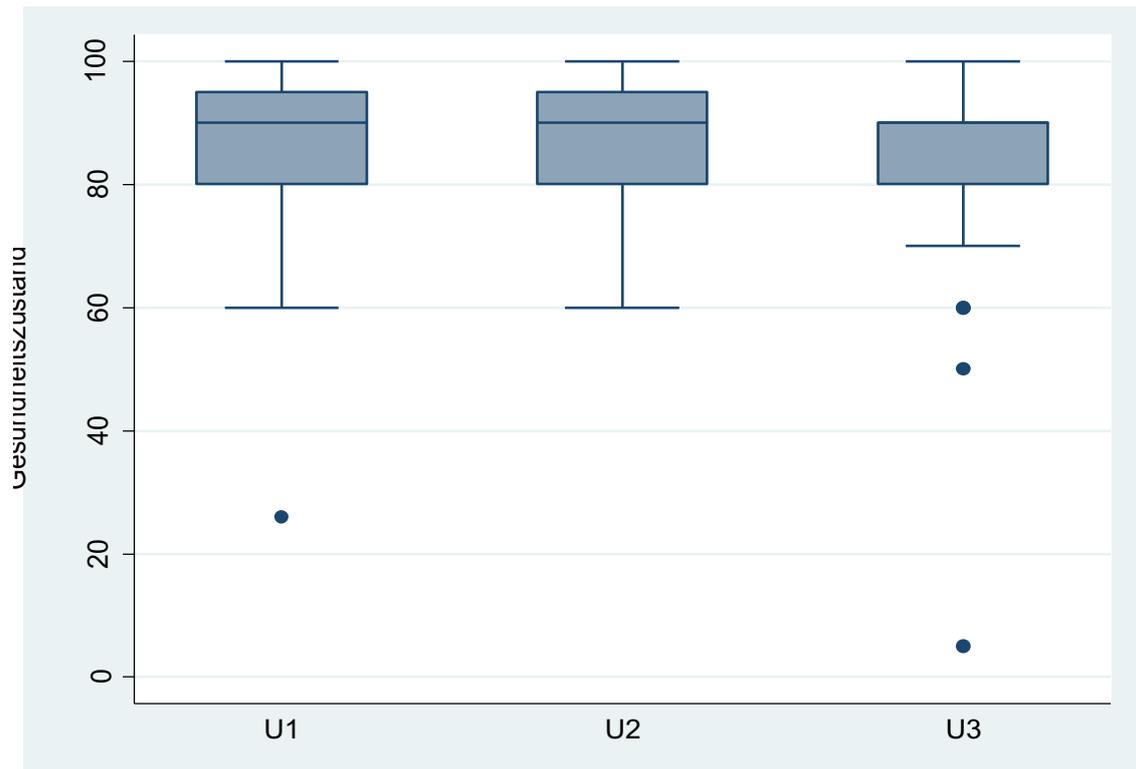


Abb. 8 Subjektive Angabe des Gesundheitszustands mittels visueller Analogskala des EQ5D Instruments.

4. Diskussion

4.1. Zusammenfassung der Hauptergebnisse

Diese Untersuchung an weitgehend gesunden, männlichen Fußballspielern zeigte über einen Zeitraum von zwei Jahren, dass es eine hohe Trainingsintensität mit steigender Tendenz gibt und eine Ausübung unterschiedlichen Trainingsmodalitäten favorisiert wird.

Bei den Umfangsmessungen konnte eine Zunahme der Muskelmasse der unteren Extremität an allen Messpunkten zu jedem Untersuchungszeitpunkt festgestellt werden. Dies gilt sowohl für das Schuss- als auch das Standbein, wobei sich das Schussbein muskulöser entwickelte als das Standbein.

Die Aufklappbarkeit im Kniegelenk gemessen mittels KT1000 Arthrometer in Form der vorderen Schublade nahm im Schuss- und Standbein ab. Insgesamt konnte mittels Auswertung des Seitenvergleichs auch eine Senkung der Instabilität verzeichnet werden. Ähnlich verhielt es sich bei den Sprungtests. Über den Zweijahreszeitraum konnten in allen Funktionstests weniger Instabilitäten oder sogar die Aufhebung von Instabilitäten beobachtet werden.

Bei der generell hohen Verletzungsprävalenz von 81% bei der Erstuntersuchung konnte bei Knieverletzungen eine Abnahme der Inzidenz über den Untersuchungszeitraum festgestellt werden.

4.2. Diskussion der Methoden

4.2.1. Studienpopulation

Stärken dieser Untersuchungen sind die klar umrissene Population, deren Einbindung in ein sportmedizinisches Gesamtkonzept aus Eingangs- und kontinuierlichen (dabei verpflichtenden) Nachuntersuchungen derjenigen Spieler, welche eine über den Freizeitbereich hinausgehende Sportkarriere planen, die Kooperation zwischen Verein und medizinischer Institution mit durchgehender (d.h., 24 / 7) Ansprechbarkeit, maximalen Diagnose-, Therapie- und Rehabilitationsoptionen und deren wissenschaftliche Begleitung.

Die Studienpopulation bestehend aus jungen, männlichen Probanden eignete sich optimal für die Sammlung von Informationen bezüglich der sportmedizinischen Entwicklung. Der Vorteil ist, dass diese Gruppe aufgrund des Alters deutliche Wachstumsveränderungen zu verzeichnen hatte und mehr Möglichkeiten der Prävention bezüglich Erst- und Langzeitverletzungen liefern kann. Ein entscheidender Vorteil entstand auch dadurch, dass die Studie prospektiv angelegt wurde und der Proband als Individuum Einfluss auf seine eigene Karriereplanung durch engmaschige, sportmedizinische Untersuchungen nehmen und davon profitieren kann.

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten wurden nur diejenigen Sportler untersucht, die an allen drei Untersuchungszeitpunkten teilgenommen haben.

Die Untersuchung weist allerdings auch Einschränkungen auf, welche eine Generalisierung der Ergebnisse verbietet.

Schwächen zeigten sich in der Heterogenität der Altersgruppen (12-19 Jahre); dies führte dazu, dass sich die Gruppe in Körperbau und Expositionsdauer, welche das Fußballspielen angeht, stark unterschieden hat. Ebenfalls nachteilig war der kurze Untersuchungszeitraum. Dadurch kann das Langzeit-Outcome nicht endgültig erfasst und ausgewertet werden. Ein weiterer Nachteil der Studie war, dass es eine hohe Drop-out-Rate gibt; also Spieler, die nicht an allen Untersuchungen teilgenommen haben. So haben von den initial 146 untersuchten Probanden lediglich 42 Probanden an allen Untersuchungen teilgenommen, sodass sich eine Drop-Out-Rate von knapp 71% ergibt. Über die Ursachen des Ausscheidens kann keine Aussage getroffen werden. Mögliche Ursachen könnten ein Vereinswechsel oder der Verzicht auf eine Profisportkarriere sein. Ob dabei eine Verletzung oder private Gründe eine Rolle spielen, war unklar.

Eine Ablehnung der sportmedizinischen Routinediagnostik durch individuelle Sportler bzw. deren Erziehungsberechtigten scheint eher unwahrscheinlich, da diese mit dem Fortkommen innerhalb der Vereinsstrukturen (u.a. Trainingslager, Sponsoring) gekoppelt ist.

Die untersuchte Kohorte in anderen Studien ist meist um einiges größer. Insgesamt werden häufig Meta-Analysen durchgeführt, um Datensätze zusammenzubringen und Ergebnisse neu interpretieren zu können.^{8 14 16} Dies erscheint vor dem Hintergrund der Aufzeichnung von Verletzungshäufigkeiten und deren Zusammenhänge sinnvoll.

Ebenfalls ist es eine Schwäche der Studie, dass es keine Referenzgruppe gibt. Für den Vergleich und die Unterscheidung zwischen beispielsweise wachstumsbedingten,

unabhängigen Messgrößenveränderungen und gezielt, durch Training bewirkten Veränderungen, hätte es eine Gruppe ohne Training oder zumindest isoliert mit nur einer einzelnen Trainingsmodalität geben müssen. Dies ist jedoch in dieser Form nicht durchzuführen beziehungsweise nicht sinnvoll gewesen.

4.2.2. Fragebogeninstrument

Die Datenerhebung mittels Fragebogen bietet viele Vorteile. Die Datenerhebung konnte einheitlich und umfangreich durchgeführt werden. Bei der Auswahl der Fragen wurde darauf Wert gelegt, den Sportler in Basisdaten und fußballspezifischen Merkmalen zu skizzieren, ohne den Fragebogen zu überladen.

Nachteilig ist hier zu nennen, dass die Fragebögen subjektiv zu werten sind. Bei den nachuntersuchten Sportlern lagen ebenfalls fehlende Informationen in den Fragebögen vor. Diese können zufällig (missing at random) oder systematisch entstanden sein. Eine retrospektive Analyse der Gründe für diese missing data ist schwer zu führen.

Fragebögen sind ein häufig eingesetztes Instrument, um Daten zu erfassen. Sie wurden auch von anderen Studien zu diesem Thema verwendet.²³

4.2.3. Umfangsmessungen, Knie-tests und Funktionsprüfungen

Neben den Fragebögen wurden zusätzlich objektive Instrumente verwendet. Die Messung von Umfängen bietet den Vorteil, dass es bei richtiger Anwendung kaum Fehlermöglichkeiten bietet und untersucherunabhängig ist.

Zur Überprüfung der Kniegelenksstabilität gibt es mehrere Möglichkeiten der Testung. Zum einen unterscheidet man untersucherabhängige (subjektive) Messmethoden von unabhängigen (objektiven) Testmethoden; zum anderen unterscheidet man zwischen statischen Tests und dynamischen Tests.

Der KT1000 Arthrometer prüft die Verschieblichkeit zwischen Tibia und Femur in anteroposteriorer Achse. Er dient als zuverlässige Methode zur Bestimmung der Vorderen Aufklappbarkeit im Kniegelenk.⁵⁵

Diese Untersuchung mittels KT1000 ist eine seit vielen Jahre durchgeführte Untersuchung und zur Testung der vorderen Schublade des Kniegelenks etabliert, jedoch auch umstritten bezüglich der Validierung.

Forster et al. haben herausgefunden, dass der KT1000 Arthrometer nicht nur untersucherabhängig ist, sondern auch beim gleichen Untersucher teils unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Aufklappbarkeit im Kniegelenk liefert.⁵⁶

Andere Untersuchungen führten zu gegenteiligen Ergebnissen: Taylor et al. bewertete den KT1000 bei einer kleinen Population von 15 gesunden Freiwilligen (Alter 24 (SD 4)) als zuverlässig, solange die Untersucherposition identisch und somit vergleichbar gewählt wurde.⁵⁵

4.3. Diskussion der Ergebnisse

4.3.1. Verletzungshäufigkeiten, insbesondere Knieverletzungen

Generell ist Fußball ein Kontaktsport mit einer hohen Verletzungswahrscheinlichkeit.¹¹ Dies spiegelt sich auch in der Verletzungshäufigkeit der Probanden in dieser Arbeit wider. Demnach hatten 81% der Probanden bereits Verletzungen erlitten. Zudem scheint es eine Häufung von Knieverletzungen zu geben, welche 41% aller Verletzungen ausmachen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien, welche ebenfalls Verletzungen der unteren Extremität als häufigste Verletzungslokalisation identifizieren konnten.^{8 14}

Da keine weitere Differenzierung der Verletzungsart (oder eine Verifikation durch klinische Dokumentationen) erfolgte, unterliegen die Daten natürlich dem Risiko einer Missklassifikation. Möglicherweise wurden von den Betroffenen nur schwerwiegendere, längerfristig bedeutsame Verletzungen angegeben und selbstlimitierende Zerrungen und Stauchungen nicht erwähnt.⁸ Die Beobachtungen dieser Untersuchung decken sich mit denjenigen aus anderen Studien.^{8 12 14 57 58}

Es bleibt unklar, ob es einen Zusammenhang zwischen der Abnahme der Inzidenz von Knieverletzungen und dem Training gibt oder ob es ein mögliches Ausscheiden der Verletzten gab, die somit nicht alle drei Untersuchungen absolvieren konnten.

Die Daten unterstreichen dennoch das allgemeine Verletzungsrisiko im Fußballsport. Da das Verletzungsrisiko im Spiel mit Gegenspielereinwirkung besonders hoch ist, hat die

FIFA eine Fairplay-Kampagne gestartet. Die Wirksamkeit wurde bisher jedoch erst im Frauenfußball nachgewiesen. Verstärkt soll auf eine „sichere Umgebung“ (d.h., intakte Torpfosten, gute Qualität des Spieluntergrunds) geachtet werden, um Verletzungen vorzubeugen.⁸ Ebenfalls hat sich ein speziell von der FIFA entwickeltes Aufwärmprogramm „FIFA 11+“ etabliert.^{30 31} Mehrere Studien konnten einen positiven Effekt auf die Verletzungshäufigkeit nachweisen. Die Verletzungsinzidenzen sanken bei regelmäßiger Anwendung um 30-70%.³²⁻³⁴

4.3.2. Trainingsmodalitäten und -intensitäten

Eine Trainingsmodalität bzw. eine Kombination verschiedener Trainingsverfahren, welche sich günstig auf die Muskelmasse, Instabilität und das Verletzungsrisiko auswirken würde, wurde in dieser Arbeit nicht untersucht. Die Anzahl der ausgeübten Trainingsmodalitäten wurden lediglich quantitativ erfasst und es gab keine Einteilung in verschiedene Trainingsgruppen mit jeweils unterschiedlichen Trainingsmodalitäten, deshalb kann kein Zusammenhang zu Dosis-Wirkung Beziehung der verschiedenen Trainingsmodalitäten auf Muskelmasse, Instabilität und Verletzungsrisiko hergestellt werden, welches die Aussagekraft limitiert.

Eine Aufteilung in Gruppen, die über einen gewissen Zeitraum unterschiedliche Trainingsmodalitäten ausführen, erscheint gleichzeitig in der Realität nicht sinnvoll und aufgrund von gemeinsamen Mannschaftstrainings nicht möglich. Die statistische Aufarbeitung von Trainingsdetails und deren direkten Effekt scheint letztendlich nahezu unmöglich, da das Training von vielen Faktoren abhängt und keine Laborbedingungen herrschen.

Walden et al. konnte in einer Studie zeigen, dass ein 15 minütiges Neuromuskuläres Training bestehend aus den Komponenten für Kräftigung, Beweglichkeit und Gleichgewicht bei weiblichen Jugendfußballspielerinnen anstelle eines regulären Aufwärmens die Verletzungsinzidenz im Kniebereich um 28% senken kann.⁵⁹

Auch unter dem ökonomischen Aspekt gibt es eine positive Bilanz des 15-minütigen Neuromuskulären Trainings, da die gesellschaftlichen Gesamtkosten um 43% gesenkt werden konnten. Trotz Mehrkosten durch das Training wirkte sich der Wegfall der Verletzungskosten positiv auf die Gesamtkosten aus.⁶⁰

Diese Arbeit zeigte über den Zweijahreszeitraum eine Zunahme der Trainingsstunden. Vor dem Hintergrund des sportlichen Erfolgs fand Coppalle et al. allerdings heraus, dass ein erhöhter Trainingsaufwand in der Vorbereitung nicht zu einem besseren, sportlichen Gesamtabschneiden führt.⁶¹ Vor dem Hintergrund, dass Verletzungen mit vermehrter Exposition steigen^{8 14}, ist es fraglich, ob sich der erhöhte Trainingsaufwand positiv auf die Gesundheit der Probanden auswirkt. Die richtige Intensität ist wahrscheinlich individuell unterschiedlich. Dies sollte bei der Entwicklung von Trainingsplänen berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse zu den Trainingsmodalitäten und -intensitäten unterstreichen die Notwendigkeit eines individuellen Zuschnitts von Trainingsplänen und Aufwärmprogrammen auf die Bedürfnisse und Leistungsprofile der einzelnen Sportler und für die Prävention von Verletzungen.^{8 12 14 57}

4.3.3. Umfänge

Über den Untersuchungszeitraum konnte bei den Probanden eine stetige, relevante Zunahme der Muskelumfänge verzeichnet werden. Es kann jedoch anhand dessen nicht unterschieden werden, ob der Muskelzuwachs durch Training oder normales Größenwachstum der Probanden zu Stande gekommen ist. Hier wäre eine Referenzgruppe von Nicht-Sportlern nötig gewesen, um herauszufinden, ob es in dieser Gruppe ein ähnliches Muskelwachstum gegeben hätte. Die Arbeit liefert zudem keine Zusammenhänge dazu, ob der Muskelzuwachs im Zusammenhang mit der verbesserten Stabilität in den Knie-tests und Funktionsprüfungen oder der niedrigeren Inzidenz von Knieverletzungen steht.

In anderen Studien wurde herausgefunden, dass jugendliche Fußballspieler mehr Muskelmasse haben als Nicht-Sportler und bei den Fußballspielern das dominante Bein muskulöser ist als das andere Bein.⁶² Dies wiederum deckt sich mit den Ergebnissen dieser Arbeit, welche ebenfalls das dominante Schussbein als muskulöser identifizierte. Umfangsmessungen werden jedoch vor allem für die Nachkontrolle nach erlittenen Verletzungen verwendet. Die Messung spielt zum Beispiel bei Muskelatrophie nach Kreuzbandverletzung eine Rolle.⁶³

4.3.4. KT1000 Arthrometer und funktionelle Sprungtests

Sowohl im KT1000 Arthrometer als auch bei den funktionellen Sprungtests konnte eine Minderung der Aufklappbarkeit im Kniegelenk und Abnahme der Instabilität verzeichnet werden. Wie zu erwarten stieg mit zunehmender Schwierigkeit der Sprungtests die Instabilität. Gleichwohl konnten über den Untersuchungszeitraum die Instabilitäten gesenkt oder sogar aufgehoben werden. Ob dies beispielsweise mit dem erfolgten Muskelaufbau, einer erhöhten Trainingsintensität oder dem Ausüben einer bestimmten Trainingsmodalität assoziiert ist, wurde nicht geklärt. Auffällig war in den Sprungtests zudem, dass das Schussbein sich instabiler als das Standbein präsentiert, obwohl sich das Schussbein in den Umfangsmessungen muskulöser präsentierte.

Auch Medrano et al. konnte herausfinden, dass Sportler und Sportlerinnen eine geringere Laxität im Kniegelenk haben als Nichtsportler. Gemessen wurde dies mit KT1000 und anderen Schubladentests. Dies suggeriert einen positiven Effekt von Training auf die Kniegelenksstabilität.⁶⁴

Dynamische Sprungtests werden dagegen häufig hinsichtlich Prädiktion von Verletzungen der unteren Extremität durchgeführt. Mittels moderner Technik können sie helfen Risikofaktoren zukünftiger Sprunggelenksverletzungen zu detektieren.⁶⁵

4.4. Bedeutung der Studie

Die Arbeit sollte die fußball- und trainingspezifischen Daten junger, männlicher Leistungsfußballer epidemiologisch erfassen, Veränderungen beschreiben und Zusammenhänge herstellen. Das Studiendesign und eine offene Fragestellung führten dazu, dass eine longitudinale Beschreibung der Daten erfolgen konnte. Um klinisch relevante Zusammenhänge ableiten zu können, fehlten allerdings trainingspezifische Informationen unter Laborbedingungen, eine größere Anzahl untersuchter Probanden und die Beobachtung über einen längeren Untersuchungszeitraum. Es wurden insgesamt mehr Daten erhoben als für diese Arbeit verwendet wurden. Die erhobenen Daten konnten nicht immer einer klinischen Fragestellung zugeordnet werden.

Aus diesem Grund werden im eigenen Zentrum die Erhebungs- und Follow-up-Strategien auf der Basis der hier präsentierten Ergebnisse neu entwickelt. Hierzu gehören u.a. eine methodisch stringente Überarbeitung der bisherigen Erhebungsbögen bzw. deren

Transfer in eine mobile elektronische Dokumentation, die Sicherstellung der Datenvollständigkeit und des Follow-up (einschl. möglicher Gründe für die Nichtteilnahme an geplanten Folgeuntersuchungen), eine Re-Evaluation der bisherigen physischen Testbatterie und die Implementierung von Instrumenten zur Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und Gelenkfunktion.

4.5. Ausblick (offene Fragen und Vorschläge für weitere Studien)

Fußball wird ein Breiten- und attraktiver Profisport bleiben. Die wissenschaftlich begleitete, sportmedizinische Evaluation des Leistungs- und Risikoprofils der Nachwuchsspieler ist eine gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Notwendigkeit und Herausforderung. Die von den Vereinen beauftragten medizinischen Zentren müssen (analog zum Vorbild USA) einheitliche Dokumentationssysteme etablieren, um einen übergeordneten und nationalen Vergleich aller relevanten Daten zu ermöglichen.

Hierzu gehören neben den demografischen Basisinformationen alle Trainings- und Spiel-spezifischen Items, die Entwicklung körperlicher und mentaler Leistungspunkte und Daten zu Verletzungshäufigkeiten, deren Lokalisation und Schwere. Die primäre Prävention von Verletzungen in Training und Spiel durch gezielte Maßnahmen ist hierbei ebenso bedeutsam wie das effektive medizinische Management von Verletzungen (d.h., Diagnostik, Therapie und Rehabilitation) i.S. der Sekundärprävention von Folgeschäden. Langzeitfolgen wie Knochen-/ und Knorpelschäden bleiben häufig lange asymptomatisch und in der Folge unentdeckt.⁶⁶ Dies wiederum führt zu Einschränkungen des alltäglichen Lebens, sinkender Zufriedenheit des Individuums und gravierenden sozioökonomischen Folgen.^{21 22 67 68}

Die Rehabilitationsmaßnahmen nach erlittener Verletzung erfolgen meist nach einem vom Operateur festgelegten Schema und die Entscheidung darüber, wann ein Spieler nach Verletzung wieder trainieren oder ein Wettkampfspiel bestreiten kann, ist nicht eindeutig geregelt. So kommt es nicht selten zu Rerupturen der verletzten Strukturen und einem verlängerten Verletzungsausfall.⁶⁹ Lediglich den zeitlichen Aspekt zwischen Verletzung und Wiederaufnahme des Trainings zu berücksichtigen, erscheint zu eindimensional, da sich der Heilungsprozess individuell gestaltet. Die Entwicklung eines

Plans mit umfassenden Untersuchungen, die über eine bildliche Darstellung der verletzten Struktur hinausgehen, ist Gegenstand der aktuellen Forschung.⁷⁰ Viele Studien zielen darauf ab, einen „return-to-play“ Plan aufstellen, welche eine sichere Rückkehr zum Sport nach Verletzung ermöglichen soll. Eine Weiterführung und Optimierung dieser Entwicklung würde die von McCall beschriebene Kluft zwischen Wissenschaft und Praxis langfristig schließen können.²⁴

Diese Arbeit unterstreicht die Notwendigkeit der epidemiologischen Erfassung sämtlicher Informationen von Sportler/-innen und soll als Grundlage für weitere Studienplanungen dienen, um langfristig klinisch relevante Fragen, wie die Frage nach protektiven Faktoren oder Risikofaktoren bezüglich Verletzungen für die Zukunft beantworten zu können und einen individuell, angepassten Plan für die Rückkehr zum Sport nach erlittener Verletzung zu erstellen. Dies beinhaltet die altersgerechte Trainingsplanung der jeweiligen Zielgruppe und die Früherkennung oder im besten Fall Verhinderung späterer Verletzungen und Langzeitfolgen.

5. Literaturverzeichnis

1. Rossler R, Junge A, Chomiak J, Dvorak J, Faude O. Soccer Injuries in Players Aged 7 to 12 Years: A Descriptive Epidemiological Study Over 2 Seasons. *The American journal of sports medicine* 2016;44(2):309-17. doi: 10.1177/0363546515614816 [published Online First: 2015/12/10]
2. World Health Organization. Physical activity and young people: WHO; 2016 [Available from: http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/en/ accessed 01.04.2016.
3. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond)* 2008;32(1):1-11. doi: 10.1038/sj.ijo.0803774 [published Online First: 2007/11/29]
4. Seabra A, Katzmarzyk P, Carvalho MJ, Coelho ESM, Abreu S, Vale S, Povoas S, Nascimento H, Belo L, Torres S, Oliveira J, Mota J, Santos-Silva A, Rego C, Malina RM. Effects of 6-month soccer and traditional physical activity programmes on body composition, cardiometabolic risk factors, inflammatory, oxidative stress markers and cardiorespiratory fitness in obese boys. *Journal of sports sciences* 2016:1-8. doi: 10.1080/02640414.2016.1140219 [published Online First: 2016/02/19]
5. Faude O, Kerper O, Mulhaupt M, Winter C, Beziel K, Junge A, Meyer T. Football to tackle overweight in children. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20 Suppl 1:103-10. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01087.x [published Online First: 2010/02/09]
6. Fabricant PD, Lakomkin N, Sugimoto D, Tepolt FA, Stracciolini A, Kocher MS. Youth sports specialization and musculoskeletal injury: a systematic review of the literature. *Phys Sportsmed* 2016;44(3):257-62. doi: 10.1080/00913847.2016.1177476 [published Online First: 2016/04/29]
7. Sarmiento H, Anguera MT, Pereira A, Araújo D. Talent Identification and Development in Male Football: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, NZ)* 2018;48(4):907-31. doi: 10.1007/s40279-017-0851-7 [published Online First: 2018/01/05]

8. Faude O, Rossler R, Junge A. Football injuries in children and adolescent players: are there clues for prevention? *Sports medicine (Auckland, NZ)* 2013;43(9):819-37. doi: 10.1007/s40279-013-0061-x [published Online First: 2013/06/01]
9. Deutscher Fußballbund. 2020 [Available from: <https://www.dfb.de/verbandsstruktur/mitglieder/>].
10. Deutscher Fußballbund. Leistungszentren - Förderung der Spitztalente Juni 2017 [Available from: <https://www.dfb.de/sportl-strukturen/talentfoerderung/leistungszentren/19>]. Juli 2018.
11. Junge T, Runge L, Juul-Kristensen B, Wedderkopp N. Risk Factors for Knee Injuries in Children 8 to 15 Years: The CHAMPS Study DK. *Med Sci Sports Exerc* 2016;48(4):655-62. doi: 10.1249/mss.0000000000000814 [published Online First: 2015/11/13]
12. Maffulli N, Longo UG, Gougoulas N, Caine D, Denaro V. Sport injuries: a review of outcomes. *British medical bulletin* 2011;97:47-80. doi: 10.1093/bmb/ldq026 [published Online First: 2010/08/17]
13. Bastos FN, Vanderlei FM, Vanderlei LC, Júnior JN, Pastre CM. Investigation of characteristics and risk factors of sports injuries in young soccer players: a retrospective study. *Int Arch Med* 2013;6(1):14. doi: 10.1186/1755-7682-6-14 [published Online First: 2013/04/23]
14. Giza E, Micheli LJ. Soccer injuries. *Medicine and sport science* 2005;49:140-69. doi: 10.1159/000085395 [published Online First: 2005/10/26]
15. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British journal of sports medicine* 2011;45(7):553-8. doi: 10.1136/bjism.2009.060582 [published Online First: 2009/06/26]
16. Stubbe JH, van Beijsterveldt AM, van der Knaap S, Stege J, Verhagen EA, van Mechelen W, Backx FJ. Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: a prospective cohort study. *J Athl Train* 2015;50(2):211-6. doi: 10.4085/1062-6050-49.3.64 [published Online First: 2014/12/23]
17. Koutures CG, Gregory AJ. Injuries in youth soccer. *Pediatrics* 2010;125(2):410-4. doi: 10.1542/peds.2009-3009 [published Online First: 2010/01/27]

18. Marom N, Williams RJ, 3rd. Upper Extremity Injuries in Soccer. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2018;47(10) doi: 10.12788/ajo.2018.0091 [published Online First: 2018/11/28]
19. Hurley OA. Impact of Player Injuries on Teams' Mental States, and Subsequent Performances, at the Rugby World Cup 2015. *Front Psychol* 2016;7:807. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00807 [published Online First: 2016/07/05]
20. Lehmann EE SG. What_Does_it_Take_to_be_a_Star_-_The_Role_of_Performance_and_the_Media_for_German_Soccer_Players *Applied Economics Quarterly*2008 [Available from: https://www.researchgate.net/publication/4902406_What_Does_it_Take_to_be_a_Star_-_The_Role_of_Performance_and_the_Media_for_German_Soccer_Players accessed 15.07.2020.
21. Fernández-Cuevas I. G-CP, Sillero-Quintana M, Noya-Salces J, Arnaiz-Lastras J, Pastor-Barro'n A. Economic costs estimation of soccer injuries in first and second Spanish division professional teams. 23th 26th june. 2010
22. Eliakim E, Morgulev E, Lidor R, Meckel Y. Estimation of injury costs: financial damage of English Premier League teams' underachievement due to injuries. *BMJ Open Sport Exerc Med* 2020;6(1):e000675. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000675 [published Online First: 2020/06/17]
23. Zech A, Wellmann K. Perceptions of football players regarding injury risk factors and prevention strategies. *PLoS One* 2017;12(5):e0176829. doi: 10.1371/journal.pone.0176829 [published Online First: 2017/05/02]
24. McCall A, Carling C, Davison M, Nedelec M, Le Gall F, Berthoin S, Dupont G. Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *Br J Sports Med* 2015;49(9):583-9. doi: 10.1136/bjsports-2014-094104 [published Online First: 2015/01/13]
25. Engebretsen L, Steffen K. Protection of the elite athlete is the responsibility of all of us in sports medicine. *British journal of sports medicine* 2015;49(17):1089-90. doi: 10.1136/bjsports-2015-095221 [published Online First: 2015/08/19]
26. Emery CA, Meeuwisse WH, Hartmann SE. Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: implementation and validation of an injury surveillance system.

- The American journal of sports medicine* 2005;33(12):1882-91. doi: 10.1177/0363546505279576 [published Online First: 2005/09/15]
27. Mirabelli MH, Devine MJ, Singh J, Mendoza M. The Preparticipation Sports Evaluation. *Am Fam Physician* 2015;92(5):371-6. [published Online First: 2015/09/16]
 28. Mick TM, Dimeff RJ. What kind of physical examination does a young athlete need before participating in sports? *Cleve Clin J Med* 2004;71(7):587-97. doi: 10.3949/ccjm.71.7.587 [published Online First: 2004/08/24]
 29. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med* 2006;34(2):299-311. doi: 10.1177/0363546505284183 [published Online First: 2006/01/21]
 30. FIFA. FIFA 11+.
 31. DFB. FIFA 11+ Programm [Available from: <https://www.dfb.de/fileadmin/dfbdam/16988-Elf-Plus-Manual-Deutsch.pdf> accessed 11.07.2020.
 32. Thorborg K, Krommes KK, Esteve E, Clausen MB, Bartels EM, Rathleff MS. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: a systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. *Br J Sports Med* 2017;51(7):562-71. doi: 10.1136/bjsports-2016-097066 [published Online First: 2017/01/15]
 33. Bizzini M, Dvorak J. FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide-a narrative review. *Br J Sports Med* 2015;49(9):577-9. doi: 10.1136/bjsports-2015-094765 [published Online First: 2015/04/17]
 34. Barengo NC, Meneses-Echávez JF, Ramírez-Vélez R, Cohen DD, Tovar G, Bautista JE. The impact of the FIFA 11+ training program on injury prevention in football players: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2014;11(11):11986-2000. doi: 10.3390/ijerph111111986 [published Online First: 2014/11/22]
 35. Fuller CW. Modeling the impact of players' workload on the injury-burden of English Premier League football clubs. *Scand J Med Sci Sports* 2018;28(6):1715-21. doi: 10.1111/sms.13078 [published Online First: 2018/02/24]

36. Ekstrand J, Spreco A, Davison M. Elite football teams that do not have a winter break lose on average 303 player-days more per season to injuries than those teams that do: a comparison among 35 professional European teams. *Br J Sports Med* 2019;53(19):1231-35. doi: 10.1136/bjsports-2018-099506 [published Online First: 2018/11/18]
37. Waldén M, Hägglund M, Bengtsson H, Ekstrand J. Perspectives in football medicine. *Unfallchirurg* 2018;121(6):470-74. doi: 10.1007/s00113-018-0496-5 [published Online First: 2018/04/14]
38. Berlin FU. Internet-Auftritt des FC Union Berlin 2018 [Available from: <https://www.fc-union-berlin.de/de/nachwuchs/nachwuchsleistungszentrum/konzeption/> accessed 19. Juli 2018.
39. Hircin E. Lachman-Test 2019 [Available from: <https://flexikon.doccheck.com/de/Lachman-Test2019>.
40. Decker DJ. Pivot-Shift-Test 2019 [Available from: https://flexikon.doccheck.com/de/Pivot-Shift-Test?utm_source=www.doccheck.flexikon&utm_medium=web&utm_campaign=DC%2BSearch accessed 19.02.2019 2019.
41. Bröse SA. Valgus Stress Test 2019 [Available from: <https://flexikon.doccheck.com/de/Valgusstresstest> accessed 22.02.2019.
42. Antwerpes DF. Varus Stress Test 2019 [Available from: <https://flexikon.doccheck.com/de/Varusstresstest> accessed 22.02.2019.
43. Pugh L, Mascarenhas R, Arneja S, Chin PY, Leith JM. Current concepts in instrumented knee-laxity testing. *The American journal of sports medicine* 2009;37(1):199-210. doi: 10.1177/0363546508323746 [published Online First: 2008/10/23]
44. Goodwillie AD, Shah SS, McHugh MP, Nicholas SJ. The Effect of Postoperative KT-1000 Arthrometer Score on Long-Term Outcome After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American journal of sports medicine* 2017;45(7):1522-28. doi: 10.1177/0363546517690525 [published Online First: 2017/03/10]
45. Webpage D. Lachman-Test [Available from: <https://flexikon.doccheck.com/de/Lachman-Test>.

46. Arneja S, Leith J. Review article: Validity of the KT-1000 knee ligament arthrometer. *Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong)* 2009;17(1):77-9. [published Online First: 2009/04/29]
47. Keiner M, Sander A, Wirth K, Schmidtbleicher D. Is there a difference between active and less active children and adolescents in jump performance? *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2013;27(6):1591-6. doi: 10.1519/JSC.0b013e318270fc99 [published Online First: 2012/09/08]
48. Wirth K SA, Keiner M, Schmidtbleicher D. Leistungsaktivität im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus sportlich aktiver und inaktiver Kinder und Jugendlicher. *Zeitschrift Sportmedizin* 2011:345-50.
49. Brian A. Functional Testing - The Single Leg Squat Test. Kinetic Health [Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=-DOoB9RqykE> accessed 13.02.2019.
50. Balance - Pad [Available from: <https://www.my-air.com/produkte/detail/13/balance-pad> accessed 19.02.2019.
51. FreeFitnessVideos.com. Single Leg AIREX Pad Balance 2016 [Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=Ee0pPjwFGis> 19.02.2019.
52. Papalia R, Franceschi F, Tecame A, D'Adamio S, Maffulli N, Denaro V. Anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport activity: postural control as the key to success. *International orthopaedics* 2014 doi: 10.1007/s00264-014-2513-9 [published Online First: 2014/09/07]
53. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis 2013 [Available from: https://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/download/empfehlung_wiss_praxis_1310.pdf accessed 01.03.2019.
54. Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research 2019 [Available from: <http://www.equator-network.org> accessed 01.03.2019.
55. Taylor JD, Bandy WD. Intrarater reliability of the KT1000 arthrometer in determining anterior translation of the glenohumeral joint. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(4):826-9. doi: 10.1016/j.apmr.2004.09.009 [published Online First: 2005/04/14]
56. Forster IW, Warren-Smith CD, Tew M. Is the KT1000 knee ligament arthrometer reliable? *J Bone Joint Surg Br* 1989;71(5):843-7. [published Online First: 1989/11/01]

57. Nakase J, Aiba T, Goshima K, Takahashi R, Toratani T, Kosaka M, Ohashi Y, Tsuchiya H. Relationship between the skeletal maturation of the distal attachment of the patellar tendon and physical features in preadolescent male football players. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* 2014;22(1):195-9. doi: 10.1007/s00167-012-2353-3 [published Online First: 2012/12/25]
58. Suzue N, Matsuura T, Iwame T, Hamada D, Goto T, Takata Y, Iwase T, Sairyō K. Prevalence of childhood and adolescent soccer-related overuse injuries. *The journal of medical investigation : JMI* 2014;61(3-4):369-73. [published Online First: 2014/09/30]
59. Walden M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hagglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical research ed)* 2012;344:e3042. doi: 10.1136/bmj.e3042 [published Online First: 2012/05/05]
60. Marshall DA, Lopatina E, Lacny S, Emery CA. Economic impact study: neuromuscular training reduces the burden of injuries and costs compared to standard warm-up in youth soccer. *British journal of sports medicine* 2016 doi: 10.1136/bjsports-2015-095666 [published Online First: 2016/04/02]
61. Coppalle S, Rave G, Ben Abderrahman A, Ali A, Salhi I, Zouita S, Zouita A, Brughelli M, Granacher U, Zouhal H. Relationship of Pre-season Training Load With In-Season Biochemical Markers, Injuries and Performance in Professional Soccer Players. *Frontiers in physiology* 2019;10:409. doi: 10.3389/fphys.2019.00409 [published Online First: 2019/04/30]
62. Kearns CF, Isokawa M, Abe T. Architectural characteristics of dominant leg muscles in junior soccer players. *Eur J Appl Physiol* 2001;85(3-4):240-3. doi: 10.1007/s004210100468 [published Online First: 2001/09/19]
63. Yoshii R, Konishi Y, Ando D, Ochiai S, Hagino T, Dobashi S. Effect of Subcutaneous Tissue on Changes in Thigh Circumference Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Int J Sports Med* 2019;40(8):544-50. doi: 10.1055/a-0893-5838 [published Online First: 2019/07/10]
64. Medrano D, Jr., Smith D. A comparison of knee joint laxity among male and female collegiate soccer players and non-athletes. *Sports Biomech* 2003;2(2):203-12. doi: 10.1080/14763140308522818 [published Online First: 2004/01/24]

65. Fransz DP, Huurnink A, Kingma I, de Boode VA, Heyligers IC, van Dieën JH. Performance on a Single-Legged Drop-Jump Landing Test Is Related to Increased Risk of Lateral Ankle Sprains Among Male Elite Soccer Players: A 3-Year Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med* 2018;46(14):3454-62. doi: 10.1177/0363546518808027 [published Online First: 2018/11/13]
66. Bezuglov EN, Khaitin VY, Lyubushkina AV, Lazarev AM, Gorinov AV, Sivakova EY, Rumiantseva EI, Lychagin AV. The Effect of Training Experience and Leg Dominance on the Prevalence of Asymptomatic Intraarticular Changes of the Knee Joints in Adult Professional Male Soccer Players. *Sports Med Open* 2020;6(1):19. doi: 10.1186/s40798-020-00248-9 [published Online First: 2020/04/21]
67. Gouttebauge V, Inklaar H, Frings-Dresen MH. Risk and consequences of osteoarthritis after a professional football career: a systematic review of the recent literature. *J Sports Med Phys Fitness* 2014;54(4):494-504. [published Online First: 2014/07/19]
68. Drawer S, Fuller CW. Perceptions of retired professional soccer players about the provision of support services before and after retirement. *Br J Sports Med* 2002;36(1):33-8. [published Online First: 2002/02/28]
69. Webster KE, Feller JA, Leigh WB, Richmond AK. Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2014;42(3):641-7. doi: 10.1177/0363546513517540 [published Online First: 2014/01/24]
70. Schiffner E, Latz D, Grassmann JP, Schek A, Thelen S, Windolf J, Schnependahl J, Jungbluth P. Anterior cruciate ligament ruptures in German elite soccer players: Epidemiology, mechanisms, and return to play. *Knee* 2018;25(2):219-25. doi: 10.1016/j.knee.2018.01.010 [published Online First: 2018/02/27]

6. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Charlotte Lisiak, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: “Longitudinale Zweijahres-Erhebung von medizinischen Leistungs-, Trainings- und Verletzungsdaten des männlichen Nachwuchskaders eines Fußball-Bundesliga-Erstliga-Vereins/ Longitudinal two-year survey of medical performance, training and injury data of the male junior squad of a Bundesliga soccer club” selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer

unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

7. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

8. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. med., MSc Dirk Stengel für die Ermöglichung dieser Dissertation, Hilfestellung und Unterstützung bedanken.

Ebenso gilt mein herzlicher Dank meiner Betreuerin Dr. med. Sophia Hünnebeck für Ihr jahrelanges, unermüdliches Engagement, Ihre fachliche Expertise und Ihr allzeit offenes Ohr.

Ein großer Dank gilt Claas Güthoff und Dr. Silke Lange für die statistischen Hilfestellungen bei der Auswertung.

Ich danke besonders der Jugendabteilung von Union Berlin; den Eltern, Spielern und Betreuern für die Möglichkeit der Zusammenarbeit; dem ärztlichen Team um Dr. med. Moritz Morawski und Kollegen und dem Unfallkrankenhaus Berlin Marzahn für die Unterstützung und Umsetzung der Dissertation.

Teile meiner Danksagung werden aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.