

AUS DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG
PROF. DR. JOHANNES ZELLNER
UNFALLCHIRURGIE

ANALYSE VON EINFLUSSFAKTOREN AUF VORDERE
KREUZBANDRUPTUREN BEI FUSSBALLSPIELERN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Andreas Fischer

AUS DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG
PROF. DR. JOHANNES ZELLNER
UNFALLCHIRURGIE

ANALYSE VON EINFLUSSFAKTOREN AUF VORDERE
KREUZBANDRUPTUREN BEI FUSSBALLSPIELERN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Andreas Fischer

2021

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Johannes Zellner
2. Berichterstatter:	PD Dr. Stephan Seitz
Tag der mündlichen Prüfung:	20.04.2021

Meiner Familie und meinen Eltern gewidmet.

1 Inhaltsverzeichnis

2	Einleitung und theoretische Grundlagen.....	3
2.1	Bedeutung der vorderen Kreuzbandruptur im Sport	3
2.2	Anatomie des Kniegelenkes und des vorderen Kreuzbandes	4
2.3	Mechanismus der vorderen Kreuzbandruptur	7
2.4	Risikofaktoren für das Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur	8
3	Material und Methoden.....	13
3.1	Patientenkollektiv	13
3.2	Einschlusskriterien.....	13
3.3	Ausschlusskriterien.....	13
3.4	Datenerhebung und statistische Auswertung.....	13
4	Ergebnisse.....	17
4.1	Alter der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt	17
4.2	Wöchentliche Trainingszeit der Studienteilnehmer	17
4.3	Spielerfahrung der Studienteilnehmer	18
4.4	Spielposition der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt.....	19
4.5	Spielklassenzugehörigkeit der Studienteilnehmer	20
4.6	Vorverletzungen der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt.....	20
4.7	Zeitpunkt des Eintretens der vorderen Kreuzbandruptur	21
4.8	Eintreten der vorderen Kreuzbandruptur mit oder ohne Gegnerkontakt.....	25
4.9	Bodenverhältnisse beim Eintreten der vorderen Kreuzbandruptur	28
4.10	Einflussfaktor Fußballschuh beim Eintreten der vorderen Kreuzbandruptur	29
4.11	Erleiden der VKB-Ruptur am Schussbein bzw. Standbein	30
4.12	Auswertung geschlechtsspezifischer Unterschiede	30
5	Diskussion.....	32
5.1	Einflussfaktor Spieleralter	32
5.2	Einflussfaktor Wochentrainingszeit	33
5.3	Einflussfaktor Spielerfahrung.....	34
5.4	Einflussfaktor Spielposition	35
5.5	Einflussfaktor Spielklasse.....	36
5.6	Einflussfaktor Vorverletzung	37
5.7	Einflussfaktor Verletzungszeitpunkt	38
5.8	Einflussfaktor Gegnerbeteiligung.....	41
5.9	Einflussfaktor Bodenverhältnisse	42
5.10	Einflussfaktor Fußballschuh	45
5.11	Einflussfaktor Verletzung am Schuss- oder Standbein.....	46

5.12	Einflussfaktor Geschlecht	48
6	Limitationen der Arbeit.....	50
7	Zusammenfassung.....	51
8	Abbildungsverzeichnis.....	53
9	Literaturverzeichnis	54

2 Einleitung und theoretische Grundlagen

2.1 Bedeutung der vorderen Kreuzbandruptur im Sport

Der Riss des vorderen Kreuzbandes ist eine schwerwiegende, häufige und somit eine mit hohen Kosten für das Gesundheitssystem verbundene Verletzung.¹

So stellt er die häufigste Bandverletzung des Kniebinnengelenkes dar.² Allein in den USA werden jährlich ca. 200.000 vordere Kreuzbandrupturen diagnostiziert.^{3 4} In Deutschland wurden im Jahr 1998 circa 80.000 frische Kreuzbandrisse gemeldet, von denen ca. 40.000-50.000 Rupturen operativ versorgt wurden.⁵ Insgesamt geschehen gemäß Majewski et al. 35 Prozent der Rupturen des vorderen Kreuzbandes während des Fußballspiels.⁶ Die Inzidenz für Rupturen des vorderen Kreuzbandes im Fußball wird bei Männern zwischen 0,063 und 0,150 pro 1000 Stunden angegeben.^{7 8} Bei Frauen sei sie um das ca. Dreifache erhöht.⁹ Die Prävalenz von Spielern mit Zustand nach vorderer Kreuzbandruptur im schwedischen Profifußball wird von Waldén et al. mit 8 Prozent beschrieben, wobei es gut möglich ist, dass einige Profis mit einem nicht diagnostizierten Kreuzbandriss weiterhin Fußball spielen.¹⁰ Rupturen des vorderen Kreuzbandes führten gemäß Krutsch et al. in der 1. Liga des deutschen Profifußballs zu einer durchschnittlichen Ausfallzeit von 226 Tagen, 98 Prozent der Spieler konnten nach der Rehabilitation wieder ihren Beruf ausüben.¹¹

Bezüglich des finanziellen Aspektes kann angeführt werden, dass sich die durchschnittlichen Kosten für die Diagnose und Behandlung eines vorderen Kreuzbandrisses zum Beispiel in Belgien auf ca. 1358 Euro pro Verletzung bzw. in den USA auf ca. 2711 Dollar pro Verletzung belaufen.^{12 13} Außerdem ist die vordere Kreuzbandersatzplastik, welche in den USA 2006 circa 130000 mal durchgeführt wurde, in den USA mittlerweile die sechsthäufigste durchgeführte Operation der orthopädischen-chirurgischen Mediziner und verursacht dort jährlich annähernd volkswirtschaftliche Kosten in Höhe einer Milliarde Dollar.^{14 15}

Des Weiteren muss berücksichtigt werden, welche gravierenden Folgen die vordere Kreuzbandruptur für den einzelnen Sportler haben kann. Es erhöht sich das Risiko der Entstehung einer Kniegelenksarthrose teilweise trotz Kreuzbandrekonstruktion am betroffenen Knie erheblich.¹⁶ Auch wurde nach Wiederaufnahme des Fußballspiels ein ca. vierfach höheres Risiko einer neuerlichen Knieverletzung festgestellt.⁸ Das Risiko einer Reruptur nach Kreuzbandrekonstruktion betrug laut Orchard et al. im ersten Jahr nach der Wiederaufnahme des Sports bei australischen Footballspielern 11 Prozent.¹⁷

2.2 Anatomie des Kniegelenkes und des vorderen Kreuzbandes

Die Anatomie des Kniegelenkes und vor allem des vorderen Kreuzbandes ist komplex. Vorderes und hinteres Kreuzband bilden den Zentralpfeiler des Kniegelenkes und liegen in der Fossa intercondylaris.¹⁸ Die Hauptfunktion des vorderen Kreuzbandes besteht darin, das Kniegelenk in der Sagittalebene zu stabilisieren, des Weiteren dient es als sekundärer Stabilisator in der Frontalebene. Zusätzlich soll laut Grood et al. das vordere Kreuzband bei der Kontrolle der Innenrotation mitwirken.¹⁹ Ferner spielt das vordere Kreuzband neben der rein stabilisierenden Funktion eine wichtige Rolle für die Mechanik des Kniegelenkes, indem es dem Kniegelenk eine Roll-Gleit-Bewegung aufzwingt.¹⁸ Der anatomische Aufbau der Kreuzbänder, ihre Position im Kniegelenk und ihre sensorische Innervation ermöglichen die Erfüllung dieser Aufgaben.

Die Lage der Kreuzbänder im Knie wird intrakapsulär, jedoch extraartikulär bezeichnet. Zum einen liegen zwischen den beiden die Kapsel konstituierenden Schichten der Membrana synovialis und der Membrana fibrosa. Zum anderen bedingt ihre Position hinter der Membrana synovialis, welche definitionsgemäß den Gelenkraum begrenzt, die extraartikuläre Lage.²⁰

Das vordere Kreuzband, Lig. cruciatum anterius, hat ihren Ursprung an den hinteren Teilen der Innenseite des lateralen Femurkondylus. Es verläuft nach distal-medial-anterior und inseriert in der Area intercondylaris etwa in der vorderen Hälfte des mittleren Drittels des sagittalen Tibiadurchmessers im Bereich der Eminentia intercondylaris, direkt neben der Anheftung des Außenmeniskusvorderhorns.¹⁹ Seine Länge wird von Lobenhoffer et al. mit ca. 31-38 mm angegeben.²¹ Smigelski et al. beschreiben in aktuellen anatomischen Studien den tibialen Ansatz des vorderen Kreuzbandes als C-förmig mit einer durchschnittlichen Länge von 12,6 mm, einer durchschnittlichen Dicke von 3,3 mm und einer Gesamtansatzfläche von 31,4 mm².²²

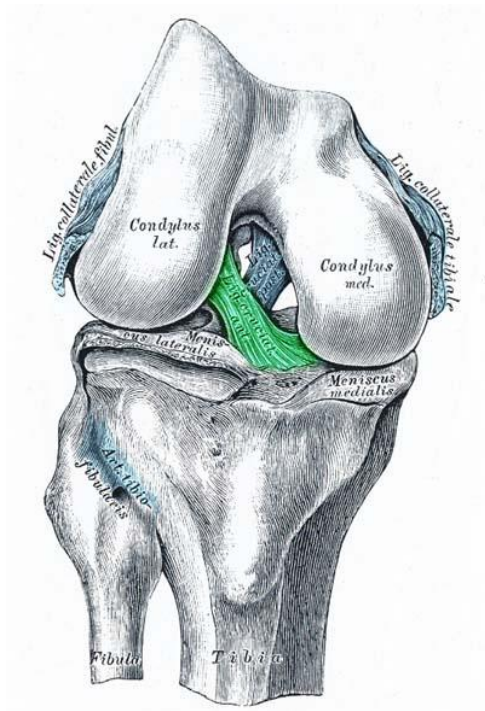


Abbildung 1: Kniegelenk mit grün markiertem vorderem Kreuzband ²³

Funktionell werden am vorderen Kreuzband zwei unterschiedliche Faserbündel voneinander abgegrenzt, ein anteriomediales und ein posterolaterales Bündel.²⁴ Bei voller Streckung sollen gemäß Amis et al. alle Bandanteile gleichmäßig angespannt sein, bei einer Beugung von etwa 30° entsteht ein Spannungsabfall, der in den hinteren Bandanteilen größer ist als in den anteromedialen Bandanteilen.²⁵ Mit zunehmender Beugung kommt es zu einer Torquierung der Fasern, und die Spannung nimmt wieder zu.²⁵ Amis et al. zeigten anhand einer biomechanischen Studie, dass zwischen 66 und 84 Prozent der anterior-posterioren Stabilität des Kniegelenkes durch die Fasern des anteromedialen Bündels des vorderen Kreuzbandes bedingt sind.²⁵ Die Reißfestigkeit des vorderen Kreuzbandes wird in der Literatur mit etwa 2000 Newton angegeben.²⁶

Als Synergist des vorderen Kreuzbandes agiert die ischiokrurale Muskulatur. Hierzu wird der M. semimembranosus, der M. semitendinosus und der M. biceps femoris gezählt.²⁷ Bei zunehmender Beugung des Kniegelenkes zieht diese mit einer Kraftkomponente die Tibia nach dorsal, was der ventralen Tibiatrianlation entgegenwirkt und das vordere Kreuzband vor Verletzung schützt.²⁸ In Streckstellung stabilisiert die ischiokrurale Muskulatur, im englischen Sprachraum auch „hamstrings“ genannt, gemeinsam mit der vorderen Oberschenkelmuskulatur (M. quadrizeps femoris) das Kniegelenk.

Histologisch besteht das vordere Kreuzband überwiegend aus straffem kollagenem Bindegewebe vom Typ-1-Kollagen. Lediglich im distalen Abschnitt des vorderen

Kreuzbandes, ca. 5-10 mm oberhalb der tibialen Insertationszone, findet man Faserknorpel vom Typ-1- und Typ-2-Kollagen, was mit der funktionsbedingten Beanspruchung erklärt wird.²⁹

Die Blutversorgung des vorderen Kreuzbandes erfolgt über die Arteria poplitea. Der proximale Anteil des vorderen Kreuzbandes wird durch die A. media genu, der distale Anteil durch die Endäste der A. inferiores medialis und lateralis versorgt.³⁰ Die Blutgefäße bilden jeweils proximal und distal ein periligamentäres Netzwerk, von dem die Blutgefäße horizontal in das vordere Kreuzband eindringen.³⁰ Etwa 5-10 mm oberhalb der Insertionsstelle im Bereich der Eminentia intercondylaris hat das Band einen aus Faserknorpel bestehenden avaskulären Bereich.²⁴

Neben den rein mechanischen Eigenschaften werden dem vorderen Kreuzband auch propriozeptive Eigenschaften zugewiesen.^{31 32} So nimmt es eine wesentliche Funktion als Stellglied im propriozeptiven Regelkreis des Kniegelenkes ein. Es wurden von Haus et al. Mechanorezeptoren vom Typ Golgi, Typ Raffini und vom Typ Pacini sowie freie Nervenendigungen nachgewiesen, deren Lage vor allem in der Nähe der Insertionszone des vorderen Kreuzbandes im Bereich der Eminentia intercondylaris beschrieben wird.³² Ausgehend von diesen Rezeptoren lässt sich ein Reflexbogen beschreiben, der bei Dehnung des vorderen Kreuzbandes aktiviert wird. Folglich kommt es bei Dehnung des vorderen Kreuzbandes zur Aktivierung der synergistisch wirkenden ischiokruralen Muskulatur.³³ Dies steht im Einklang mit Beobachtungen von Beard et al., nach denen es beim Auslösen der „vorderen Schublade“ zur Anspannung der ischiokruralen Muskulatur kommt. Bei Patienten mit rupturiertem vorderem Kreuzband bleibt dieser Reflex aus.³⁴

Insgesamt können folgende Funktionen des vorderen Kreuzbandes festgestellt werden:³⁵

1. Das vordere Kreuzband (VKB) verhindert den Vorschub der Tibia gegenüber dem Femur in Flexion.
2. Das VKB verhindert eine Hyperextension im Kniegelenk.
3. Das VKB gibt Informationen über die interne axiale Rotation und damit über die Kontrolle des Kniegelenkes bei Rotation.
4. Das VKB dient sekundär zur Verhinderung von Valgus- und Varusbewegungen in allen Gradzahlen der Flexion.
5. Die Spannung des VKB sorgt für eine Feinabstimmung der Screw-Home-Stabilisierung des Kniegelenkes beim Erreichen der terminalen Extension.

2.3 Mechanismus der vorderen Kreuzbandruptur

Bezüglich des Mechanismus der vorderen Kreuzbandruptur muss angeführt werden, dass das Zusammenspiel neuromuskulärer und biomechanischer Interaktionen das Gesamtrisiko, einen vorderen Kreuzbandriss zu erleiden, bestimmt.³⁶ Das Kniegelenk stellt hierbei nur einen Teil einer kinetischen Kette, die sich aus vielen Komponenten zusammensetzt, dar. Es wirken sowohl Rotationskräfte als auch Translationskräfte aufs Kniegelenk und somit aufs vordere Kreuzband ein, so dass erhöhte aufs Kniegelenk wirkende, dynamische Kräfte den Riss des vorderen Kreuzbandes bewirken können.³¹

Bezüglich der Entstehung von vorderen Kreuzbandrupturen beim Fußballspiel lässt sich feststellen, dass sich ca. zwei Drittel der Verletzungen ohne Gegnerkontakt ereignen.^{37 38 39}

Nach Agel et al. sind die gefährlichsten Spielsituationen:

1. das Landen nach einem Sprung
2. das plötzliche Abstoppen
3. plötzliche, schnelle Drehbewegungen.³⁸

So konnten Fauno et al. nachweisen, dass 95 Prozent der Verletzungen ohne Gegnerkontakt sich bei Landungen nach Kopfbällen bzw. bei Richtungswechseln ereigneten.³⁹ Bezüglich der Körperhaltung beim Landen nach Sprüngen wird von Hagood et al. beschrieben, dass eine aufrechte Körperhaltung mit lediglich leicht flektiertem Knie- und Hüftgelenk (5°-25° Knieflexion), sowie eine Belastung von 80-100 Prozent des Körpergewichtes auf das betroffene Bein für Verletzungen des vorderen Kreuzbandes prädisponierend sind.²⁸ Es hatten gemäß einer von Fauno et al. 2004 veröffentlichten Studie zum Verletzungszeitpunkt beinahe alle Spieler (104 von 105) Bodenkontakt mit dem verletzten Bein.³⁹ Die meisten Sportler berichteten laut Teitz, dass die Schuhsohle dabei am Boden fixiert war und eine Drehung des Fußes nicht möglich war.⁴⁰ Der Körperschwerpunkt war in der überwiegenden Zahl der Fälle hinter dem Zentrum des Kniegelenkes und der Fuß wurde flach aufgesetzt. Videoanalysen von Teitz et al. in oben genannter Studie ergaben, dass sich das Kniegelenk bei Verletzungen des vorderen Kreuzbandes meist in Valgus- und Außenrotationsstellung befindet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das höchste VKB-Rupturrisiko im Rahmen einer Landung oder eines Richtungswechsels mit voll belastetem und fixiertem Bein, wobei sich das Kniegelenk in leichter Beuge-, Außenrotations- und Valgusstellung befindet, besteht.

2.4 Risikofaktoren für das Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur

Die Risikofaktoren einen vorderen Kreuzbandriss zu erleiden werden nach Murphy et al. in intrinsische, d.h. vom eigenen Körper ausgehend, und in extrinsische, von außerhalb des Körpers ausgehend, Faktoren unterteilt.⁴¹

Intrinsische Faktoren	Extrinsische Faktoren
Alter	sportartspezifische Faktoren (Spielregeln, Schiedsrichter, Coaching)
Geschlecht	Umwelteinflüsse (Wetterbedingungen, Bodenverhältnisse)
Körperliche Konstitution (Größe, Gewicht, BMI, Körperfettgehalt)	Sportausstattung (Schuhe, protektive Hilfsmittel)
Verletzungshistorie	
Anatomische Voraussetzungen (Muskelkraft, Beweglichkeit, interkondyläre Notchweite, Alignment)	
Psychologische Faktoren (Motivation, Risikoverhalten)	
Individuelles Spielvermögen (sportartspezifische Technik, Spielniveau)	

Abbildung 2: Einflussfaktoren der vorderen Kreuzbandruptur nach Murphy et al.⁴¹

Zu den intrinsischen Faktoren zählen beispielsweise das Alter, das Geschlecht, die körperliche Konstitution, die physische Fitness, die individuelle Anatomie, das individuelle Spielvermögen und ferner psychologische Faktoren.

Den extrinsischen Faktoren werden unter anderem Umwelteinflüsse (z.B. Wetterbedingungen oder Bodenverhältnisse), die Sportausstattung samt protektiver Hilfsmittel sowie sportartspezifische Faktoren wie Schiedsrichter oder Regelwerk zugeordnet.

Zum Beispiel erkannte Orchard et al. in einer Studie im australischen Profifootball, dessen Bewegungsmuster denen des Fußballspielens ähnlich ist, einen Anstieg von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes während Wetterperioden mit Hochdruckeinflüssen und wenig

Niederschlag.⁴² Sie sahen die daraus folgenden härteren Bodenverhältnisse und die damit einhergehende erhöhte Schuh-Untergrund-Interaktion als Grund für den Anstieg von VKB-Rupturen. In einer später veröffentlichten Studie schätzt Orchard et al. den Einfluss verschiedener Grastypen sogar höher ein als den der Bodenhärte.⁴³

Was den Fußballschuh betrifft, weisen frühere Studien daraufhin, dass eine kürzere Stollenlänge das Risiko von Knie- und Sprunggelenksverletzungen verringern kann.⁴⁴ Hierbei muss aber angeführt werden, dass sich, gemäß Milburn et al., die Spieler ihre Bewegungsmuster verschiedenen Schuh- und Bodenverhältnissen anpassen können. Sie folgerten daraus, dass nicht nur eine direkt gesteigerte Traktion durch Schuh-Oberflächen-Interaktionen, sondern auch die daran angepassten Bewegungsmuster zu Verletzungen am vorderen Kreuzband führen können.⁴⁵

Daneben werden lediglich prozentual wenige vordere Kreuzbandrisse durch gegnerisches Foulspiel verursacht. Laut Waldén et al. ist zwar insgesamt ca. ein Viertel aller Verletzungen beim Fußballspiel durch gegnerisches Foulspiel bedingt, aber gemäß Fauno et al. stehen lediglich ca. 10 Prozent der vorderen Kreuzbandrisse in Zusammenhang mit gegnerischem Foulspiel.³⁹ ⁴⁶ Daraus lässt sich schließen, dass ein strengeres Regelwerk wohl kaum die Inzidenz von vorderen Kreuzbandrissen verringern könnte, da auch ein regelkonformer kurzer Störvorgang des Mit- oder Gegenspielers Einfluss auf den Bewegungsablauf des Fußballerspieler nehmen kann und somit prädisponierend auf eine vordere Kreuzbandruptur einwirken kann.

Die anatomischen Risikofaktoren zählen zu den intrinsischen Risikofaktoren. Dabei werden unter anderem ein vergrößerter Q-Winkel, eine erhöhte statische und dynamische Valgusdeformität des Kniegelenkes, eine gesteigerte Fußpronation, ein erhöhter Body Mass Index, eine verringerte femorale Notch-Weite sowie die Geometrie und Histologie des vorderen Kreuzbandes als Einflussfaktoren bezüglich des Risses des vorderen Kreuzbandes assoziiert.⁴⁷ Was den Q-Winkel betrifft, so wird von mehreren Autoren ein vergrößerter Q-Winkel als Risikofaktor für den Riss des vorderen Kreuzbandes gesehen.⁴⁸ Ein vergrößerter Q-Winkel wird bei Frauen gegenüber Männern häufiger gefunden, was unter anderem das für Frauen erhöhte Rupturrisiko erklären soll.

Daneben vermag ein erhöhter Valguswinkel des Kniegelenkes, der bei Frauen wiederum häufiger als bei Männern gefunden wird, Verletzungen des vorderen Kreuzbandes prädisponieren.⁴⁹ ⁵⁰ Dies konnte von Hewett et al. durch eine dreidimensionale Videoanalyse von 205 Athletinnen belegt werden.⁵¹

Ebenso können laut Llyod et Buchanan eine gesteigerte Muskelkraft und Aktivierung der Hamstring-Muskulatur sowohl die auf das vordere Kreuzband wirkenden Translations- als auch Rotationskräfte verringern und somit das Kniegelenk stabilisieren.⁵² Ferner kann durch die Aktivierung der Hamstringmuskulatur das Kniegelenk vor Valgus- und Varusbelastungen geschützt werden, was dazu führte, dass Griffin et al. ein vermehrtes Training der Hamstringmuskulatur zum Schutz des vorderen Kreuzbandes empfahlen.¹

Des Weiteren nimmt die Muskulatur des antagonistisch wirkenden M. quadrizeps femoris zwar eine wichtige Rolle bei der muskulären Stabilisierung des Kniegelenkes ein.⁵³ Aber ihre Kontraktion bewirkt auch eine deutliche Anspannung des vorderen Kreuzbandes, was zu Verletzungen jenes führen kann.⁴⁷

Es konnte gezeigt werden, dass vor allem bei Landungsmanövern nach Kopfballschlag und beim abrupten Abbremsen eine stärkere Kontraktion der Muskulatur des M. quadriceps im Vergleich zur Kontraktion der ischiokruralen Muskulatur („Quadrizeps-dominante“ Kontraktion der Oberschenkelmuskulatur) eine ventrale Tibiatranslation bewirkt und somit ein erhöhtes Risiko für Verletzungen am vorderen Kreuzband darstellt.⁵⁴ Diese Tatsache wurde von Ahmad et al. besonders bei Frauen festgestellt, was die Autoren als Grund für die höhere Inzidenz von Kreuzbandverletzungen bei Frauen deuteten.⁵⁵ Als weitere Begründungen für die bei Frauen höhere Verletzungsinzidenz werden in der Literatur gehäuft ein geringer Hüft- und Kniebeugewinkel sowie eine verminderte Hüftabduktion insbesondere bei Landungsmanövern bei weiblichen im Vergleich zu männlichen Sportlern genannt.⁵⁶

Auch scheint die Stabilität des Kniegelenkes gegenüber Rotationskräften und einer anterioren tibialen Translation von protektiver Bedeutung zu sein.⁵⁷ Dementsprechend wird von einigen Autoren eine gesteigerte Bandlaxizität des vorderen Kreuzbandes, insbesondere bei Frauen, in Korrelation mit einem erhöhtem Rupturrisiko des vorderen Kreuzbandes gesetzt.⁵⁸

Als weiterer Einflussfaktor wird in der Literatur auch ein erhöhter Body Mass Index genannt. Dessen Erhöhung soll das Risiko einen vorderen Kreuzbandriss zu erleiden laut Brown et al. wesentlich steigern.⁵⁹ Dahingegen fanden Östenberg und Roos in einer 1999 durchgeführten prospektiven Studie, welche 123 schwedische Fußballerinnen verschiedener Spielklassen einschloss, keine erhöhte Inzidenz von vorderen Kreuzbandrissen bei Spielerinnen mit erhöhtem Body Mass Index.⁶⁰ Uhorchak et al. sahen wiederum einen Zusammenhang zwischen erhöhtem Body Mass Index und Verletzungsrisiko des vorderen Kreuzbandes, was für sie aber lediglich bei Frauen festzustellen war.⁶¹

Ebenfalls scheint die Notch-Größe einen nicht unwesentlichen Einfluss auf das Rupturrisiko darzustellen. So kamen sowohl Souryal und Freeman, als auch LaPrade und Burnett, welche

jeweils in einer prospektiven Studie die intercondyläre Notch-Größe radiologisch bestimmten, zu dem Ergebnis, dass das Rupturrisiko des vorderen Kreuzbandes bei geringerer Notch-Breite gegenüber durchschnittlicher Notch-Breite erhöht sei.^{62 63} Arendt schloss auf Grund der von ihm herausgefundenen Tatsache, dass bei Sportlern, die sich an beiden Knien das vordere Kreuzband gerissen hatten, die Notch-Weite geringer war als bei Sportlern, die sich nur an einem Knie das vordere Kreuzband verletzt hatten, darauf, dass eine negativ korrelierende Beziehung zwischen Notch-Größe und Risiko eines vorderen Kreuzbandrisses existiert.⁶⁴ Aber auch bezüglich der Bedeutung der interkondylären Notch als Risikofaktor für vordere Kreuzbandrupturen existieren Studien, die dem widersprechen. So fanden Schickedantz und Weiker keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Notch-Größe von am vorderen Kreuzband beider Kniegelenke verletzten Sportlern gegenüber den beiden Vergleichsgruppen mit ohne oder nur an einem Kniegelenk rupturierten vorderen Kreuzbändern.⁶⁵

Was die mechanische Beschaffenheit des Kreuzbandes betrifft, so berichteten Chandrashekar et al., dass die vorderen Kreuzbänder von Frauen im Vergleich zu denen von Männern sowohl weniger Spannung als auch eine geringere Elastizität bei Belastung besitzen, was die höhere Verletzungsinzidenz von Frauen gegenüber der von Männern mitbewirken soll.⁶⁶

Inwiefern psychologische Faktoren wie beispielsweise der gesteigerte Wettbewerb der Fußballspieler eines Teams in der Vorbereitungsphase um einen Platz in der Mannschaft und der damit einhergehenden gesteigerten Spiel- und Trainingsintensität einen Einfluss auf ein erhöhtes VKB-Rupturrisiko haben, ist bisher wenig untersucht. Ivarsson et al. fanden in ihrer 2013 veröffentlichten prospektiven Studie im Bereich des schwedischen Profifußballs, dass negative psychologische Faktoren wie Stress, Angst und Selbstzweifel ein erhöhtes Verletzungsrisiko im Profifußball darstellen.⁶⁷ Eine Untersuchung diesbezüglich, explizit vordere Kreuzbandrisse betreffend, existiert unseres Wissens bisher nicht.

Neuen Studien zur Folge, soll auch eine familiäre Prädisposition bezüglich des Risses des vorderen Kreuzbandes bestehen. So verglichen Flynn et al. 171 Patienten, bei denen intraoperativ ein vorderer Kreuzbandriss festgestellt wurde, mit einer Vergleichsgruppe von 171 Männern und Frauen, bei denen keine Verletzung des vorderen Kreuzbandes bekannt war.⁶⁸ Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Patienten mit vorderem Kreuzbandriss zweimal so viele Verwandte ersten, zweiten oder dritten Grades mit einem vorderen Kreuzbandriss in der Krankengeschichte hatten, als dies in der Vergleichsgruppe der Fall war.

Wenn man zum einen noch einen Blick auf die Zahl der aktiven Fußballspieler und Fußballspielerinnen, laut FIFA 270 Millionen aktive Fußballspieler (-innen) weltweit und in

Deutschland über 7 Millionen gemeldete Mitglieder beim DFB im Jahr 2019, wirft, wird deutlich, dass der Untersuchung der Ursachen des vorderen Kreuzbandrisses weiterhin ein hoher Stellenwert zukommt.⁶⁹ Bedenkt man zudem, dass die Interaktion zwischen Sportschuh und Bodenoberfläche im Gegensatz zu vielen anderen Risikofaktoren leichter beeinflussbar ist, so verdient laut Griffin et al. dieser Bereich eine genauere Betrachtung.¹

Dies nahmen wir zur Veranlassung, den Riss des vorderen Kreuzbandes beim Fußballspieler mit besonderem Augenmerk auf das Schuhmaterial und dessen Interaktion mit der Spieloberfläche zu untersuchen. Zudem sollte im Rahmen der Studie untersucht werden, inwiefern das Alter des Fußballspielers zum Verletzungszeitpunkt eine Rolle spielt. Auch sollte ein wesentlicher Punkt unserer Untersuchungen sein, ob eine erhöhte Wochentrainingszeit oder eine längere Spielerfahrung Einfluss auf die Häufigkeit von vorderen Kreuzbandrupturen beim Fußballspiel nehmen. Ebenso sollte herausgefunden werden, inwiefern die Spielposition zum Verletzungszeitpunkt eine Bedeutung bzgl. der Häufigkeit der erlittenen vorderen Kreuzbandrupturen hat. Was das Spielniveau, in unserer Studie mittels Ligenzugehörigkeit definiert, anbetrifft, wollten wir wissen, ob ein höheres oder niedrigeres Spielniveau eine höhere vordere Kreuzbandrupturrate bedingt. Auch war es ein wesentliches Ziel unserer Studie herauszufinden, ob Vorverletzungen einen Einfluss auf das Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur nehmen. Zudem wollten wir die Aussage, dass sich mehr vordere Kreuzbandrupturen beim Fußballspiel ohne Gegnerbeteiligung als mit Gegnerkontakt ereignen, beleuchten. Die Frage, ob es sich beim verletzten Bein um das Schuss- oder Standbein handele, war außerdem Thema unserer Untersuchung. Schlussendlich untersuchten wir geschlechtsspezifische Unterschiede der im Fußballspiel erlittenen vorderen Kreuzbandrupturen.

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass es multiple Einflussfaktoren beim Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur beim Fußballspiel gibt. Die Haupthypothese unserer Arbeit war jedoch, dass jede Intensitätssteigerung im Fußballspiel ein höheres Risiko für das Erleiden eines vorderen Kreuzbandrisses bewirkt. So stellten wir die Hypothese auf, dass aufgrund der Ermüdung aufgrund der Belastung während des Spiels die Rupturrate im Spielverlauf ansteigt. Auch postulierten wir, dass im Übergang vom Jugendfußball zum Erwachsenenfußball aufgrund der im Erwachsenenfußball höheren Spielintensität und körperlichen Beanspruchung das Risiko des Erleidens eines vorderen Kreuzbandrisses zunimmt. Um jedoch die Bedeutung jedes einzelnen Einflussfaktors zu kennen, ist es zwingend notwendig diese einzeln zu untersuchen. Nur dies ermöglicht eine zukünftige Reduzierung der vorderen Kreuzbandrisse im Fußballspiel. Dies war die Idee und zugleich Motivation diese Arbeit durchzuführen.

3 Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Insgesamt wurden im Rahmen der Studiendurchführung die Daten von 590 Patienten erhoben. Darunter befanden sich 28 Frauen und 562 Männer. 2 Patienten zogen zu einem späteren Zeitpunkt ihre Einwilligung zur Studienteilnahme zurück und wurden daraufhin von der Studie ausgeschlossen. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug zum Verletzungszeitpunkt 23,92 Jahre (Standardabweichung: $\pm 7,44$). Es handelte sich ausschließlich um Patienten des sporthopaedicum Straubing und Regensburg, wobei es sich hierbei um hochspezialisierte Zentren mit internationalem Ruf und hoher Anzahl an Versorgungen von verletzten Sportlern, insbesondere am vorderen Kreuzband verletzten Sportlern, handelt.

3.2 Einschlusskriterien

Als Einschlusskriterien wurden folgende Kriterien definiert:

- freiwillige Teilnahme der Patienten
- Ruptur des vorderen Kreuzbandes inklusive Rerupturen des vorderen Kreuzbandes (durch Ärzte des sporthopaedicum Straubing oder Regensburg diagnostiziert)
- Verletzungsereignis beim Fußballspielen eingetreten
- Patienten des sporthopaedicum Straubing oder Regensburg
- Patienten jeglichen Alters und Geschlechts
- Verletzungsereignis nach dem 01.01.2004

3.3 Ausschlusskriterien

Als Ausschlusskriterien wurden folgende Kriterien festgelegt:

- Kniekomplexverletzungen mit u.a. Beteiligung des hinteren Kreuzbandes
- Beantwortung weniger als 85 Prozent der im Fragebogen gestellten Fragen
- Verletzungsereignis vor dem 01.01.2004 eingetreten

3.4 Datenerhebung und statistische Auswertung

Die Datenerhebung erfolgte mit Hilfe eines für diese Studie entwickelten Fragebogens (siehe Abbildung 3), welcher von den Patienten selbstständig bearbeitet wurde. Dies geschah einmalig

prä- oder postoperativ oder gegebenenfalls bei den notwendigen Nachuntersuchungen, Doppelmeldungen wurden mit Hilfe der Überprüfung des Geburtsdatums und ggf. Abgleich mit der Patientenakte vermieden. Der Fragebogen enthielt Daten zu folgenden Komplexen, die als offene oder geschlossene Fragen formuliert wurden. Zunächst erfolgten Fragen bezüglich epidemiologischer Daten, wie z.B. Fragen nach dem Alter zum Verletzungszeitpunkt, der Spielposition zum Verletzungszeitpunkt, der zugehörigen Spielklasse oder der Erfahrung des Fußballspielers. Auch stellten wir in diesem Abschnitt Fragen bezüglich der wöchentlichen durchschnittlichen Trainingszeit des Patienten und über etwaige zum Verletzungszeitpunkt bereits bestehende Vorverletzungen. In einem weiteren Abschnitt befragten wir die Fußballspieler bezüglich der Verletzungssituation und des Verletzungszeitpunktes. Dabei wollten wir das Datum des Verletzungstages wissen, um eine kalendarische Verteilung der Verletzungen durchführen zu können. Ebenso von Interesse war, ob sich die Verletzung im Spiel oder Training ereignete und folglich auch in welcher Spiel- oder Trainingsminute. Ein weiterer Untersuchungspunkt war die Unterscheidung zwischen Verletzungen, die sich mit oder ohne Gegnerbeteiligung ereigneten und die Untersuchung darin, ob es sich beim verletzten Kniegelenk um das Schussbein oder das Standbein handelte. Im letzten Abschnitt des Fragebogens wurden Fragen bezüglich des zum Verletzungszeitpunkt getragenen Schuhwerks und die vorherrschenden Bodenverhältnisse gestellt.

Fragebogen bezüglich Riss des vorderen Kreuzbandes bei Fußballspielern

Sehr geehrte(r) Patient(in),
da Verletzungen der Kreuzbänder in letzter Zeit zugenommen haben, wollen wir diese Tatsache genauer untersuchen.
Wir würden Sie daher darum bitten, die folgenden Fragen soweit Ihnen möglich zu beantworten. (Die von Ihnen angegebenen Daten unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht.)

Geburtsdatum:
Datum des Verletzungstages:
Saisonzeitpunkt: ... Spieltag; ... Vorbereitung
Spielposition:
Spielklasse:
Wie lange spielen Sie bereits Fußball? ... Jahre
Wie oft trainieren Sie pro Woche? ... Stunden
Ist die Verletzung im Spiel oder im Training aufgetreten?
In welcher Spiel- bzw. Trainingsminute verletzten Sie sich? Minute
Geschah die Verletzung mit oder ohne Gegnereinwirkung?
Handelt es sich bei dem verletzten Bein um Ihr Schuss - oder Standbein?
Hatten Sie bereits Beschwerden bzw. Vorverletzungen in den letzten 2 Wochen?
(Bitte geben Sie auch kleinste Verletzungen an, nicht nur die am betroffenen Knie):

.....
Welches Schuhmodell trugen Sie? Marke: Modell:
Waren es Hallen-, Stollen- oder Nockenschuhe?



Waren es Schuhe mit runden Stollen? z.B.:



Waren es Schuhe mit Längs- und Querstollen? z.B.:
Wie lange trugen Sie den Schuh bereits? Monate bzw. neu
Wie waren die Bodenverhältnisse? nass / trocken; eher langer / kurzer
Rasen; Hallenboden
Welche Sportarten übten Sie zum damaligen Zeitpunkt neben dem
Fußballspielen noch aus?
Können Sie den Verletzungshergang mit wenigen Worten beschreiben?
.....

Abbildung 3: Aufbau und Fragestellungen des Fragebogens

Die statistische Auswertung erfolgte mittels den Computerprogrammen Microsoft® Office Excel 2007 und SPSS® Version 11.5. Als Testverfahren wurde für den Vergleich zweier Gruppen der nicht-parametrische student-t-Test, chi-Quadrat-Test sowie der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Als p-Wert wurde 0,05 für das Vorliegen einer Signifikanz vor der Studiendurchführung festgelegt. Es erfolgten die Berechnung der Mittelwerte und der Standardabweichung. Waren weniger als 85% der Fragen beantwortet, wurde der Patient aus der Studie ausgeschlossen. Abbildung 4 zeigt die prozentuale Beantwortung der einzelnen Fragen.

Frage	Anzahl beantwortet	Prozent beantwortet
Alter	574	97,0
Verletzungsmonat	574	97,0
Saisonphase	488	82,7
Spielposition	566	95,6
Spielklasse	573	96,7
Spielerfahrung	580	98,0
Wochentrainingszeit	569	96,1
Spiel vs. Training	564	95,3
Minute	533	90,0
Gegnereinwirkung	588	99,3
Schuss- vs. Standbein	584	98,6
Vorverletzung	588	99,3
Schuhmodell	588	99,3
Schuhalter	566	95,6
Bodenverhältnisse	523	88,3
Geschlecht	590	99,7
Gesamt	592	100

Abbildung 4: Prozentuale Beantwortung der Fragen des Fragebogens

4 Ergebnisse

4.1 Alter der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt

Als Durchschnittsalter der Patienten zum Verletzungszeitpunkt ergab sich ein Mittelwert von 23,92 Jahren mit einer Standardabweichung von $\pm 7,44$ Jahren, wobei das Alter des jüngsten Patienten 10 Jahre und das Alter des ältesten Patienten 49 Jahre betrug. Auffällig war der hohe Anteil an Patienten, die 21 Jahre oder jünger waren ($n=259$; 45,11 %). So konnte man feststellen, dass das Alter mit dem Maximum der registrierten Verletzungen bei 19 ($n=47$) bzw. 20 Jahren ($n=40$) lag, was 7,8 Prozent bzw. 6,8 Prozent aller Verletzten entspricht.

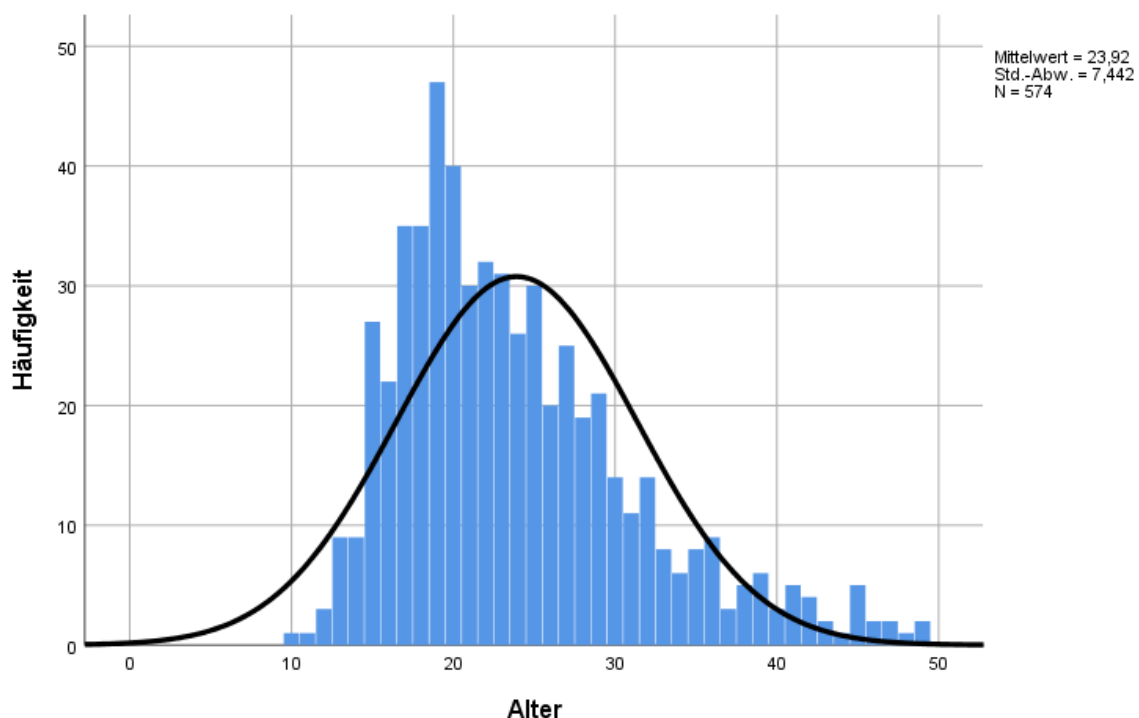


Abbildung 5: Alter der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt

4.2 Wöchentliche Trainingszeit der Studienteilnehmer

Bezüglich des Trainingsverhaltens der verletzten Spieler kann festgestellt werden, dass die durchschnittliche Trainingszeit pro Woche 5,49 Stunden (Standardabweichung: $\pm 3,48$) betrug. Insgesamt 78,6 Prozent ($n=447$) der verletzten Spieler gaben an, 6 oder weniger Stunden pro Woche zu trainieren. Der Großteil der Patienten ($n=370$) hatte eine Trainingszeit pro Woche zwischen 3 und 6 Stunden angegeben. Dies entspricht einem prozentualen Anteil aller Studienteilnehmer von 65,0 Prozent. Die am Öftesten genannte wöchentliche Trainingszeit

betrug 4 Stunden. Diese Stundenanzahl wurde von 128 Studienteilnehmern respektive 22,5 Prozent der Fußballspieler genannt (siehe Abbildung 6).

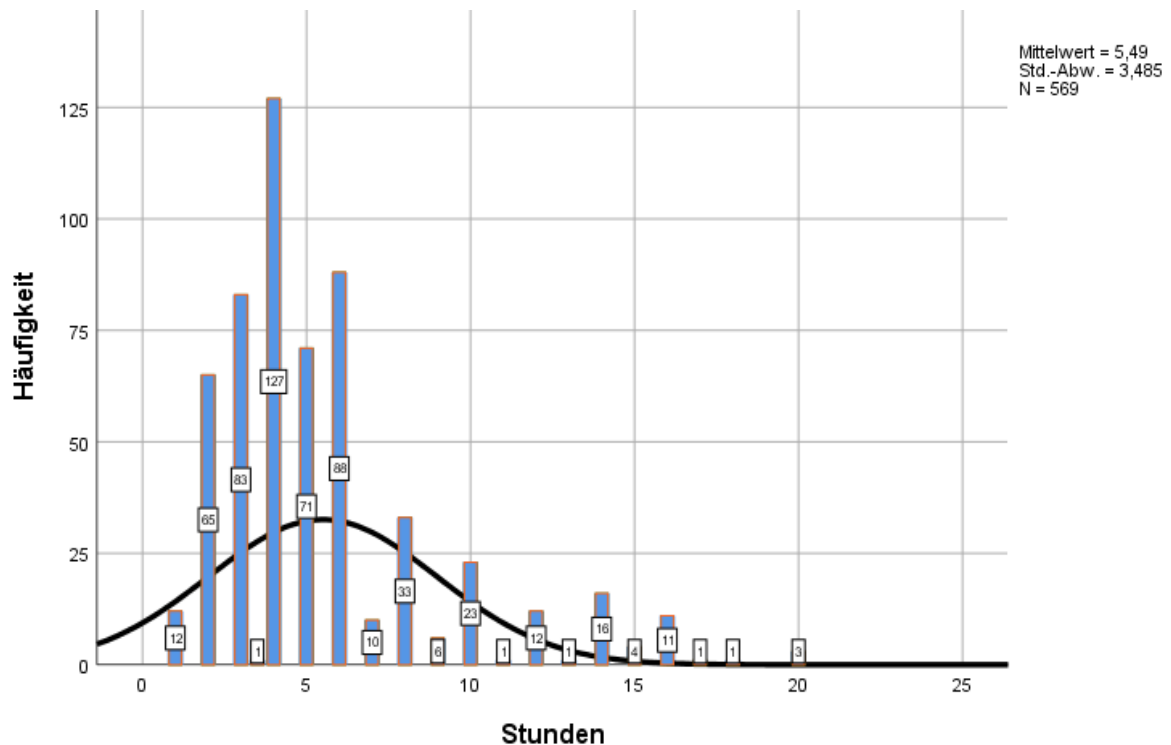


Abbildung 6: Wöchentliche Trainingszeit der Studienteilnehmer

4.3 Spielerfahrung der Studienteilnehmer

Bei der Frage nach der Spielerfahrung der Patienten, d.h. wie lange sie schon aktiv Fußball spielen, konnte festgestellt werden, dass der durchschnittliche Patient zum Verletzungszeitpunkt bereits 15,97 Jahre (Standardabweichung: $\pm 7,13$) Fußball gespielt hatte. Die Spannweite der Spielerfahrung reichte von 1 Jahr bis zu 40 Jahren. Der Großteil der Patienten hatte eine Spielerfahrung zwischen 10 und 20 Jahren ($n=388$), was einem prozentualen Anteil von 66,90 Prozent aller Studienteilnehmer darstellt. Insgesamt spielten 86,38 Prozent der Patienten ($n=501$) schon 10 oder mehr Jahre Fußball (siehe Abbildung 7).

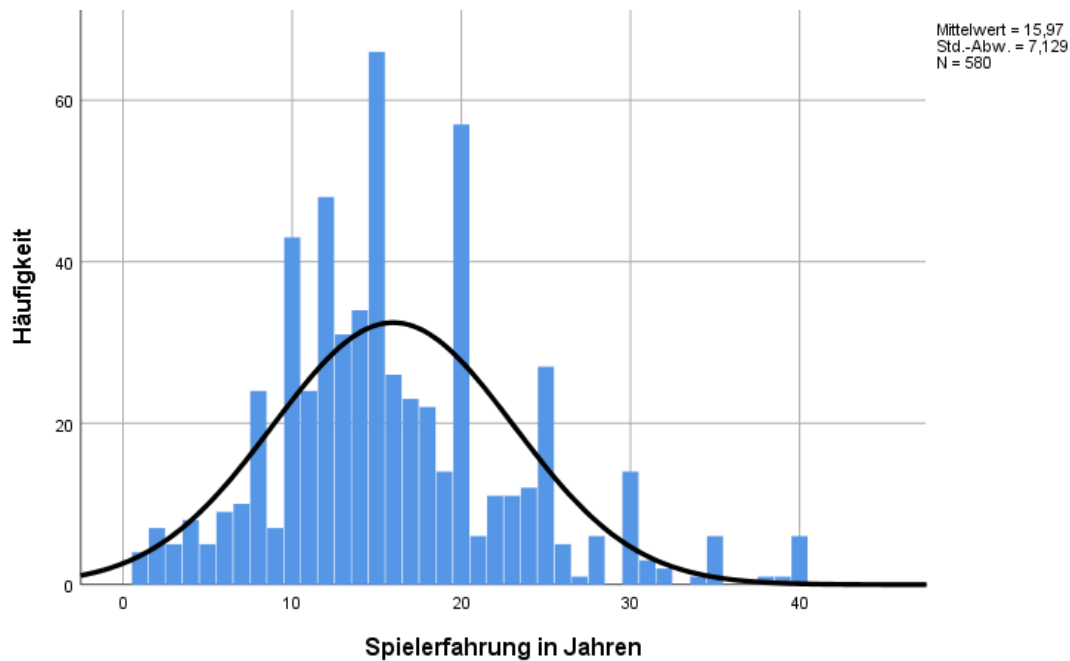


Abbildung 7: Spielerfahrung der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt

4.4 Spielposition der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt

In Bezug auf die Spielposition des Spielers konnten wir erfahren, dass von insgesamt 566 Studienteilnehmern mit Angaben zu ihrer Spielposition mit einem Anteil von 47,7 Prozent knapp die Hälfte (n=270) der Studienteilnehmer Mittelfeldspieler waren. Auf die Spielposition des Torwarts entfielen 4,2 Prozent (n=24), Abwehrspieler waren mit 25,8 Prozent (n=146) betroffen. Einen ähnlich großen Anteil machte die Spielposition „Stürmer“ aus (n=126), dies stellt einen prozentualen Anteil aller Studienteilnehmer von 22,3 Prozent dar. Es zeigt sich hierbei ein deutlich höherer Anteil der Spielposition Mittelfeld gegenüber der einzelnen Spielpositionen Sturm, Abwehr und Torwart.

Spielposition	Anzahl (n= 566)	Anteil in Prozent
Torwart	24	4,2
Abwehr	146	25,8
Mittelfeld	270	47,7
Sturm	126	22,3

Abbildung 8: Spielposition der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt

4.5 Spielklassenzugehörigkeit der Studienteilnehmer

Auch stellten wir die Frage nach der Spielklasse des verletzten Spielers. Spieler der höchsten drei Spielklassen im deutschen Fußballligensystem, welche den Fußballsport als Beruf ausüben, hatten in unserem Kollektiv lediglich einen Anteil von 4,4 Prozent (n=26) an der Gesamtzahl der verletzten Spieler. Mit 230 Studienteilnehmern hatten die 3 niedrigsten Spielklassen (A-Klasse bis Kreisliga) des deutschen Fußballligensystems den größten Anteil (40,1 %). Auffällig war auch der hohe Anteil derer, die noch im Jugendbereich spielten (n=109; 19,0 %). Der Frauenfußball hatte mit 5,1 Prozent (n=29) lediglich einen geringen Anteil. Der Anteil derer, die sich außerhalb des organisierten Vereinsfußballs verletzten, bezifferte sich auf 4,9 Prozent (n=28). Insgesamt 5 Spieler spielten zum Verletzungszeitpunkt in einer ausländischen Fußballliga, was einem Anteil von 0,9 Prozent entspricht.

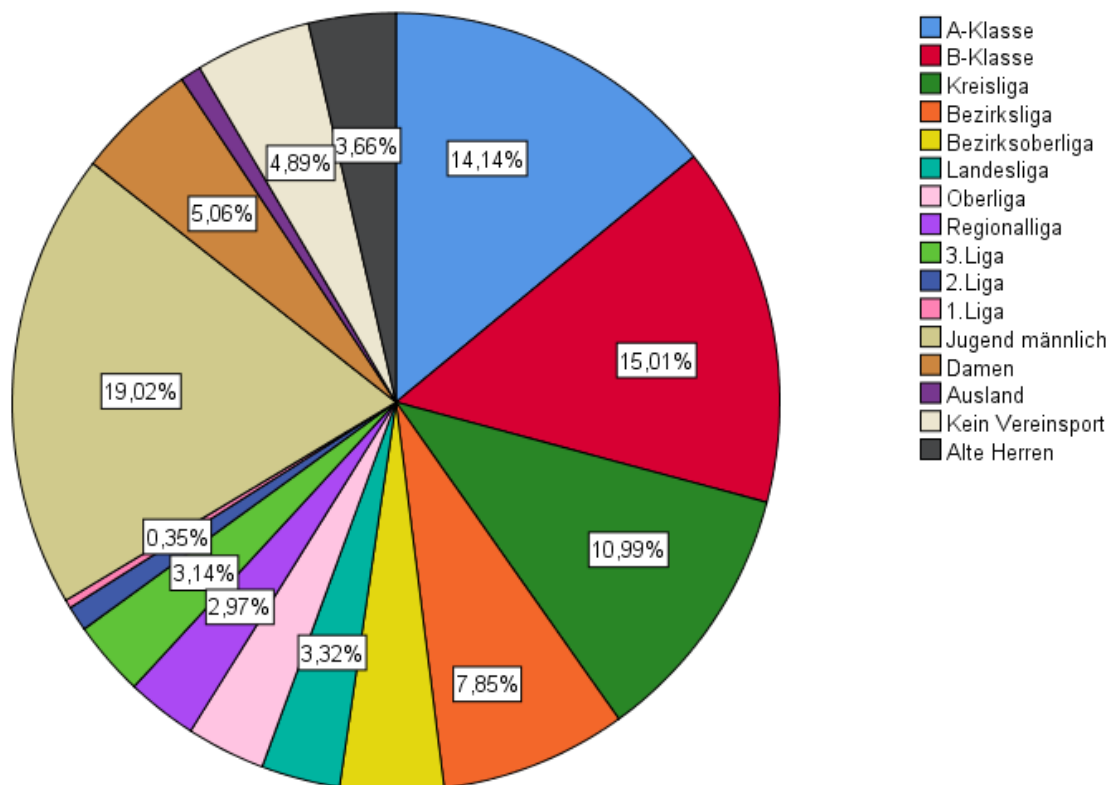


Abbildung 9: Spielklassenzugehörigkeit zum Verletzungszeitpunkt

4.6 Vorverletzungen der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt

Auf die Frage, ob die Patienten bereits Beschwerden oder Vorverletzungen (nicht auf das Kniegelenk beschränkt) in den 2 Wochen vor dem Ereignis des Risses des vorderen Kreuzbandes hatten, konnten wir ermitteln, dass 76,9 Prozent (n=452) der Patienten dies

verneinten. 23,1 Prozent (n=136) gaben hingegen an, bereits zuvor Beschwerden oder Verletzungen verspürt zu haben. Es wurde der Zeitraum des Begriffes „Vorverletzung“ mit 2 Wochen vor dem Eintritt der VKB-Ruptur bis zum Eintritt der VKB-Ruptur definiert. Vorverletzungen wurden dabei weder auf eine Extremität noch auf ein Gelenk beschränkt. Wir stellten in unserer Studie bei den weiblichen Studienteilnehmern gegenüber den männlichen Studienteilnehmern einen erhöhten Anteil fest, die angaben, dass sie zum Verletzungszeitpunkt gemäß unserer Definition vorverletzt waren. So berichteten 28,6 Prozent der weiblichen Studienteilnehmerinnen über eine oder mehrere Vorverletzungen, wohingegen nur 22,9 Prozent der männlichen Studienteilnehmer eine Vorverletzung angaben. Aufgrund der deutlich geringeren Fallzahl der weiblichen Studienteilnehmerinnen ist diese Aussage jedoch nicht als signifikant zu bewerten ($p=0,547$). Des Weiteren fanden wir heraus, dass bei den non-contact-VKB-Rupturen der Anteil an VKB-Rupturen verbunden mit Vorverletzungen mit 24,2 Prozent größer war als der Anteil an VKB-Rupturen verbunden mit Vorverletzungen in der Gruppe der contact-VKB-Rupturen (21,4 %), der Wert zeigte sich jedoch ebenfalls nicht als statistisch signifikant ($p=0,435$).

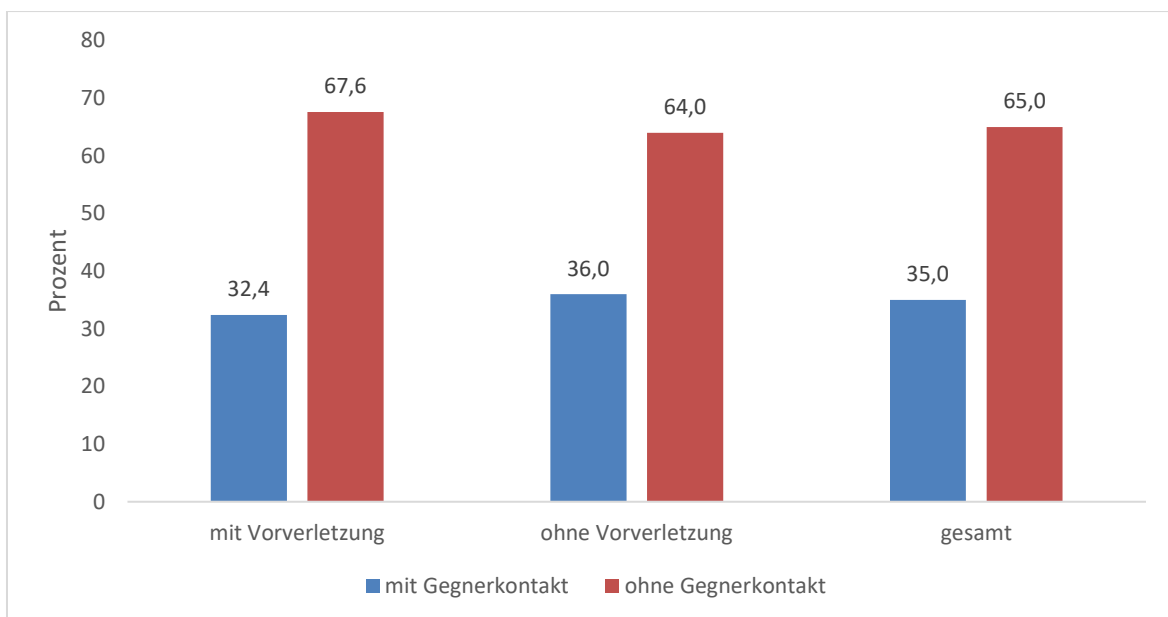


Abbildung 10: Vorverletzungen als Einflussfaktor für non-contact-VKB-Rupturen

4.7 Zeitpunkt des Eintretens der vorderen Kreuzbandruptur

Was die saisonale Verteilung der Verletzungen anbelangt, konnten wir zeigen, dass es eine Anhäufung an VKB-Rupturen in der pflichtspielfreien Phase, welche der Vorbereitung auf die kommende Wettkampfperiode dient, gibt. So verletzten sich insgesamt 35,9 Prozent (n=175) genau in dieser Zeitphase. Auch wurde deutlich, dass ein höheres Verletzungsrisiko an den

ersten Spieltagen der Punktspielrunde besteht. Es zeigt sich mit 27 VKB-Rupturen ein Maximum der Verletzungen am 4. Spieltag. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass VKB-Rupturen gehäuft in der Vorbereitungsphase und an den ersten Spieltagen auftraten. Fasst man die ersten vier Spieltage einer Saison und die vorhergegangene Vorbereitungsphase zusammen, ereigneten sich 53,1 Prozent (n=259) der VKB-Rupturen in diesem Zeitraum (siehe Abbildung 11).

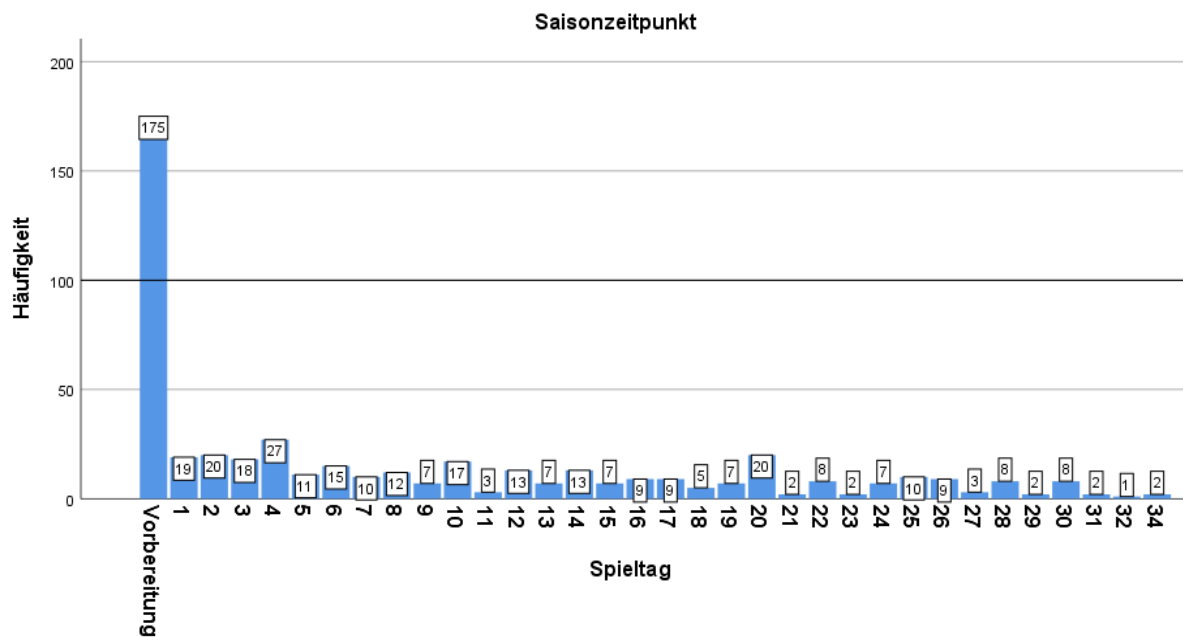


Abbildung 11: Saisonzeitpunkt zum Zeitpunkt der VKB-Ruptur

Bezüglich der kalendarischen Verteilung der Verletzungen konnte festgestellt werden, dass in unserem Kollektiv der Monat September der Monat mit den meisten vorderen Kreuzbandrissen war (n=71), was prozentual einem Anteil von 12,4 Prozent entspricht. Die Monate mit den wenigsten Rupturen waren der Februar und der Dezember mit 23 Rupturen (4,0 %) bzw. 16 Rupturen (2,8 %). Insgesamt fielen knapp drei Viertel (75,8 %) der diagnostizierten vorderen Kreuzbandrisse (n=435) während dem Zeitraum von April bis Oktober vor und man konnte einen eindeutigen Abfall während den meist spielfreien Wintermonaten erkennen (siehe Abbildung 12).

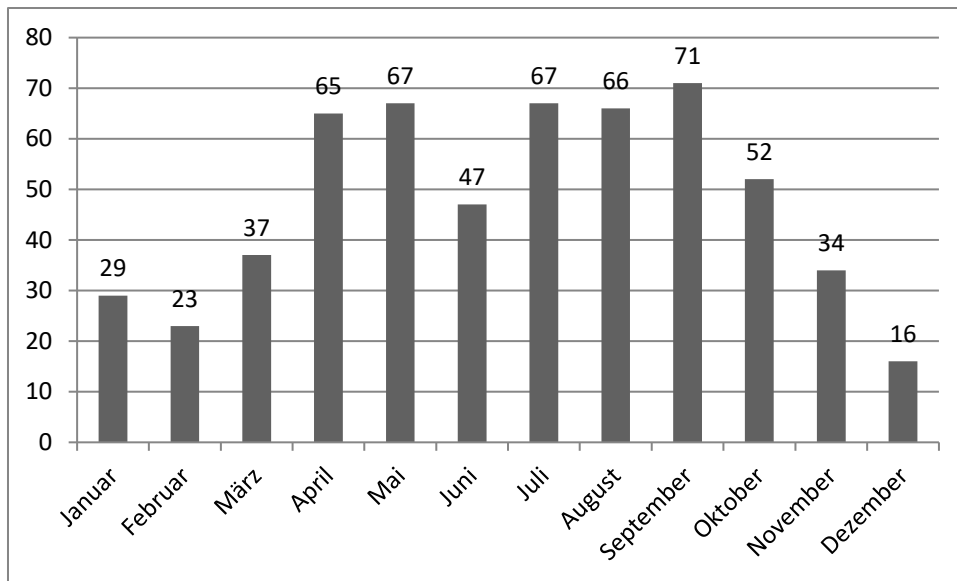


Abbildung 12: Kalendarische Verteilung der VKB-Rupturen

Auf die Frage, ob mehr Verletzungen im Spiel oder während der Trainingseinheit eintreten, zeigt sich, dass sich deutlich mehr Verletzungen im Spiel als im Training ereigneten. So verletzten sich 440 Spieler im Spiel, was einen Anteil aller VKB-Rupturen von 78,0 Prozent entspricht. Wohingegen sich lediglich 22,0 Prozent der Fußballspieler (n=124) während der Trainingseinheit verletzten ($p < 0,01$).

Um den etwaigen Einfluss einer einsetzenden Ermüdung während des Spieles bzw. während des Trainings und auch den Einfluss ungenügenden Aufwärmens vor dem Spiel auf das Rupturrisiko des vorderen Kreuzbandes zu untersuchen, fragten wir nach der Minute, in der sich die Spieler den vorderen Kreuzbandriss zuzogen. Folgend unterteilten wir das Spiel bzw. das Training in sechs Abschnitte mit jeweils fünfzehn Minuten (1.-15. Minute, 16.-30. Minute, 31.-45. Minute, 46.-60. Minute, 61.-75. Minute, 76.-90. Minute) bzw. das Spiel zusätzlich in zwei Halbzeiten (1.-45. Minute, 46.-90. Minute).

Was das Training betrifft, konnten wir hierbei feststellen, dass sich die meisten Rupturen im Zeitraum zwischen der 16. und der 30. Trainingsminute ereigneten (n=25; prozentualer Anteil 26,0 %) und dass es eine 2. Phase mit gesteigertem VKB-Rupturrisiko gibt, nämlich zwischen der 46. und der 60. Trainingsminute (n=25; prozentualer Anteil 26,0 %). Entgegen unserer Erwartung konnten wir einen signifikanten Abfall des Verletzungsrisikos gegen Ende des Trainings feststellen ($p < 0,01$).

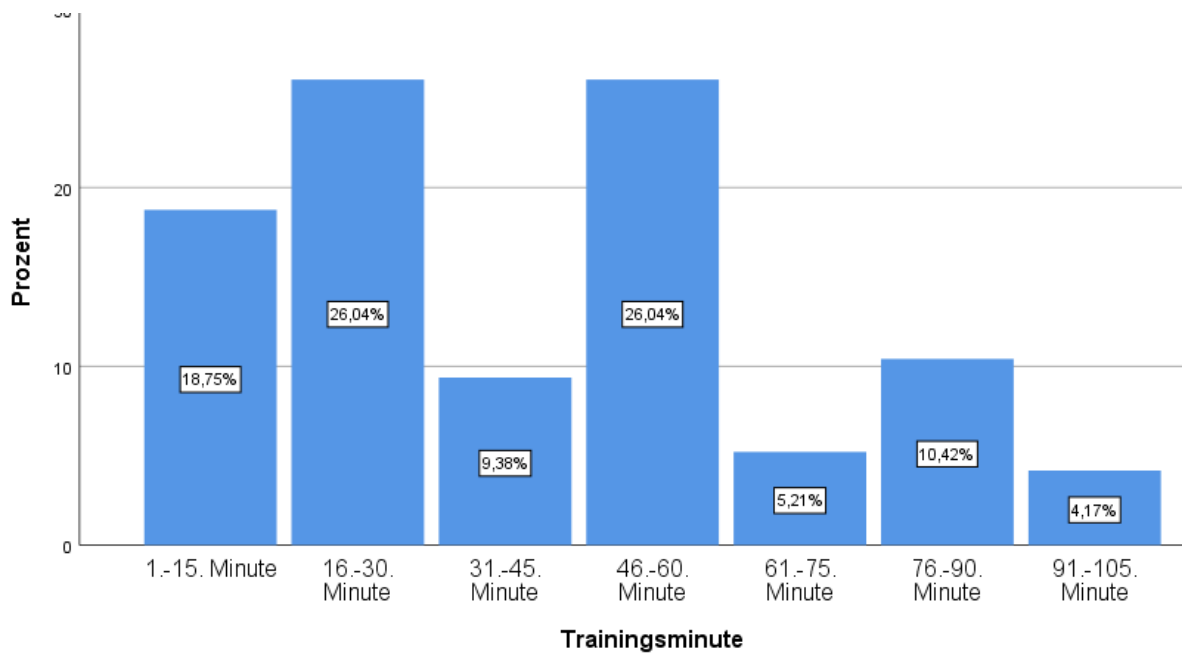


Abbildung 13: Zeitliche Verteilung der Rupturen im Training nach Minuten

Bezüglich der zeitlichen Verteilung der im Spiel stattgefundenen Rupturen des vorderen Kreuzbandes kann angeführt werden, dass, ebenfalls entgegen unseren Erwartungen, die meisten Verletzungen zu Beginn des Fußballspiels stattfanden. So verletzte sich knapp die Hälfte der Spieler schon innerhalb der ersten dreißig Minuten ($n=196$; 47,2 %), dem ein deutlicher Abfall der Rupturzahlen zu Ende der ersten Halbzeit folgt (siehe Abbildung 14).

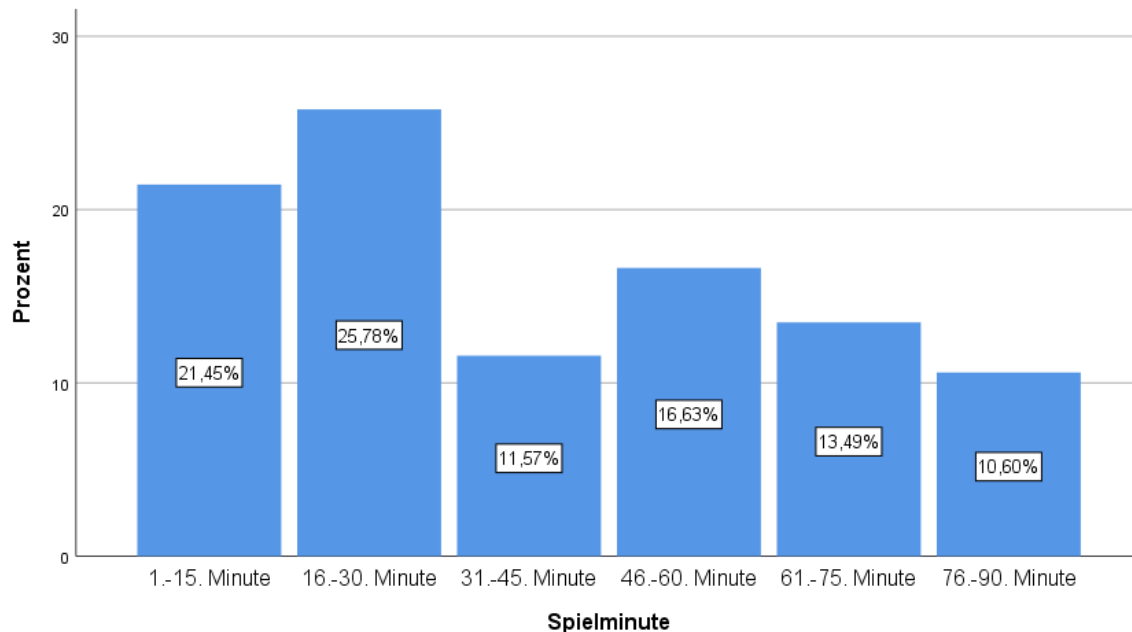


Abbildung 14: Verteilung der VKB-Rupturen im Spielverlauf nach Minuten in Prozent

Einen erneuten Anstieg kann man zu Beginn der zweiten Halbzeit des Spiels erkennen, danach folgt jedoch ein kontinuierlicher Abfall der Verletzungen bis zum Ende des Spiels. Betrachtet man die beiden Halbzeiten des Spiels im Vergleich, so geschahen 58,8 Prozent (n=244) der vorderen Kreuzbandrisse im Verlauf der ersten Halbzeit, wohingegen sich lediglich 41,2 Prozent (n=171) der Spieler während der zweiten Halbzeit das vordere Kreuzband rupturierten ($p < 0,01$). Es rupturierten sich 102 der insgesamt 440 im Spiel verletzten Fußballer in den letzten dreißig Minuten des Spiels das Kreuzband, was einen prozentualen Anteil von 24,6 Prozent entspricht und gegenüber den ersten dreißig Minuten des Spiels signifikant niedriger ist ($p < 0,05$).

4.8 Eintreten der vorderen Kreuzbandruptur mit oder ohne Gegnerkontakt

Ein weiterer Untersuchungspunkt unserer Studie war, wie viele Patienten sich die VKB-Ruptur mit bzw. ohne Gegnerkontakt zuzogen. Von insgesamt 588 Spielern rissen sich in etwa zwei Drittel der Spieler (65 %; n=382) das vordere Kreuzband ohne Gegnerkontakt, wohingegen lediglich circa ein Drittel der Spieler (35 %; n=206) beim Verletzungszeitpunkt in Kontakt mit einem Gegen- oder Mitspieler war ($p < 0,05$).

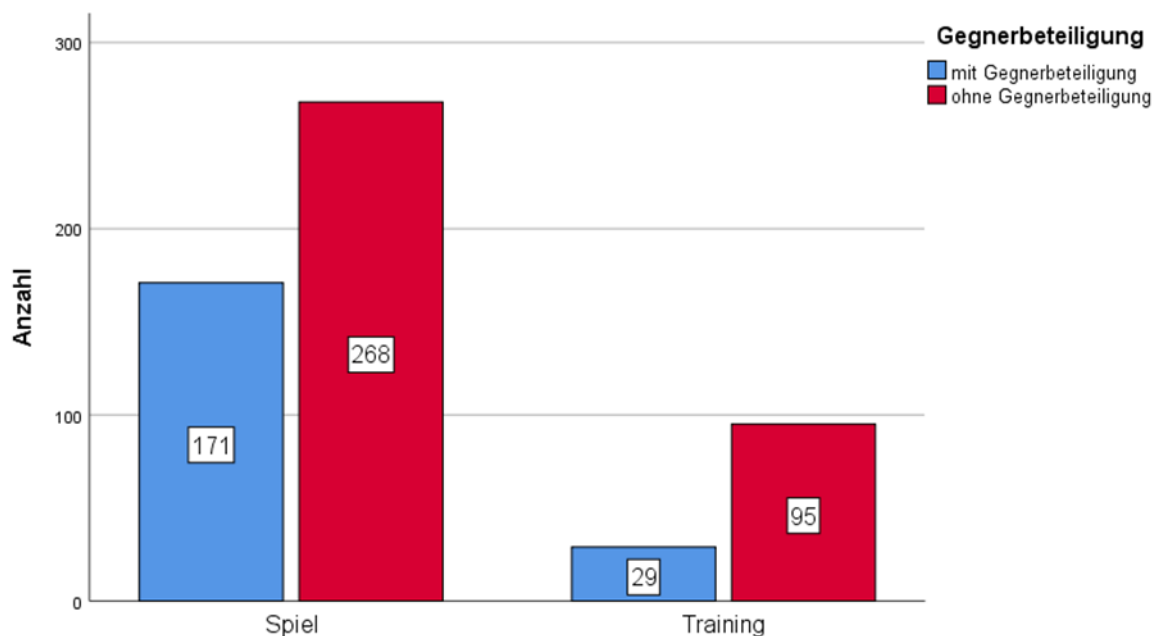


Abbildung 15: VKB-Rupturen mit und ohne Gegnerkontakt während des Spiels bzw. Trainings

Ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) bestand zwischen den VKB-Rupturen ohne Gegnerkontakt im Vergleich Training versus Spiel (siehe Abbildung 15). Im Spiel traten von insgesamt 439 Rupturen 268 ohne Gegnerkontakt ein, was einem Anteil von der Gesamtzahl

aller vorderen Kreuzbandrisse während des Spiels von 61,04 Prozent entspricht. Im Training war der Anteil derer, die sich ohne Gegnerkontakt verletzten jedoch mit 76,61 Prozent (n=95) noch um ein Deutliches höher.

Die Frage, ob sich das Verhältnis zwischen den vorderen Kreuzbandrissen, die sich ohne Gegnerkontakt ereigneten und denjenigen die sich mit Gegnerkontakt ereigneten, während des Spielverlaufs änderten, kann insofern beantwortet werden, dass der prozentuelle Anteil der Rupturen ohne Gegnerkontakt zu Beginn der beiden Halbzeiten am höchsten ist und im Verlauf in jeder der beiden Halbzeiten kontinuierlich abfällt (siehe Abbildung 16). Anders verhält es sich bei den Rissen des vorderen Kreuzbandes mit Gegnerkontakt. Hier wird der größte prozentuelle Anteil zwischen der 16. und der 30. Spielminute erreicht, ein signifikanter Unterschied konnte jedoch nicht nachgewiesen werden ($p=0,813$).

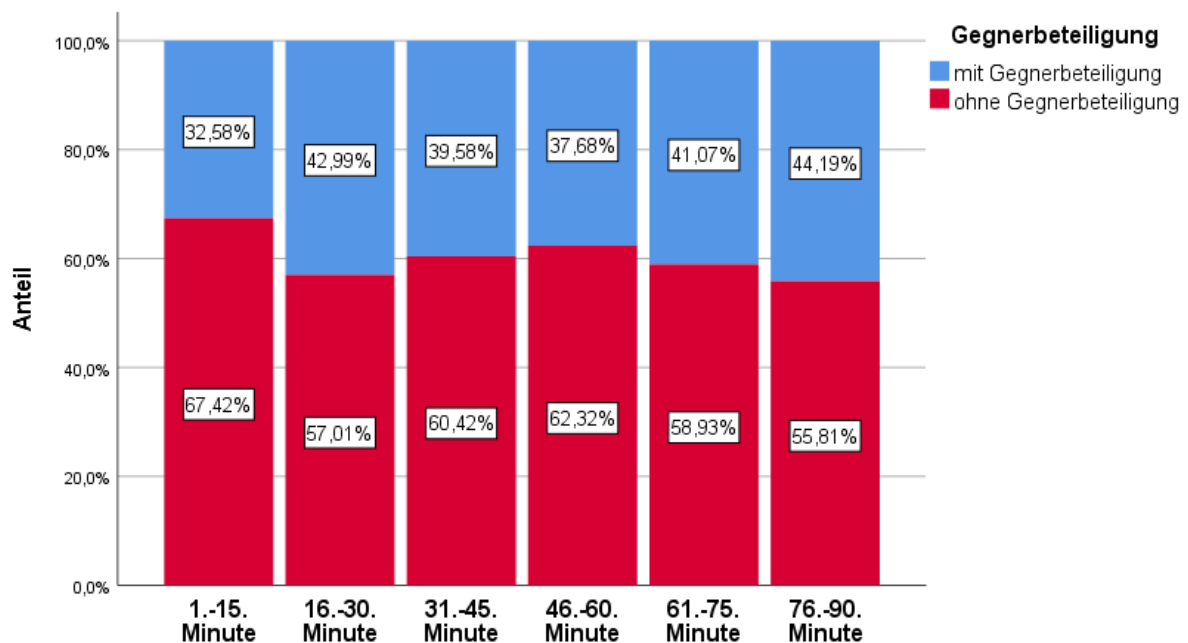


Abbildung 16: Verteilung der VKB-Rupturen mit und ohne Gegnerkontakt während des Spielverlaufs

Beim Vergleich der verschiedenen Spielpositionen der am vorderen Kreuzband verletzten Spieler und dem Anteil derer, die sich mit bzw. ohne Gegnerkontakt verletzten, zeigt sich das in Abbildung 17 dargestellte Ergebnis. So kann man erkennen, dass sich Torhüter (n=8; 66,67 %), Abwehrspieler (n=38; 64,36 %), Mittelfeldspieler (n=78; 64,93 %) und Stürmer (n=37; 65,08 %) im Spiel annähernd gleich häufig ohne Gegnerkontakt verletzten. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte hierbei nicht nachgewiesen werden ($p=0,997$).

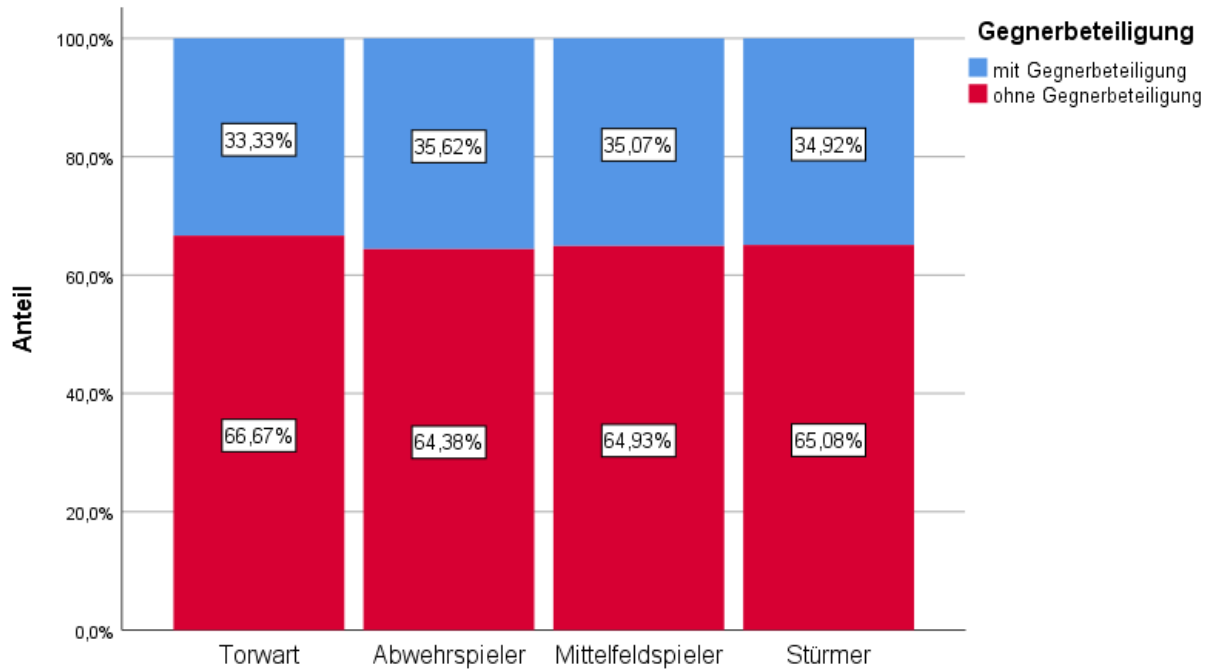


Abbildung 17: Abhängigkeit der VKB-Rupturen mit und ohne Gegnerkontakt von der Spielposition

Andererseits scheinen die Bodenverhältnisse bezüglich des Verhältnisses von vorderen Kreuzbandrissen, welche sich entweder mit oder ohne Gegnerkontakt ereigneten, eine Rolle zu spielen. So fanden von insgesamt 100 Rupturen, die mit Gegnerkontakt auf Rasen geschahen, 67 (entspricht 67 %) auf trockenem Rasen und 33 (entspricht 33 %) auf nassem Rasen statt. Dahingegen ereigneten sich, wie in Abbildung 18 ersichtlich, bei den Rissen der vorderen Kreuzbänder ohne Gegnerkontakt sogar 79,12 Prozent ($n=144$) auf trockenem Rasen und weniger bei nassen Bodenverhältnissen ($n= 8$; 20,88 %). Hierzu muss jedoch aufgrund der meteorologischen Wetterlage in Deutschland angemerkt werden, dass im deutschen Fußball häufiger trockene als nasse Rasenverhältnisse vorherrschen. Auch konnten wir keinen signifikanten Unterschied dafür nachweisen, dass sich non-contact-Verletzungen häufiger auf trockenem als auf nassem Rasenverhältnissen ereignen ($p= 0,184$).

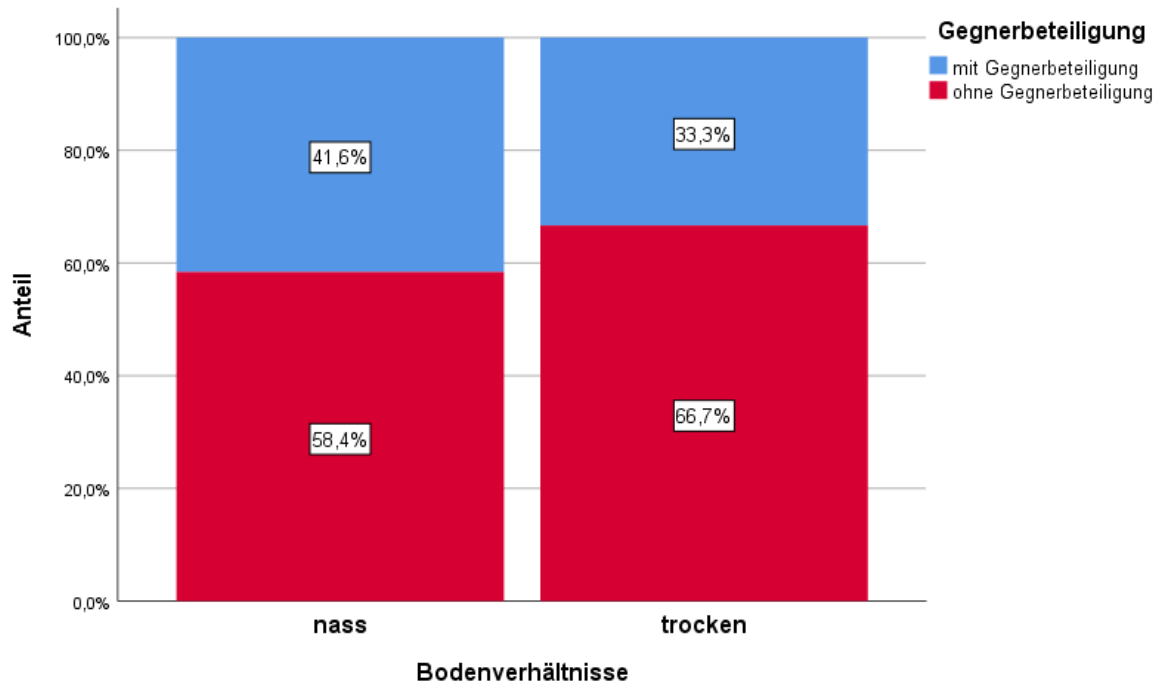


Abbildung 18: Anteil an non-contact-Verletzungen bei nassem bzw. trockenen Bodenverhältnissen

Wenn man isoliert die Verletzungen auf nasser Rasenfläche betrachtet, so kamen dort 33 (entspricht 46,48 %) Verletzungen am vorderen Kreuzband mit Gegnerkontakt und 38 (entspricht 53,52 %) ohne Gegnerkontakt vor. Auf trockener Rasenfläche ergibt sich ein deutlich anderes Bild. Hier erfolgten von insgesamt 211 Rissen des vorderen Kreuzbandes 31,8 Prozent (n=67) mit Gegnereinwirkung und 68,2 Prozent (n=144) ohne Gegnereinwirkung. Dieser Unterschied zeigte sich mit einem p-Wert von $< 0,05$ als signifikant.

4.9 Bodenverhältnisse beim Eintreten der vorderen Kreuzbandruptur

Was den Einfluss des zu bespielenden Untergrundes betrifft, auf dem sich die VKB-Rupturen ereigneten, so stellten wir den Studienteilnehmern zunächst die Auswahl zwischen natürlichen kurzgemähten oder langen Rasen, Kunstrasen oder Hallenboden. Hierbei zeigte sich, dass der Großteil der Verletzungen auf natürlichem Rasen geschah (n=418; 86,0 %). Hierunter entfielen 27,4 Prozent (n=133) auf lange Rasenverhältnisse und 58,6 Prozent (n=285) auf kurze Rasenverhältnisse des natürlichen Rasens. Hallenboden wurde insgesamt 48-mal, was 9,9 Prozent entspricht, und Kunstrasen 19-mal (entspricht 3,9 %) genannt. Ebenso erfolgte eine separate Unterteilung in nassen oder trockenen Untergrund. Die deutliche Mehrzahl der Kreuzbandverletzungen (n=396; 76,0 %) entfiel dabei auf Verletzungen auf trockenem Untergrund, wohingegen sich lediglich 24,0 Prozent (n=125) der VKB-Rupturen auf nassem Untergrund ereigneten.

4.10 Einflussfaktor Fußballschuh beim Eintreten der vorderen Kreuzbandruptur

Ein weiterer Untersuchungspunkt unserer Studie war die Tragedauer der Fußballschuhe vor dem Verletzungszeitpunkt. Hierbei wurden die bei der Verletzung getragenen Schuhe meist, genauer gesagt zu 90,8 Prozent, zuvor 12 Monate oder weniger benutzt. 74 Spieler gaben an, dass die von ihnen getragenen Fußballschuhe neu waren. Dies entspricht einem Anteil aller Spieler, die Auskunft über das Alter ihrer Fußballschuhe gaben, von 13,1 Prozent.

Ein weiterer Schwerpunkt unserer Untersuchungen war die Untersuchung der Sohlenbeschaffenheit der zum Verletzungszeitpunkt getragenen Fußballschuhe. Zunächst galt es zu unterscheiden zwischen Fußballschuhen mit dem Sohlenprofil eines Hallen-, Nocken-, Stollen-, Hartplatz- oder Kunstrasenschuhs. Bei den Nocken- und Stollenschuhen differenzierten wir das Sohlenprofil noch genauer in Fußballschuhe mit runden Stollen und solche mit Längs- und Querstollen. Insgesamt trugen zum Verletzungszeitpunkt 396 Spieler (67,3 %) Nockenschuhe, 142 Spieler (24,1 %) Stollenschuhe, 46 Spieler (7,8 %) Hallenschuhe und nur ein geringer Anteil von 0,7 Prozent (n=4) Hartplatz- bzw. Kunstrasenschuhe. Was den Anteil derer, die zum Verletzungszeitpunkt Nocken- oder Stollenschuhe mit Längs- und Querstollen benutzten betrifft, konnte festgestellt werden, dass dieser bei 56,0 Prozent (n=297) lag. Dahingegen verwendeten 43,2 Prozent (n=229) Spieler Schuhe mit runder Beschaffenheit der Stollen bzw. Nocken.

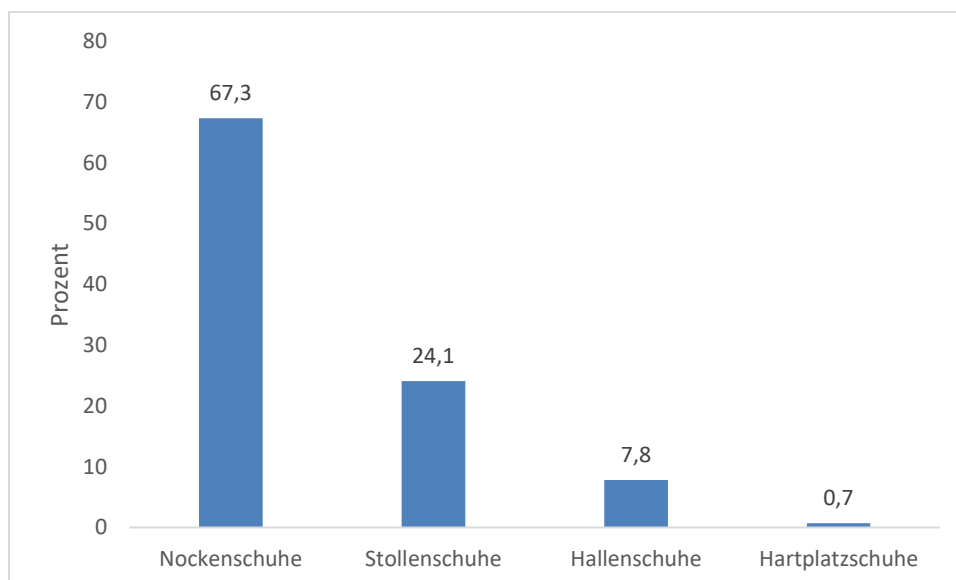


Abbildung 19: Sohlendesign der Fußballschuhe zum Verletzungszeitpunkt

4.11 Erleiden der VKB-Ruptur am Schussbein bzw. Standbein

Auf die Frage, ob es sich beim verletzten Kniegelenk um das Schuss- oder Standbein handelt, gaben 329 (56,3 %) Spieler an, dass sie sich die Verletzung am Schussbein zugezogen hatten. Bei 255 Spieler bzw. 43,1 Prozent der befragten Spieler war das Standbein betroffen (siehe Abbildung 20). Als Schussbein wurde das Bein definiert, mit welchem der Spieler für gewöhnlich seine Spielaktionen ausführt, als Standbein jenes Bein, auf welchem er bei der Spielaktion gewöhnlich steht und welches folglich der Stabilisierung des Körpers dient. Hierbei konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p < 0,05$).

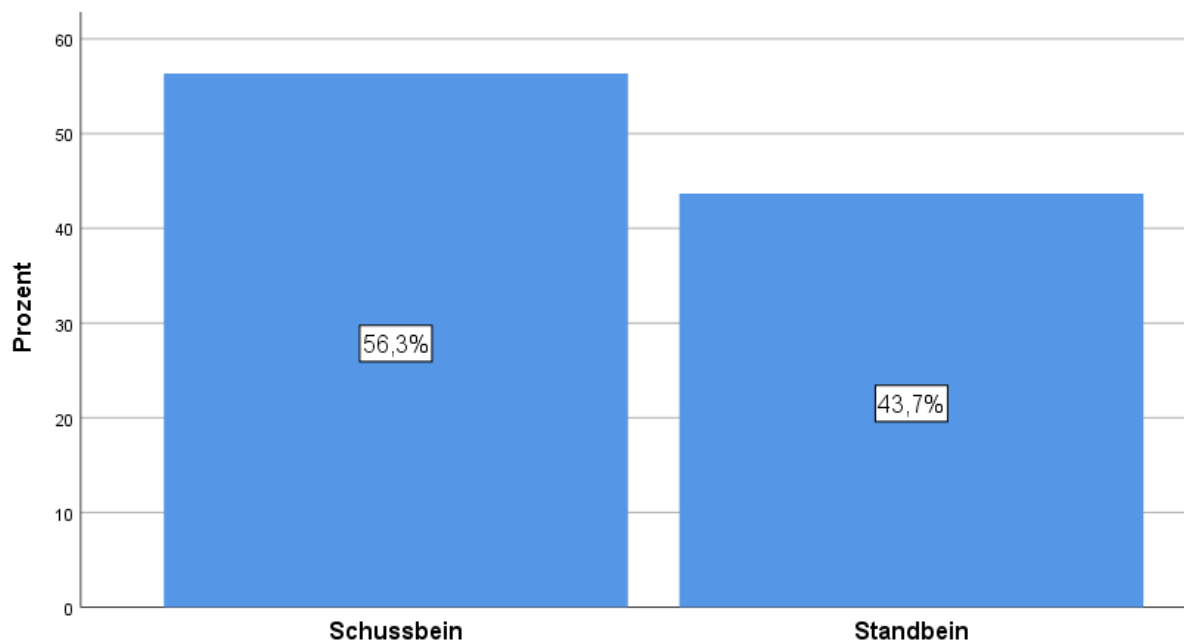


Abbildung 20: VKB-Ruptur am Schuss- oder Standbein

4.12 Auswertung geschlechtsspezifischer Unterschiede

Ein weiterer Punkt unserer Untersuchungen war geschlechtsspezifische Unterschiede zu detektieren. Es waren insgesamt 28 Studienteilnehmer weiblich (4,7 %) und 562 Studienteilnehmer (95,3 %) männlich. Aufgrund der deutlich geringeren Anzahl der weiblichen Studienteilnehmerinnen waren keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede zu finden.

Bei der Untersuchung ob es sich bei dem verletzten Bein um das Schussbein oder das Standbein handelt, konnte ein geschlechtsspezifischer Unterschied festgestellt werden. Während sich die männlichen Fußballspieler häufiger am Schussbein (57,1 %; $n=318$) als am Standbein (42,9 %; $n= 239$) das vordere Kreuzband rupturierten, ereignete sich diese Verletzung bei den weiblichen Spielerinnen häufiger am Standbein (59,3 %; $n=16$) als am Schussbein (40,7 %; $n=11$).

Was die Spielerfahrung anbelangt konnten wir feststellen, dass die weiblichen Studienteilnehmerinnen zum Verletzungszeitpunkt weniger Spielerfahrung als ihre männlichen Kollegen hatten. So lag die Spielerfahrung der weiblichen Studienteilnehmer bei durchschnittlich 9,96 Jahren, wohingegen die Spielerfahrung der männlichen Studienteilnehmer bei 16,25 Jahren lag.

Was das Durchschnittsalter betrifft, war zu erfahren, dass die weiblichen Fußballspielerinnen zum Verletzungszeitpunkt jünger waren als ihre männlichen Kollegen. So ergab sich ein Durchschnittsalter der weiblichen Studienteilnehmer von 22,04 Jahren (Standardabweichung: $\pm 6,43$ Jahre) und ein Durchschnittsalter der männlichen Studienteilnehmer von 24,01 Jahren (Standardabweichung: $\pm 7,48$ Jahre).

Ob sich die vordere Kreuzbandruptur im Training oder im Spiel ereignete wurde auch auf geschlechtsspezifische Unterschiede untersucht. Hierbei traten beim weiblichen Geschlecht 81,5 Prozent (n=22) der VKB-Rupturen während des Spiels und 18,5 Prozent (n=5) der Rupturen während des Trainings auf. Was das männliche Geschlecht betrifft geschahen 77,8 Prozent (n=418) der vorderen Kreuzbandrupturen während des Spiels und 22,2 Prozent (n=119) im Training.

5 Diskussion

In Anbetracht von circa 270 Millionen aktiven Fußballspielerinnen und Fußballspielern weltweit und einem relativ zu anderen Sportarten erhöhtem Risiko, sich hierbei das vordere Kreuzband zu verletzen, sollte der Erforschung möglicher Einflussfaktoren auf die vordere Kreuzbandruptur ein hoher Stellenwert zugewiesen werden. Insbesondere wenn man die lange Ausfallzeit nach einem vorderen Kreuzbandriss betrachtet, welche von Faude et al. im Profifußball mit durchschnittlich 188 Tagen und von Krutsch et. al mit 266 Tagen angegeben wird.^{70 11} Mit einer deutlich höheren Fallzahl von 590 Studienteilnehmern gelang es uns gegenüber bisher veröffentlichten Studien beispielsweise von Brophy et al. (n=93), Södermann et al. (n=398) oder Ekstrand et al. (n=118) differenzierte Aussagen über die einzelnen Einflussfaktoren zu treffen.^{73 71 77}

Das vorrangige Ziel unserer Studie war es anhand eines Fragebogens Einfluss- bzw. Risikofaktoren für das Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur während des Fußballspiels zu untersuchen. Hierbei konnten wir unsere Hypothese, dass die Steigerung der Belastung sowie der Intensität im Fußballspiel zu einem erhöhten VKB-Rupturrisiko führt, bestätigen. Beispielsweise konnten wir zeigen, dass im Übergang vom Jugend- zum Erwachsenfußball das Risiko des Erleidens einer VKB-Ruptur zunimmt. Auch zeigte sich in den Monaten mit erhöhter Trainings- und Spielfrequenz und damit erhöhter Belastung für die Fußballspieler eine höhere VKB-Rupturrate. Im Folgenden wird auf die einzelnen Einflussfaktoren einzeln eingegangen.

5.1 Einflussfaktor Spieleralter

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 23,92 Jahre (Standardabweichung: $\pm 7,44$) und war somit deutlich niedriger als das in einer von Brophy et. al. durchgeführten Studie, welche bei ihrer retrospektiven Studie mit 93 Fußballspielern, die sich beim Fußballspielen das VKB rupturierten, auf ein Durchschnittsalter von 26,8 Jahren kamen.⁷¹ Bei geschlechtsspezifischer Betrachtung lag das Durchschnittsalter der weiblichen Spielerinnen in unserer Studie bei 22,04 Jahren und somit unter dem der männlichen Studienteilnehmer (24,01 Jahre). Brophy et al. beschrieben in der oben genannten Studie zwar auch ein niedrigeres Durchschnittsalter bei weiblichen Patienten (20,4 Jahre) im Vergleich zu den männlichen Patienten (30,6 Jahre), was unser Ergebnis bestätigt, jedoch war der geschlechtsspezifische Unterschied in Ihrer Studie deutlich größer.

Insgesamt wird kontrovers diskutiert welchen Einfluss das Spieleralter auf das allgemeine Verletzungsrisiko und insbesondere auf das Risiko einer VKB-Ruptur hat. So legen die

Ergebnisse von Hägglund et al. dar, dass ein erhöhtes Spieleralter nicht assoziiert ist mit einem erhöhten Verletzungsrisiko im Fußball.⁷² Diese Studie umfasst jedoch alle Verletzungen im Fußball und ist nicht auf VKB-Verletzungen beschränkt. Södermann et al. beschrieben in ihrer Studie mit 398 schwedischen Fußballspielerinnen bis zum Alter von 19 Jahren eine deutlich erhöhte Verletzungsinzidenz von Spielerinnen unter 19 Jahren, welche im Erwachsenenteam eingesetzt wurden, gegenüber älteren Spielerinnen im Erwachsenenteam.⁷³ Dahingegen sehen mehrere Autoren ein erhöhtes Verletzungsrisiko bei älteren Spielern. So berichten Orchard et al. in ihrer Studie über ein erhöhtes Risiko für non-contact-VKB-Rupturen bei älteren Spielern.⁷⁴ Einschränkend muss hierbei jedoch gesagt werden, dass sich diese Studie auf Footballspieler und nicht auf Fußballspieler bezieht, wenngleich sich der Verletzungsmechanismus bei non-contact-VKB-Rupturen in beiden Sportarten ähnelt. Arnason et al. unterstützen diese These, indem sie älteren männlichen Fußballspielern ein erhöhtes Risiko für schwere Kniegelenksverletzung zuwiesen.⁷⁵ Zu diesem Ergebnis kamen die Autoren dadurch, dass sie prospektiv über eine Spielzeit die Verletzungen der Spieler der 1. und 2. isländischen Fußballliga untersuchten.

Zusammenfassend kann angeführt werden, dass in der aktuellen Literatur kein Konsens bezüglich des Alters als Risikofaktor für VKB-Verletzungen bei Fußballspielern gibt. Auch in unserer Studie kann aufgrund des Studiendesigns keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden, dass alleinig das Alter einen Risikofaktor für das Erleiden eines vorderen Kreuzbandrisses im Fußballspiel darstellt. Unsere geschlechtsspezifischen Ergebnisse gestützt auf die Ergebnisse von Brophy et al. lassen jedoch auf ein niedrigeres Durchschnittsalter bei weiblichen Fußballspielerinnen im Vergleich zu ihren männlichen Kollegen schließen. Auch kann anhand der hohen Anzahl an Studienteilnehmern, welche sich mit 19 oder 20 Jahren einen Riss des vorderen Kreuzbandes zuzogen, darauf geschlossen werden, dass einhergehend mit der Belastungssteigerung aufgrund des Übergangs vom Jugend- zum Erwachsenenfußball ein erhöhtes Risiko des Erleidens einer VKB-Ruptur besteht.

5.2 Einflussfaktor Wochentrainingszeit

Inwiefern Unterschiede in der durchschnittlichen wöchentlichen Trainingszeit der Spieler einen Einfluss auf die VKB-Rupturrate haben, war ein weiterer Untersuchungspunkt. Wie bereits erwähnt, betrug in unserer Studie die durchschnittliche wöchentliche Trainingszeit 5,49 Stunden. Von zwei Dritteln der Studienteilnehmer wurde eine Zeitspanne von 3-6 Stunden genannt.

In der aktuellen Literatur lässt sich nach unserem Kenntnisstand keine Studie finden, die explizit die Relation zwischen Trainingszeit und VKB-Rupturrisiko untersuchte. Dvorak et al. gaben in ihrer im Jahre 2000 veröffentlichten Arbeit über Verletzungsrisikofaktoren im Fußball und deren Prävention an, dass Trainingsmangel im Fußball zu einem erhöhten Verletzungsrisiko führt.⁷⁶ Es erfolgte hierbei jedoch keine explizite Unterscheidung bzgl. vorderer Kreuzbandrupturen. Ekstrand et al. kamen in ihrer bereits 1983 publizierten Studie zu dem Ergebnis, dass eine niedrige „training-to-match-ratio“ mit einer erhöhten Verletzungsinzidenz verbunden ist.⁷⁷ Die Autoren analysierten hierfür 118 männliche Fußballspieler bzgl. der Merkmale Trainingshäufigkeit, Verletzungsinzidenz und Teamerfolg über eine Saison.

Zusammenfassend lässt sich anmerken, dass es sich bei unseren Studienteilnehmern zum größten Teil um regelmäßig trainierende Spieler handelt (97,9 % der Spieler mit mindestens 2h Training pro Woche). Inwiefern ein Trainingsmangel bzw. ein Übertraining bei unseren Studienteilnehmern Einfluss auf die erlittene vordere Kreuzbandruptur hatte, lässt sich aufgrund des Studiendesigns nicht feststellen.

5.3 Einflussfaktor Spielerfahrung

Auf die Frage, inwiefern längere Spielerfahrung und Karrieredauer als Risikofaktoren für das Erleiden von einer VKB-Ruptur beim Fußballspielen ist, können mehrere Studien angeführt werden, die dies bejahen.^{75 76 78} So konnten Arnason et al. in der bereits erwähnten Studie der 1. und 2. isländischen männlichen Profiligen die Karrieredauer der Spieler als signifikanten Risikofaktor für VKB-Rupturen im Fußball feststellen.⁷⁵ Auch Dvorak et al. kamen in ihrer im Jahr 2000 veröffentlichten Analyse der Risikofaktoren für Verletzungen im Fußball zu diesem Entschluss.⁷⁶ Ostberg und Roos konnten dies im gleichen Jahr mit einer prospektiven Studie über das Verletzungsrisiko im Frauenfußball bestätigen.⁷⁸ Im australischem Footballsport, der dem Fußballspiel in Teilen der Bewegungsabläufe ähnelt, sahen Orchard et al. dagegen kein erhöhtes VKB-Rupturrisiko für mit größerer Spielerfahrung ausgestattete Footballspieler.⁷⁴ Aus unseren Daten eindeutig ein höheres VKB-Rupturrisiko abhängig von der Spielerfahrung abzuleiten erscheint ebenso schwierig. Einerseits hatten die Studienteilnehmer unserer Studie zum Verletzungszeitpunkt durchschnittlich eine Spielerfahrung von beinahe 16 Jahren, was die längere Karrieredauer als möglichen Risikofaktor für eine erhöhte VKB-Inzidenz als ursächlich erscheinen lassen könnte. Andererseits lag der Altersdurchschnitt in unserer Studie bei lediglich 23,92 Jahren. Dies lässt sich einerseits damit erklären, dass eine hohe Anzahl an Fußballspielern

wohl bereits im frühen Kindesalter mit dem Fußballspielen begonnen haben und somit bereits im Alter von 20 Jahren über eine Spielerfahrung von mehr als 10 Jahren verfügten. Andererseits, wenn man einen Blick auf das Alter der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt wirft, lässt sich ein Abfall der VKB-Rupturen ab dem 27. Lebensjahr erkennen, was wiederum gegen eine längere Karrieredauer als Risikofaktor für das Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur spricht. Zusammenfassend können wir feststellen, dass es sich bei unseren Studienteilnehmern zwar um erfahrene Fußballspieler handelte, das höchste Rupturrisiko jedoch im Alter von 17-24 Jahren bestand und somit eine längere Karrieredauer ebenso wenig wie fehlende Spielerfahrung Einfluss auf das VKB-Rupturrisiko hatte.

5.4 Einflussfaktor Spielposition

Die Abhängigkeit des Verletzungsrisikos von der Spielposition des Fußballspielers wird in mehreren Studien diskutiert.^{79 80 81 82 83 70 84} So sahen sowohl Ekstrand, Engstrom et al., Hawkins et al., Hoff et al., Nielsen et al. als auch Lindenfeld et al. in ihren Arbeiten kein spielpositionsabhängiges erhöhtes Verletzungsrisiko.^{80 81} **Fehler! Textmarke nicht definiert.** NOTEREF _Ref61776877 \f \h ^{82 83 84} Faude, Meyer, Federspiel und Kindermann kamen dagegen in ihrer 2009 gemeinsam veröffentlichten retrospektiven Arbeit zu dem Ergebnis, dass sich im deutschen Profifußball Torhüter im Vergleich zu Feldspielern signifikant seltener verletzen.⁷⁰ Sie analysierten dazu alle Verletzungen, welche in der Saison 2004/2005 in der 1. deutschen Bundesliga dokumentiert wurden. Hawkins et al. berichteten dagegen in einer weiteren Arbeit, welche die Verletzungen der Fußballweltmeisterschaft 1994 analysierte, dass sich während des Turniers signifikant häufiger Abwehrspieler verletzten.⁷⁹ In der einzigen uns bekannten Studie, die sich explizit mit der Abhängigkeit der VKB-Inzidenz von der Spielposition im Fußball beschäftigte, konnten Fauno et al. keinen auf die Spielposition bezogenen Unterschied der Verletzungsinzidenz beobachten.³⁹ Auch wenn in unserer Studie die Spielposition „Mittelfeldspieler“ mit 47,7 Prozent (n=270) die von den Studienteilnehmern am häufigsten genannte Spielposition ist, ist es gegenüber der Spielposition „Abwehrspieler“ mit genannten 25,8 Prozent (n=146) und der Spielposition „Stürmer“ mit genannten 22,3 Prozent (n=126) nicht möglich, bei der Spielposition „Mittelfeldspieler“ ein erhöhtes VKB-Rupturrisiko festzustellen. Um eine valide Aussage über ein positionsabhängiges VKB-Rupturrisiko treffen zu können, ist es notwendig das Spielsystem der Mannschaft des verletzten Studienteilnehmers zu kennen und somit eine Erkenntnis über die „time-to-injury“-Rate der genannten Spielpositionen gewinnen zu können. Nach unseren Daten ist zwar die Spielposition

„Mittelfeldspieler“ mit 47,7 Prozent die meistgenannte Position, jedoch fehlt uns die Information, ob ein Spielsystem mit 3, 4, 5 oder 6 Mittelfeldspielern gespielt wurde. Analog dazu lässt sich diese Aussage auf die beiden Spielpositionen „Abwehrspieler“ und „Stürmer“ übertragen. Lediglich über die Spielposition „Torwart“ lässt sich eine bessere Aussage treffen. Während des Spieles verletzten sich 13 Torhüter, was einem Anteil an allen vorderen Kreuzbandrupturen während des Spiels von 3,0 Prozent entspricht. Bei einem Spielsystem mit 11 Feldspielern wäre jedoch ein prozentualer Anteil von 9,1 Prozent zu erwarten gewesen. Somit lässt sich daraus folgern, dass in unserer Studie die Spielposition des Torhüters im Spiel gegenüber den anderen Spielpositionen mit einer signifikant geringeren VKB-Rupturrate verbunden ist ($p < 0,05$).

Es erscheint sinnvoll, in weiteren Studien neben der positionsspezifischen „time-to-injury“-Rate ebenso zu untersuchen, ob sich der Spieler zum Verletzungszeitpunkt in einer Offensiv- oder Defensivaktion befand. Auch eine Unterteilung des Spielfeldes in verschiedene Zonen könnte weitere Aufschlüsse über das positionsspezifische VKB-Verletzungsrisikos während des Fußballspieles geben.

5.5 Einflussfaktor Spielklasse

Dass eine Korrelation zwischen Spielklasse und VKB-Rupturrisiko im Fußballspiel besteht, wird von mehreren Autoren postuliert.^{7 85 86 87 88} So sahen Bjordal et al. in ihrer 1997 veröffentlichten Arbeit, in der sie 176 im schwedischen Fußball erlittene VKB-Rupturen auswerteten, ein signifikant erhöhtes VKB-Rupturrisiko für Spieler der höchsten drei schwedischen Spielklassen gegenüber den übrigen schwedischen Spielklassen.⁷ Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Hägglund et al. in 2 im Jahre 2003 veröffentlichten prospektiven Studien. Sie konnten sowohl bei der Analyse der Spielzeit 1982 als auch der Spielzeit 2001 ein erhöhtes VKB-Rupturrisiko in der 1. männlichen schwedischen Liga gegenüber niedrigeren Spielklassen feststellen.⁸⁶ Peterson et al. konnten ebenso ein höheres Verletzungsrisiko, welches allerdings nicht auf VKB-Verletzungen beschränkt war, in höheren Fußballspielklassen gegenüber niedrigeren Spielklassen finden.⁸⁸ Krusch et al. fanden in ihrer Studie, welche die Rate an vorderen und hinteren Kreuzbandrissen nach Einführung einer neuen Profiligena im deutschen Fußballligensystem analysierte, dass Fußballspieler, welche im Jahr zuvor noch in einer unteren Spielklasse spielten, in der neu eingeführten Profiligena aufgrund der Intensitätssteigerung im Profifußball ein erhöhtes Risiko für das Erleiden eines VKB-Risses hatten.⁸⁹ Die Verteilung der Spielklassen zeigt in unserer Studie ein heterogenes Bild, auch

wenn die drei niedrigsten Spielklassen den größten Anteil der Studienteilnehmer stellten. Zusammenfassend lässt sich in unserer Studie anhand der hohen Fallzahl erkennen, dass der Riss des vorderen Kreuzbandes Spieler sämtlicher Spielklassen betrifft.

5.6 Einflussfaktor Vorverletzung

In der Literatur herrscht weitestgehend Einigkeit darüber, dass Vorverletzungen mit einem erhöhten Verletzungsrisiko in der Folgezeit einhergehen.^{72 90 91 8} Hägglund, Waldén und Ekstrand berichteten in ihrer prospektiven, eine Fußballsaison erfassenden Studie im schwedischen männlichen Profifußball darüber, dass sich Fußballspieler, die im Vorjahr verletzt waren, signifikant häufiger im Folgejahr verletzten. Spieler, die im Vorjahr ein Knie trauma erlitten, verletzten sich in dieser Studie im Folgejahr dreifach häufiger am Kniegelenk. Das Risiko für erneute Verletzungen war hierbei insbesondere in der Vorbereitungsphase der Folgesaison erhöht.⁷² Orchard et al. sahen in ihrer 2001 veröffentlichten Arbeit ein erhöhtes Risiko für eine VKB-Ruptur nach Vorverletzung, insbesondere auch nach stattgefundenener VKB-Plastik, ohne jedoch eine zeitliche Definition des Begriffes „Vorverletzung“ anzugeben.⁹¹ Ebenfalls ohne genaue zeitliche Definition des Begriffes „Vorverletzung“ berichteten Arnason et al. im Jahr 2004 über eine signifikant erhöhte Anzahl an erneut eingetretener Kniegelenksverletzungen bei am Kniegelenk oder Oberschenkel vorverletzten Fußballspielern. Die Autoren kamen zu diesem Ergebnis, indem sie die erlittenen Verletzungen in der 1. und 2. schwedischen männlichen Fußballliga auswerteten.⁸

In unserer Studie wurde, wie bereits erwähnt, der Zeitraum des Begriffes „Vorverletzung“ mit 2 Wochen vor dem Eintritt der VKB-Ruptur bis zum Eintritt der VKB-Ruptur definiert. Vorverletzungen wurden dabei weder auf eine Extremität noch auf ein Gelenk beschränkt. Wir kamen so zu dem Ergebnis, dass 23,1 Prozent der VKB-Rupturen (n=136) mit einer Vorverletzung einhergingen. Wir stellten in unserer Studie bei den weiblichen Studienteilnehmern gegenüber den männlichen Studienteilnehmern einen erhöhten Anteil derer fest, die angaben, dass sie zum Verletzungszeitpunkt gemäß unserer Definition vorverletzt waren. So berichteten 28,6 Prozent der weiblichen Studienteilnehmerinnen über eine oder mehrere Vorverletzungen, wohingegen nur 22,9 Prozent der männlichen Studienteilnehmer eine Vorverletzung angaben. Aufgrund der deutlich geringeren Fallzahl der weiblichen Studienteilnehmerinnen ist diese Aussage jedoch nicht als signifikant zu bewerten. Nichtsdestotrotz, gerade da diesbezüglich in der Literatur keine Vergleichsdaten und Erklärungen existieren, sollte man diesen Punkt weiterverfolgen.

Inwiefern es einen Bezug zwischen non-contact-VKB-Verletzungen und das Vorhandensein von Vorverletzungen gibt, war ein weiterer Punkt unserer Untersuchungen. Da es in der Literatur unseren Wissens nach hierzu keine Vergleichsdaten gibt, können wir uns nur auf unsere eigenen Daten stützen. So fanden wir heraus, dass bei den non-contact-VKB-Rupturen der Anteil an VKB-Rupturen verbunden mit Vorverletzungen mit 24,2 Prozent größer war als der Anteil an VKB-Rupturen verbunden mit Vorverletzungen in der Gruppe der contact-VKB-Rupturen (21,4 %). Als Erklärung hierfür könnte ein bereits beschriebenes verändertes Bewegungsmuster bei verletzten Fußballspielern dienen. Hierzu kann angeführt werden, dass vorverletzte Spieler einerseits häufig ein koordinatives sowie muskuläres Defizit aufgrund der vorausgegangenen Verletzungspause haben und somit in ihren Bewegungsabläufen, beispielsweise bei Richtungswechseln und Landemanövern, gegenüber nicht-vorverletzten Spielern eingeschränkt sind. Andererseits kann eine Vorverletzung beim Spieler bewirken, dass er nach der Verletzungspause aus Angst vor einer erneuten Verletzung versucht Zweikämpfe zu vermeiden. Dies kann als Erklärung für den in unserer Studie erhöhten Anteil von non-contact-Verletzungen bei vorverletzten Spielern dienen. Krutsch et al. konnten in einer 2020 veröffentlichten Studie nachweisen, dass durch Einführung spezifischer Trainingsmodule eine Reduktion an schweren Knieverletzungen erreicht werden konnte.⁹² Ob durch Übertragung dieses Konzeptes auf verletzte Spieler für Wiederaufnahme des Wettkampfes eine Reduktion von insbesondere non-contact-VKB-Rupturen vorverletzter Spieler erreicht werden kann, sollte anhand weiterer Studien untersucht werden.

5.7 Einflussfaktor Verletzungszeitpunkt

Auf die Frage, in welchem Monat sich die meisten VKB-Rupturen ereigneten, kamen wir zu dem Ergebnis, dass der Monat September mit 71 VKB-Rupturen der am häufigsten genannte Monat und der Monat Dezember mit 16 VKB-Rupturen der am wenigsten genannte Monat war. Insgesamt ereigneten sich 75,8 Prozent (n=435) der VKB-Rupturen in den Monaten April bis Oktober. Ob es sich hierbei lediglich um eine saisonale Verteilung aufgrund einer erhöhten Spiel- und Trainingsfrequenz in diesen Monaten handelt, oder ob die saisonal verschiedenen Bodenverhältnisse wie bereits beschrieben einen Einfluss auf die VKB-Rupturrate haben, ist aus unseren Daten nicht ersichtlich. In der aktuellen Literatur finden sich diesbezüglich ebenfalls keine vergleichbaren Daten. Jedoch kann man davon ausgehen, dass insbesondere aufgrund der erhöhten Trainings- und Spielintensität in diesen Monaten das VKB-Rupturrisiko erhöht ist.

Was den Saisonzeitpunkt als prädiktiven Faktor für VKB-Rupturen im Fußball betrifft, konnten wir in unserer Studie im Gegensatz zu den Ergebnissen von Faude et al. keinen kontinuierlichen Anstieg der VKB-Rupturen zum Ende der Vor- und Rückrunde feststellen, es traten die Verletzungen vermehrt zu Beginn der Vorrunde auf. Der 4. Spieltag stellt hierbei mit 27 Rupturen den Spitzenwert dar. Die oben genannten Autoren berichteten 2009 in einer retrospektiven Analyse im deutschen Profifußball jedoch über einen kontinuierlichen Anstieg zum Ende der Vor- und Rückrunde.⁷⁰ Einschränkung ist hierbei jedoch anzumerken, dass es sich in der zitierten Studie um alle aufgetretenen Verletzungen und nicht explizit um VKB-Rupturen handelte. Auffallend viele VKB-Rupturen ereigneten sich in unserer Studie in der sogenannten Vorbereitungsphase, d.h. in der Zeit ohne Pflichtspiele. So dokumentierten wir 175 Kreuzbandrisse in dieser Phase, was einem prozentualen Wert von 35,9 Prozent aller Studienteilnehmer entspricht. Zählt man die ersten vier Spieltage noch als Übergangsphase zwischen Vorbereitungsphase und Pflichtspielsaison hinzu, können wir sogar 53,1 Prozent aller Rupturen diesem Zeitraum zuordnen. Diese Ergebnisse könnte man gut mit den Beobachtungen von Walden et al. in Einklang bringen. Sie berichteten in einer prospektiven Studie aus dem Jahre 2005 über eine signifikant erhöhte Anzahl an Verletzungen während der Vorbereitungsphase in der 1. schwedischen Herrenfußballliga.⁹⁰ Auch hier muss allerdings erwähnt werden, dass auch in dieser Studie nicht nur explizit VKB-Rupturen, sondern alle Verletzungen dokumentiert wurden. Es ist zudem noch zu klären, ob z.B. die Überbelastung der Spieler verbunden mit koordinativer Müdigkeit als prädiktiver Einflussfaktor für vordere Kreuzbandverletzungen in der Vorbereitungsphase sein könnte. Auch muss noch geklärt werden, inwiefern die „time-to-injury“-Ratio in dieser Phase tatsächlich erhöht ist oder ob vielmehr lediglich das gesteigerte Trainings- und Spielpensum in dieser Phase die erhöhte VKB-Rupturrate bestimmt. Was in unserer Studie gegen das alleinige Argument der Überlastung und Ermüdung als Ursache für das Erleiden einer VKB-Ruptur spricht, ist, dass in unserer Studie der Hauptanteil der Verletzungen zu Beginn des Trainings und des Spiels eingetreten ist. Auch sollten weitere Untersuchungen erfolgen, welchen Einfluss die gesteigerte Trainingsintensität verbunden mit vermehrter Zweikampfführung in der Vorbereitungsphase auf die VKB-Rupturrate hat. Auch sollten psychologische Faktoren, wie der gesteigerte Wettbewerb der Fußballspieler eines Teams in der Vorbereitungsphase um einen Platz in der Mannschaft und der damit einhergehenden gesteigerten Spiel- und Trainingsintensität weiter beobachtet werden, inwiefern diese einen Einfluss auf ein erhöhtes VKB-Rupturrisiko haben. Ivarsson et al. fanden beispielsweise in ihrer 2013 veröffentlichten prospektiven Studie im schwedischen Profifußball, dass negative psychologische Faktoren wie Stress, Angst und

Selbstzweifel ein erhöhtes Verletzungsrisiko im Profifußball darstellen.⁶⁷ Krutsch et al. konnten in ihrer 2019 veröffentlichten prospektiven Studie bei Amateurfußballern dagegen keinen Zusammenhang zwischen psychologischen Faktoren wie Angst, Depression oder Selbstmitgefühl und erhöhter Verletzungsrate finden.⁹³

Ein weiterer Punkt unserer Studie war herauszufinden, ob sich die Studienteilnehmer öfter im Spiel oder im Training verletzten und zu welchem Zeitpunkt des Spiels respektive des Trainings. So konnten wir erfassen, dass sich in unserer Studie 78,0 Prozent der Verletzungen im Spiel und nur 22,0 Prozent im Training ereigneten. Eine höhere VKB-Rupturrate während des Spiels gegenüber dem Training wird auch in mehreren Arbeiten über vordere Kreuzbandrisse im Fußballsport bestätigt.^{73 8 86 39}. So stellten Södermann et al. in einer Studie mit 398 weiblichen Fußballspielerinnen, deren Alter bis einschließlich 19 Jahre betrug, fest, dass sich in dieser Gruppe 89 Prozent aller VKB-Rupturen während des Spiels ereigneten.⁷³ Arnason et al. kamen in der Analyse der Verletzungen in der 1. und 2. isländischen männlichen Fußballliga zu dem Ergebnis, dass das VKB-Rupturrisiko im Spiel mit 0,5 Rupturen pro 1000 Spielstunden etwa siebenmal größer ist als im Training.⁸ Somit können wir hier anmerken, dass unsere Daten gut mit den bisher bekannten Daten vergleichbar sind und auch denen in etwa entsprechen. Dass die im Spiel erhöhte Intensität der Zweikampfführung aufgrund erhöhter Aggressivität und Motivation hierbei eine Rolle spielt, wäre als Erklärung denkbar, ist jedoch noch weiter abzuklären.

Neben der reinen Unterscheidung, ob die VKB-Ruptur während des Trainings oder des Spiels geschah, führten wir wie bereits im Ergebnisteil ersichtlich eine zeitliche Analyse der Rupturen im Spiel und im Training durch. So konnten wir herausfinden, dass in unserer Studie sich 58,8 Prozent der Studienteilnehmer in der 1. Spielhälfte und 41,2 Prozent der Studienteilnehmer in der 2. Spielhälfte verletzten. Dagegen sahen sowohl Arnason et al. als auch Fauno et al. in ihren jeweiligen Studien keinen Unterschied in der Verteilung der Rupturen auf 1. und 2. Spielhälfte.⁸³⁹ Demgegenüber existieren zwei Studien, die aufgrund muskulärer Ermüdung eine erhöhte Verletzungsinzidenz am Kniegelenk gegen Ende des Spiels vermuteten.^{94 95} Beide Autoren kamen zu diesem Ergebnis, indem sie bei einer videokontrollierten Bewegungsanalyse sowie einer isokinetischen Analyse vermehrte Scherkräfte an der proximalen Tibia, signifikant erhöhte Knievalguswinkel und signifikante erniedrigte Knieflexionswinkel gegen Ende der Übungseinheit dokumentierten. Wir konnten dagegen erkennen, dass sich die meisten Rupturen zu Beginn des Spiels und mit einem zweiten Anstieg zu Beginn der 2. Halbzeit ereigneten. Gegen Spielende konnten wir sogar den geringsten Anteil verzeichnen.

So lässt sich zusammenfassen, dass das VKB-Rupturrisiko während des Spiels gegenüber dem Training signifikant erhöht ist. Eine psychische und physische Ermüdung des Spielers gegen Ende des Fußballspiels scheint dagegen keinen negativen Einfluss auf die VKB-Rupturrate darzustellen. Vielmehr könnte fehlendes oder inadäquates Aufwärmen eine erhöhte VKB-Rupturrate zu Beginn des Spieles nach sich ziehen. Zudem lassen unsere Ergebnisse darauf schließen, dass auch psychologische Faktoren wie eine erhöhte Motivation zu Beginn des Spiels sowie die Pausenmotivation des Trainers Einfluss auf das VKB-Rupturrisiko nehmen.

5.8 Einflussfaktor Gegnerbeteiligung

Beim Blick in die aktuelle Literatur wird der Anteil an non-contact-VKB-Rupturen im Fußball zwischen 41 und 72 Prozent angegeben.^{39 96 7 71 73} So berichten Arendt und Dick in ihrer Studie, bei der sie retrospektiv die Verletzungen der weiblichen und männlichen Fußballer an amerikanischen Colleges untersuchten, über mehr non-contact-Verletzungen als contact-Verletzungen beim weiblichen Geschlecht. Für männliche Spieler galt dies nicht, hier stellten sie ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Verletzungen mit und ohne Gegnerkontakt fest.⁹⁶ Bjordal et al. kamen in ihrer 1997 veröffentlichten Studie zu dem Ergebnis, dass beim Fußballspiel 54 Prozent aller vorderen Kreuzbandrupturen ohne Gegnerkontakt geschehen.⁷ Sie kamen zu diesem Ergebnis, indem sie 176 durch eine Arthroskopie gesicherte VKB-Rupturen norwegischer Profi- und Amateurspieler beider Geschlechter analysierten. In dieser Studie wurden keine geschlechtsspezifischen Daten angegeben. Södermann et al. führten eine prospektive Studie mit 398 weiblichen schwedischen Fußballerinnen, welche bereits im Erwachsenenteam spielten, aber noch 19 Jahre oder jünger waren, durch. Sie konnten dabei feststellen, dass sich 52 Prozent aller VKB-Rupturen ohne Gegnerkontakt ereigneten. Bei den 16-19 Jahre alten Spielerinnen betrug der Anteil der Verletzungen ohne Gegnerbeteiligung 56 Prozent, bei den unter 16-jährigen jedoch lediglich 41 Prozent.⁷³ Auch Brophy et al. beschäftigten sich mit der Ursachenforschung von vorderen Kreuzbandrissen im Fußballspiel. Sie berichteten in einer retrospektiven Studie mit 52 weiblichen und 41 männlichen Studienteilnehmern, die sich beim Fußballspielen das vordere Kreuzband rupturierten, über einen Anteil an non-contact-VKB-Rupturen von 70 Prozent.⁷¹

In unserer Studie betrug der Anteil der Studienteilnehmer, die sich das vordere Kreuzband ohne Gegnerbeteiligung rissen, 65 Prozent, was 382 Studienteilnehmern entspricht. Dagegen verletzten sich 206 Studienteilnehmer mit Gegnerkontakt (entspricht 35 %). Somit können wir die in den oben genannten Studien dargestellten Ergebnisse bestätigen und unsere große

Fallzahl lässt auch eine detaillierte Analyse zu. So konnten wir feststellen, dass während des Spiels der Anteil an VKB-Rupturen ohne Gegnerkontakt geringer ist als im Training. Im Spiel beträgt nach unserer Studie der Anteil der Verletzungen ohne Gegnerkontakt 60,6 Prozent, im Training sogar 74,6 Prozent. Diesen signifikanten Unterschied könnte man mit der intensiveren Zweikampfführung während des Spiels erklären. Vergleichbare Daten existieren in der Literatur bisher nicht. Wie bereits erwähnt, ist in unserer Studie der prozentuale Anteil der VKB-Rupturen ohne Gegnerkontakt im Spiel zu Beginn der beiden Halbzeiten am höchsten und fällt dann kontinuierlich ab. Leider gibt es nach unserem Vernehmen nach auch hierzu keine vergleichenden Daten. Wie im weiteren Verlauf beschrieben erfolgte unsererseits eine spielpositionsabhängige Analyse der VKB-Rupturen. Hierbei konnten wir darlegen, dass sich Torhüter (non-contact-Anteil: 66,7 %) und Abwehrspieler (non-contact-Anteil: 64,4 %) annähernd ebenso häufig ohne Gegnerkontakt das vordere Kreuzband rupturierten als Mittelfeldspieler (non-contact-Anteil: 64,9 %) und Stürmer (non-contact-Anteil: 65,0 %). Es existieren zwar Studien, die das spielpositionsabhängige Verletzungsrisiko im Fußballspiel analysieren, diese werden im weiteren Verlauf auch noch an anderer Stelle angeführt, jedoch gibt es bisher keine Daten über spielpositionsabhängige non-contact-VKB-Verletzungen im Fußballspiel. Daher ist uns ein Vergleich mit anderen Daten leider nicht möglich.

5.9 Einflussfaktor Bodenverhältnisse

Bezüglich dem Spieluntergrund und der Schuh- und Spieloberflächeninteraktion besteht in der Literatur Einigkeit darüber, dass eine erhöhte Traktion und Friktion, d.h. eine erhöhte Interaktion zwischen Fußballschuh und Sohle, eine erhöhte Verletzungsgefahr mit sich bringt.^{42 97 98 99 100 101 8} Dies konnten beispielsweise Heidt et al., Villwock et al. und Drakos et al. in biomechanischen Studien beweisen. Sie zeigten, dass bei erhöhter Traktion und Friktion auch erhöhte Spannkraften auf das Kniegelenk wirken.^{101 97 98} Ebenso besteht in der Literatur Einigkeit darüber, dass bei trockenen Bodenverhältnissen ein erhöhtes Risiko für Kniegelenksverletzungen und insbesondere für VKB-Verletzungen besteht.^{102 103 104 8 105} Um zu diesem Ergebnis zu kommen, analysierten Orchard et al. 2280 Footballspiele in der 1. australischen Footballliga. Es zeigte sich hierbei, dass bei Spielen mit wenig Niederschlag im Vorfeld der Spiele eine erhöhte Rate an non-contact-VKB-Rupturen bestand.¹⁰² Dies bestätigte er mit einer weiteren Studie, in der er 5910 Footballspiele wiederum retrospektiv untersuchte.¹⁰⁵ Hierbei berichtet er über eine erhöhte VKB-Rupturrate, sowohl non-contact- als auch contact-Verletzungen, bei trockenen Bodenverhältnissen. Scranton et al. konnten diese Ergebnisse

zumindest für non-contact-VKB-Rupturen bestätigen, indem sie prospektiv Footballspiele in der amerikanischen Profiliga bzgl. Wetterbedingungen und VKB-Rupturrate untersuchten.¹⁰³ Auch Orchard wollte seine oben dargestellten Ergebnisse durch eine weitere Studie bestätigen. Er führte hierzu in der australischen Footballliga über 4 Jahre am Morgen des Spieltages Messungen mit einem Penetrometer durch, um somit die Eindringtiefe und Boden Härte zu bestimmen. Indem er dies mit der VKB-Rate am Spieltag verglich, kam er zu dem Ergebnis, dass ein trockener Boden und eine geringere Eindringtiefe der Stollen mit einer erhöhten VKB-Inzidenz einhergeht.¹⁰⁴ In unserer Studie verletzten sich 396 (76,0 %) der Studienteilnehmer auf trockenem Untergrund und 125 (24,0 %) Studienteilnehmer auf nassem Untergrund, was jedoch aufgrund der fehlenden meteorologischen Daten keinen Rückschluss auf die „time-to-incidence-Rate“ bzgl. VKB-Rupturen zulässt. Auffällig in unseren Ergebnissen ist jedoch, wenn man die Verletzungen auf natürlichen Rasen in unserer Studie isoliert betrachtet. Auf natürlichem Rasen ereigneten sich in unserer Studie insgesamt 418 VKB-Rupturen, was einen Anteil aller VKB-Rupturen von 86,0 Prozent entspricht. Dabei entfallen 211 (entspricht einem prozentualen Anteil von 74,82 %) VKB-Rupturen auf trockene Bodenverhältnisse und 71 (entspricht einem prozentualen Anteil 25,18 %) auf nasse Bodenverhältnisse. Unterteilt man die Ergebnisse auf trockenem und nassem Rasen wiederum in contact- und non-contact-Verletzungen, zeigt sich ein deutlich höherer Anteil von non-contact-Verletzungen auf trockenem Rasen (68,25 %; n= 144) gegenüber nassem Rasen (53,52 %; n =38). So können wir zwar keine eindeutige Aussage darüber treffen, ob das Risiko einer VKB-Ruptur auf trockenem Rasen gegenüber nassem Rasen erhöht ist, jedoch scheint zumindest das Risiko für non-contact-Verletzungen auf trockenem natürlichem Rasen signifikant ($p < 0,05$) erhöht.

Ein in letzter Zeit im Fußball zunehmend diskutiertes Thema ist die Frage nach einer erhöhten Verletzungsinzidenz auf Kunstrasen im Vergleich zum natürlichen Rasen. Beim Blick in die Literatur lässt sich auch kein einheitliches Ergebnis finden. So gibt es auf der einen Seite Autoren, die dem Fußballspiel auf Kunstrasen ein erhöhtes Verletzungsrisiko zuschreiben.^{97 98}
^{99 105 106} Villwock et al. berichten beispielsweise in einer 2009 veröffentlichten biomechanischen Studie, in der sie mehrere Schuhmodelle und deren Eigenschaften auf natürlichen Rasen und Kunstrasen verglichen, über signifikant erhöht gemessene Spitzendrehmomente und Rotationssteifigkeiten auf dem Kunstrasenplatz und folgerten daraus ein erhöhtes Risiko für Kniegelenkverletzungen auf Kunstrasen.⁹⁷ Drakos et al. bestätigten mit einer ähnlich aufgebauten biomechanischen Studie, dass auf Kunstrasen erhöhte Spannungs Kräfte auf den Kniegelenkbandapparat wirken. Auch sie sahen auf Kunstrasen ein erhöhtes Verletzungsrisiko für den Kniegelenkbandapparat.⁹⁸ Orchard et al. untersuchten in einer bereits oben angeführten

Studie, in der sie prospektiv 5910 Footballspiele der australischen Profilliga analysierten, die Verletzungsinzidenz auf Kunstrasen gegenüber der auf natürlichem Rasen. Auch sie kamen zu dem Resultat, dass auf Kunstrasen ein erhöhtes Risiko für Kniegelenkverletzungen besteht.¹⁰⁵ In einer aktuellen Studie aus dem Jahr 2012 berichten Dragoo et al. über ein 1,39-faches VKB-Rupturrisiko auf Kunstrasen gegenüber natürlichem Rasen. Sie kamen zu diesem Ergebnis, indem sie an beinahe allen amerikanischen Colleges die Verletzungsberichte über 5 Jahre hinweg auswerteten. Einschränkend zu dieser Studie ist anzumerken, dass es sich bei dieser Studie um das in Amerika populärere Footballspiel handelt, welches dem Fußballspiel in den Bewegungsabläufen ähnelt.¹⁰⁶

Auf der anderen Seite findet man jedoch mehrere Studien, welche im Fußballspiel auf Kunstrasen kein oder sogar ein erniedrigtes VKB-Verletzungsrisiko sehen.^{107 108 109}

Hierbei kann zum Beispiel eine von Ekstrand, Timpka und Hägglund im Jahr 2006 vorgestellte Studie angeführt werden. Sie untersuchten in einer prospektiven Studie mit 2 Vergleichsgruppen die Verletzungsinzidenz auf Kunstrasen und natürlichem Rasen und kamen zu dem Resultat, dass kein Unterschied bzgl. des Verletzungsrisikos am Kniegelenk auf Kunstrasen gegenüber natürlichem Rasen besteht.¹⁰⁷ Auch Fuller et al. unterstützen mit ihrer im Jahr 2007 veröffentlichten Studie diese These. Sie verglichen die Verletzungsinzidenz bei sowohl männlichen als auch weiblichen Fußballspielern auf natürlichem Rasen und auf Kunstrasen. Zudem konnten sie sogar beim weiblichen Geschlecht eine niedrigere VKB-Verletzungsinzidenz auf Kunstrasen feststellen.¹⁰⁸ Bei dieser Studie ist ergänzend anzumerken, dass es sich bei den getesteten Kunstrasenplätzen explizit um neu errichtete Kunstrasenplätze handelte. Als weitere Autoren, die keinen Unterschied in der Verletzungsinzidenz auf Kunstrasen gegenüber natürlichem Rasen wahrnahmen, können Steffen, Andersen und Bahr angeführt werden. Sie untersuchten in einer prospektiven Studie die allgemeine Verletzungsinzidenz und die Verletzungsinzidenz für Kniegelenkverletzungen bei weiblichen Fußballspielerinnen auf Kunstrasen und natürlichem Rasen und kamen zu dem Ergebnis, dass bzgl. der Verletzungsinzidenz kein Unterschied auf Kunstrasen gegenüber natürlichem Rasen besteht.¹⁰⁹

In unserer Studie betrug die Anzahl derer, die sich das vordere Kreuzband auf Kunstrasen rupturierten 19 Studienteilnehmer. Dies entspricht einem Anteil aller Studienteilnehmer von 3,9 Prozent. Auffällig in unserer Studie war das auf Kunstrasen im Vergleich zum natürlichen Rasen ausgeglichene Verhältnis von Verletzungen im Training (n=8; entspricht 50 %) und Spiel (n=8; entspricht 50 %). Dahingegen verletzten sich auf natürlichem Rasen deutlich mehr Spieler und Spielerinnen im Spiel (n=339; entspricht 81,5 %) als im Training (n=77; entspricht 18,5

%). Dieser Punkt, auch wenn aufgrund der geringen Fallzahl in unserer Studie nicht als signifikant zu bewerten, sollte weiterverfolgt werden. Der Anteil an non-contact-VKB-Rupturen betrug in unserer Studie auf Kunstrasen 68,4 Prozent (n=13) und ist somit leicht erhöht gegenüber dem auf natürlichem Rasen (65,2 %; n=272), auch wenn hier aufgrund der deutlich geringeren Anzahl keine Signifikanz nachgewiesen werden kann. Vergleichsdaten hierfür wie auch für das oben genannte Verletzungsrisiko im Training gegenüber Spiel sind uns nicht bekannt.

Weitere Studien, insbesondere bzgl. der Möglichkeit der Spielfeldbewässerung zur Verletzungsprophylaxe sollten noch erfolgen. Auch sollte möglichen Verbesserungen der Oberflächen der Kunstrasenflächen ein besonderes Augenmerk geschenkt werden, zum einen da dieser als Spielfelduntergrund in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird und zum anderen hier nach Meinung mehrerer Autoren noch Entwicklungspotential besteht.^{108 107}

5.10 Einflussfaktor Fußballschuh

Wir konnten feststellen, wie bereits oben dargestellt, dass ein überraschend großer Prozentsatz der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt neue Fußballschuhe trug. So gaben 74 Spieler oder entsprechend 13,1 Prozent der Studienteilnehmer diesen Umstand an. Inwiefern beispielsweise eine erhöhte Schuh-Bodenoberflächen-Interaktion mit gesteigerter Traktion und Friktion dafür verantwortlich ist oder ob sich dies durch eine noch fehlende Anpassung der Bewegungsmuster der Spieler an die neue Schuh-Bodeninteraktion erklären lässt, bedarf noch weiteren Untersuchungen. Milburn et al. sahen in beiden Aussagen mögliche Einflussfaktoren für das Erleiden einer VKB-Ruptur im Fußballsport.⁴⁵

Ein Hauptaugenmerk unserer Studie galt der Untersuchung des Einflusses des Sohlendesigns eines Fußballschuhs als möglichen Risikofaktor für das Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur. In unserer Studie war der Nockenschuh mit 67,3 Prozent der von den Spielern zum Verletzungszeitpunkt am häufigsten getragene Fußballschuh, gefolgt vom Stollenschuh (24,1 %), Hallenschuh (7,8 %) und Kunstrasenschuh (0,7 %). Zudem wurde in Schuhe mit Längs- und Querstollen (Anteil 56,0 %) und Schuhe mit runden Stollen (Anteil 43,2 %) unterschieden.

Wie bereits erwähnt, scheint die Interaktion zwischen Sohle des Fußballschuhs und dem Bodenbelag eine herausragende Stellung als Risikofaktor für das Erleiden einer VKB-Ruptur zu spielen.^{110 111 101} Daher ist es naheliegend, dass diese Tatsache zunehmend ins Blickfeld der Wissenschaft rückt. So veröffentlichten Lambson et al. 1996 eine zweigeteilte Studie, in der sie

zum einen prospektiv über 3 Jahre 3119 männliche High School-Footballspieler bzgl. ihres Schuhtrageverhaltens und stattgefundenen vorderen Kreuzbandrupturen analysierten und in der die Autoren zum anderen eine biomechanische Studie mit den in diesem Zeitraum von den Spielern am häufigsten getragenen Sohlendesign durchführten. Sie konnten beweisen, dass ein Sohlendesign mit eckigen, in der Peripherie angeordneten und im Vergleich zu den anderen Sohlendesigns längeren Stollen nicht nur das Kniegelenk mit höheren Torsionskräften belastet, sondern auch mit einer signifikant größeren VKB-Rupturrate verbunden ist.¹¹² Villwock et al. sahen dagegen in ihrer biomechanischen Arbeit keinen signifikanten Unterschied bzgl. des Schuhsohlendesigns und der aufs Kniegelenk wirkenden Rotationskräfte. Sie konnten lediglich höhere auf das Kniegelenk wirkende Spitzendrehmomente auf Kunstrasenplätze feststellen.⁹⁷ Drei weitere Studien beschäftigten sich mit der Hypothese, dass ein Sohlendesign mit Längs- und Querstollen im Vergleich zum Sohlendesign mit runden Stollen zu einer erhöhten Verletzungsgefahr für das Kniegelenk bzw. Sprunggelenk der Sportler führt. Keine dieser drei Studien konnte die Hypothese bestätigen.^{113 114 115}

Somit bleibt zusammenfassend festzustellen, dass in keiner biomechanischen Studie bisher eine erhöhte auf das Kniegelenk wirkende Belastung bei dem Schuhdesign mit Längs- und Querstollen gegenüber dem Schuhdesign mit runden Stollen nachgewiesen werden konnte. Auch unsere Studie vermag aufgrund des Studiendesigns dies nicht zu widerlegen, jedoch wäre eine prospektive, ähnlich wie die von Lambson et al. durchgeführte Studie sinnvoll, damit man sich nicht nur auf biomechanische Studien berufen kann.

Zusammenfassend ist bzgl. dem Einflussfaktor „Fußballschuh“ bzw. „Schuh-Bodeninteraktion“ anzumerken, dass Einigkeit darüber besteht, dass eine erhöhte Schuh-Bodeninteraktion mit erhöhter Traxion und Friktion zwar dem Fußballspieler zu mehr Stabilität und Standvermögen hilft, jedoch dies mit einem erhöhtem VKB-Verletzungsrisiko erkaufte wird.

5.11 Einflussfaktor Verletzung am Schuss- oder Standbein

Bei der Frage danach, ob sich die Studienteilnehmer öfter am Schuss- oder Standbein das vordere Kreuzband rupturierten, kamen wir wie bereits erwähnt zu folgendem signifikanten Ergebnis: 56,3 Prozent der Studienteilnehmer zogen sich die Ruptur am Schussbein zu, wohingegen sich 43,7 Prozent am Standbein verletzten. Hägglund et al. sahen dagegen in ihrer 2006 veröffentlichten Arbeit keinen Unterschied in der Häufigkeit von Kreuzbandrupturen bzgl. Schuss- und Standbein.⁷² Sie analysierten hierfür 28 vordere Kreuzbandrupturen im

schwedischen männlichen Profifußball. Wenn man dagegen die Daten von Brophy et al. in der bereits zitierten Studie mit 93 Studienteilnehmern vergleicht, die zwar ohne Geschlechtsdifferenzierung bei non-contact-VKB-Rupturen auch kaum einen Unterschied zwischen Schussbein (n=30) und Standbein (n=28) fanden, könnte man zumindest geschlechtsspezifische Unterschiede vermuten. Sie fanden nämlich bei non-contact-VKB-Rupturen und deren Verteilung auf Schuss- und Standbein deutliche Unterschiede bei beiden Geschlechtern. Sie zogen sich in ihrer Studie 74,1 Prozent der Männer die Kreuzbandruptur am Schussbein zu, wohingegen bei den Frauen nur zu 32,2 Prozent das Schussbein betroffen war.⁷¹ In unserer Studie, in der sich ohne geschlechtsspezifische Aufteilung bei den non-contact-VKB-Rupturen 54,2 Prozent am Schussbein und 45,8 Prozent am Standbein verletzten ($p < 0,05$), sahen wir auch ähnliche geschlechtsspezifische Unterschiede. So konnten auch wir bei den männlichen Studienteilnehmern mit 54,8 Prozent non-contact-VKB-Rupturen am Schussbein und mit 45,2 Prozent non-contact-VKB-Rupturen am Standbein bei den non-contact-VKB-Rupturen eine Verletzungspräferenz des Schussbeines feststellen. Bei den weiblichen Studienteilnehmern verhielt es sich dagegen gegenläufig. So verletzten sich bei den Rupturen ohne Gegnerkontakt 42,1 Prozent am Schussbein und 57,9 Prozent am Standbein. Aufgrund der geringen Fallzahl der weiblichen Studienteilnehmern war der Unterschied jedoch nicht signifikant. Andererseits findet man in der aktuellen Literatur ebenso Studien, die weder Unterschiede in der Häufigkeit von VKB-Rupturen am Schussbein oder Standbein sehen, noch finden diese Autoren geschlechtsspezifische Unterschiede darin. So geben Matava et al. in ihrer 2002 veröffentlichten retrospektiven Studie an, dass sie bei der retrospektiven Analyse von 80 Kreuzbandrissen ohne Gegnerkontakt bei Fußballspielern keinen signifikanten Unterschied bzgl. der Verletzungshäufigkeit des Schuss- oder Standbeines fanden.¹¹⁶ Auch fanden diese Autoren keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bzgl. der Häufigkeit der Beteiligung von Schuss- und Standbein.

Schlussfolgernd lässt sich anmerken, dass sich für die von uns gefundene Verletzungspräferenz des Schussbeines in der Literatur keine einheitliche Meinung finden lässt, lediglich Brophy et al. sahen wie wir bei VKB-Rupturen ohne Gegnerbeteiligung geschlechtsspezifische Unterschiede in der Verteilung der Rupturinzidenz auf Schuss- und Standbein. Aber auch sie konnten keine Erklärung dafür finden, warum sich Frauen bei non-contact-VKB-Rupturen häufiger am Standbein verletzten, wohingegen bei gleichem Verletzungstypus bei den Männern häufiger das Schussbein betroffen war. Diesen interessanten Aspekt gilt es sicherlich noch weiter zu erforschen.

5.12 Einflussfaktor Geschlecht

Wie oben bereits erwähnt ist man sich in der aktuellen Literatur weitestgehend einig, dass Frauen ein höheres Risiko als Männer haben sich am vorderen Kreuzband zu verletzen. Über etwaige Einflussfaktoren wurde auch bereits bei den theoretischen Grundlagen berichtet. Daher scheint es nicht verwunderlich, dass mehrere Autoren auch im Fußballsport ein höheres VKB-Verletzungsrisiko für das weibliche Geschlecht sehen. So zeigen beispielsweise Arendt und Dick bei den weiblichen Fußballspielerinnen ein 6-fach höheres Risiko, sich das vordere Kreuzband zu rupturieren als ihren männlichen Kollegen.⁹ Renström et al. wiesen in ihrer 2008 publizierten Studie daraufhin, dass der Anteil an VKB-Verletzungen an allen Verletzungen mit 3,7 Prozent bei Frauen dreifach höher ist als bei den Männern und schließen daraus ein erhöhtes Risiko für Frauen eine VKB-Ruptur während des Fußballspielens zu erleiden.¹¹⁷ Bjordal et al. pflichten dieser Aussage bei. Sie fanden in einer bereits erwähnten Studie mit 179 mittels Arthroskopie gesicherten VKB-Rupturen bei weiblichen und männlichen Fußballspielern, dass die Inzidenz eines VKB-Risses bei weiblichen Spielerinnen signifikant höher ist als bei männlichen Spielern. Die Inzidenzrate einer VKB-Läsion lag beim weiblichen Geschlecht bei 0,10 je 1000 Stunden und beim männlichen Geschlecht lediglich bei 0,057 je 1000 Stunden. Sie folgerten daraus ein beinahe doppelt so hohes Risiko einer VKB-Ruptur bei weiblichen Fußballspielerinnen gegenüber Männern.⁷ Fuller et al. verglichen in ihrer Studie aus dem Jahr 2007 die VKB-Rupturrate auf natürlichem Gras und Kunstrasen. Hierbei stellten sie auch geschlechtsspezifische Untersuchungen an. Sie kamen dabei zu dem Resultat, dass sowohl auf natürlichem Rasen als auch auf Kunstrasen ein zwei- bis dreifach erhöhtes VKB-Rupturrisiko für das weibliche Geschlecht besteht.¹⁰⁸

Aus unseren Daten lässt sich keine Inzidenzrate ableiten und somit sind unsere Daten nur schwer mit den oben genannten zu vergleichen. Ebenso war der Anteil an weiblichen Spielern in unserer Studie mit 4,7 Prozent (n=28) sehr gering. Trotzdem konnten wir mehrere geschlechtsspezifische Unterschiede bestimmen. Diese waren jedoch nicht signifikant. Wie bereits oben erwähnt waren die weiblichen Studienteilnehmerinnen (Durchschnittsalter: 22,04 Jahre) zum Verletzungszeitpunkt jünger als ihre männlichen Kollegen (Durchschnittsalter: 24,01 Jahre). Ob dies daran liegt, dass der Frauenfußball eine kürzere geschichtliche Entwicklung hinter sich hat und gerade in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnt, wie man an den Mitgliedszahlen des deutschen Fußballbundes erkennen kann oder ob gerade jüngere weibliche Spielerinnen gegenüber ihren männlichen Kollegen ein erhöhtes Verletzungsrisiko haben, ist durch weitere Studien noch zu klären.¹¹⁸ Wir konnten jedoch auch feststellen, dass die Spielerfahrung mit durchschnittlich 9,96 Jahren bei den weiblichen

Studienteilnehmerinnen zum Verletzungszeitpunkt deutlich geringer war als bei den männlichen Studienteilnehmern. Hier betrug die Spielerfahrung durchschnittlich 16,25 Jahre. Fehlende Spielerfahrung als die Ursache für eine wohl erhöhte VKB-Rupturrate bei weiblichen Fußballspielerinnen zu definieren ist jedoch aus unseren Daten nicht möglich und sollte ebenso noch weiter untersucht werden.

So lässt sich zusammenfassen, dass das von mehreren Autoren postulierte erhöhte VKB-Rupturrisiko für das weibliche Geschlecht aufgrund unseres Studiendesign nicht zu beurteilen ist, dass jedoch in unserer Studie mehrere neue Aspekte wie z.B. das niedrigere Durchschnittsalter beim weiblichen Geschlecht neu beschrieben werden und durch weitere Studien zu belegen sind.

6 Limitationen der Arbeit

Diesbezüglich lässt sich anführen, dass es sich lediglich um eine retrospektive Studie anhand eines Fragebogens handelt, welcher von den Studienteilnehmern eigenständig ausgefüllt wurde. Daher waren Fehler beim eigenständigen Ausfüllen der Fragebögen durch die Studienteilnehmer denkbar möglich. Auch die Tatsache, dass ausschließlich Patienten des sporthopaedicum Straubing und Regensburg eingeschlossen werden, wobei es sich hierbei um hochspezialisierte Zentren mit internationalem Ruf und hoher Anzahl an Versorgungen von verletzten Sportlern handelt, führt möglicherweise zu einer Selektionierung. Auch lässt der geringe Anteil der weiblichen Studienteilnehmer keine signifikanten geschlechtsspezifischen Aussagen zu. Aufgrund der Konzeption der Studie ist es uns zudem nicht möglich, Aussagen über die „time-to-injury-Rate“ zu treffen.

7 Zusammenfassung

Auch wenn gewiss meist nicht ein einzelner Einflussfaktor zu einem vorderem Kreuzbandriss führt, sondern es vielmehr ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren ist, die die Verletzung bedingen, zeigten sich in unserer Untersuchung erwähnenswerte Auffälligkeiten. So verletzten sich ca. zwei Drittel der Spieler ohne jegliche Einwirkung eines Gegenspielers, das Schussbein war öfter als das Standbein betroffen und junge Spieler unter 20 Jahren waren besonders häufig betroffen. Entgegen unserer Hypothese, dass die Ermüdung während des Fußballspiels zu einer erhöhten VKB-Rupturrate gegen Ende der Begegnung führe, ereigneten sich signifikant häufiger VKB-Rupturen zu Beginn des Spiels und zu Beginn der zweiten Halbzeit. Erstaunlich war die Erkenntnis, dass ein Großteil der VKB-Rupturen während der Vorbereitungsphase und zu Beginn der Saison geschah. Zusammenfassend konnten wir feststellen, dass insbesondere jegliche Belastungs- und Intensitätssteigerung, wie beispielsweise eine erhöhte Spiel- und Trainingsfrequenz in der Vorbereitungsphase oder der Übergang vom Jugend- zum Erwachsenenfußball, zu einer erhöhten VKB-Rupturrate führt.

In Zusammenschau dieser Erkenntnisse scheint es sicherlich notwendig, dass im Einklang von Spieler, Trainer und betreuendem Arzt protektive Maßnahmen zur Verletzungsprophylaxe durchgeführt werden. Als Ansatzpunkt wäre hier beispielsweise der vermehrte Einsatz regenerativer Trainingseinheiten während der Vorbereitungsphase zu nennen. Auch wäre es überlegenswert, ob in Zukunft ein gezielt gesteuerter und engmaschig betreuter Übergang vom Jugendfußball zum Seniorenfußball erfolgen sollte, um den jungen Fußballspielern ein an das oft schnellere und körperbetontere Spiel im Erwachsenenalter „Hineinwachsen“ ohne erhöhtes VKB-Rupturrisiko zu ermöglichen. Ein weiterer Ansatz zur Verletzungsprophylaxe, insbesondere zur Verringerung der Verletzungen ohne Gegnerbeteiligung, stellt der vermehrte Einsatz der Schulung der koordinativen Fähigkeiten dar. So konnte bereits gezeigt werden, dass propriozeptives Training das Verletzungsrisiko der einzelnen Spieler senken kann.

Mit ein entscheidender Faktor beim Fußballspiel einen vorderen Kreuzbandriss zu erleiden scheint die Interaktion zwischen Fußballschuh und Spielfläche darzustellen. So führt eine erhöhte Traktion und Friktion zwischen Fußballschuh und Spielfläche zwar nachgewiesener Weise zu einem erhöhten Verletzungsrisiko für das Kniegelenk des Fußballspielers, jedoch existiert bei den Fußballspielern eben gerade der Wunsch nach Traktion und Stabilität. Dieser Wunsch wird wohl auch in Zukunft bestehen bleiben, jedoch sollten die Spieler auf das damit erhöhte Verletzungsrisiko dringend hingewiesen werden. Ein

Lösungsansatz könnte hierbei die ausgiebige Bewässerung der Spielfläche vor dem Training und Spiel sein.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es durch unsere Arbeit gelungen ist, einige zur vorderen Kreuzbandruptur führende Einflussfaktoren genauer darzulegen. Nun wäre der Versuch angezeigt, deren Einfluss in der Praxis gezielt zu verringern, um das Risiko einer vorderen Kreuzbandruptur beim Fußballspiel gezielt minimieren zu können. Zudem muss jedem Fußballspieler, Trainer und betreuendem Arzt bewusst sein, dass jegliche Intensitätssteigerung im Fußball zu einem erhöhten Risiko führt, eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes zu erleiden.

8 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Zeichnung Kniegelenk mit farblich markiertem vorderem Kreuzband aus Kenhub; anatomische online-Bibliothek Berlin
- Abbildung 2:** Tabelle: Einflussfaktoren der vorderen Kreuzbandruptur nach Murphy et al.
- Abbildung 3:** Aufbau und Fragestellungen des Fragebogens
- Abbildung 4:** Tabelle: Prozentuale Beantwortung der Fragen des Fragebogens
- Abbildung 5:** Alter der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt
- Abbildung 6:** Wöchentliche Trainingszeit der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt
- Abbildung 7:** Spielerfahrung der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt
- Abbildung 8:** Tabelle: Spielposition der Studienteilnehmer zum Verletzungszeitpunkt
- Abbildung 9:** Spielklassenzugehörigkeit zum Verletzungszeitpunkt
- Abbildung 10:** Vorverletzungen als Einflussfaktor für non-contact-VKB-Rupturen
- Abbildung 11:** Saisonzeitpunkt zum Zeitpunkt der VKB-Ruptur
- Abbildung 12:** Kalendarische Verteilung der VKB-Rupturen
- Abbildung 13:** Zeitliche Verteilung der VKB-Rupturen im Training nach Minuten
- Abbildung 14:** Verteilung der VKB-Rupturen im Spielverlauf nach Minuten
- Abbildung 15:** VKB-Rupturen mit und ohne Gegnerkontakt während des Spiels bzw. des Trainings
- Abbildung 16:** Verteilung der VKB-Rupturen mit und ohne Gegnerkontakt während des Spielverlaufs
- Abbildung 17:** Abhängigkeit der VKB-Rupturen mit und ohne Gegnerkontakt von der Spielposition
- Abbildung 18:** Anteil an non-contact-Verletzungen bei nassem bzw. trockenem Bodenverhältnissen
- Abbildung 19:** Sohlendesign der Fußballschuhe zum Verletzungszeitpunkt
- Abbildung 20:** VKB-Ruptur am Schuss- oder Standbein

9 Literaturverzeichnis

- ¹Griffin et al.. Understanding und preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries, a review of the Hunt Valley Meeting 2005. *Am J of Sports Med.*;34:1512-1532 (2006)
- ² Südkamp NP, Köstler W. Minimally invasive trauma surgery. *Trauma Berufskr.*;6:5455 (2004)
- ³ Frank CB, Jackson DW. The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J. Bone joint Surg.*;79:1556- 1576 (1997)
- ⁴ Brophy RH, Wright RW, Matava MJ. Cost analysis of converting from single-bundle to double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports*; 37(4):683-687 (2009)
- ⁵ Hochstein P, Schmickal T, Grutzner PA, Wentzensen A. Diagnostic and incidence of the rupture of the posterior cruciate ligament. *Unfallchirurg*; 102:753 (1999)
- ⁶ Majewski M, Susanne H, Klaus S. Epidemiologie of athletic knee injuries: A 10-year study. *Knee*; 13:184-188 (2006)
- ⁷ Bjordal JM, Arnly F, Hannestad B, Strand T. Epidemiologie of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Am J Sports Med*; 25:341-345 (1997)
- ⁸ Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk faktors for Injuries in Football. *Am J Sports Med*; 32:5-16 (2004)
- ⁹Arendt E, Agel J, Dick R. Anterior Ligament Injury Patterns Among Collegiate Men and Women. *Journal of Athletic Training*; 34(2):86-92 (1999)
- ¹⁰ Waldén M, Häggund M, Ekstrand J. High risk of new knee injury in elite footballers with previous anterior cruciate ligament injury. *Br J Sports Med*; 40:158-162 (2006)
- ¹¹ Krutsch W, Memmel C, Krutsch V, Angele P, Tröb T, aus der Fünften K, Meyer T. High return to competition rate following ACL injury – A 10-year media-based epidemiological injury study in men`s professional football. *European Journal of Sport Science*; 1-15 (2019)
- ¹² Cumps E, Verhagen E, Annemans L, Meeusen R. Injury Rate and socioeconomic costs resulting from sports injuries in Flanders: data derived from sports insurance statistics 2003. *Br. J. Sports Med.*; 42:767-772 (2008)
- ¹³ De Loës M, Dahlstedt LJ, Thomée R. A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scand J Med Sci Sports*; 10:90-97 (2000)
- ¹⁴ Griffin LY, Agel J, Albohm MJ. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: Risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.*; 8:141-150 (2000)

-
- ¹⁵ Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR Jr, Paletta GA Jr. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.*; 42(10):2363-70. (2014)
- ¹⁶ Hutchinson MR, Ireland ML. Knee Injuries in female athletes. *Sports Med*; 19:288-302 (1995)
- ¹⁷ Orchard J, Seward H, McGivern J, Hood S. Intrinsic and Extrinsic Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Australian Footballers. *Am J Sports Med*; 29:196-200 (2001)
- ¹⁸ Rauber/Kopsch. Hrsg. Leonhardt H., Tillmann B., Töndury G., Zilles K.. Band 1, Bewegungsapparat. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. S.546-571
- ¹⁹ Grood ES, Noyes FR. Diagnosis of Knee ligament Injuries: Biomechanical Precepts. *Am J Sports Med*; 3:246-253 (1998)
- ²⁰ Barrack RL, Skinner HB. Hrsg.: Daniel D, Akeson W, O'Connor J. Knee ligaments: Structure, Function, Injury and Repair. Raven Press New York (1990)
- ²¹ Lobenhoffer P, Tscherne H. Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes: Heutiger Behandlungsstand. *Unfallchirurg*; 11:150-168 (1996)
- ²² Siebold R, Schuhmacher P, Fernandez F, Smigielski R, Fink C, Brehmer A, Kirsch J. Flat midsubstance of the anterior cruciate ligament with tibial "C"-shaped insertion site. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*; 23:3136–3142 (2015)
- ²³ Kenhub; Anatomische Online-Bibliothek Berlin
- ²⁴ Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical functional and experimental analysis. *Clin Orthop*; 106:216-231 (1975)
- ²⁵ Amis AA, Dawkins JP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg*; 73:260-267 (1990)
- ²⁶ Engebretsen L, Lewis JL. Graft selection and biomechanical considerations in ACL reconstruction (isometry, stress, preload). *Sports Med Arthroscopy*; 4:336-341 (1996)
- ²⁷ More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D et al. Hamstring- an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *Am J Sports Med*; 21:231 (1993)
- ²⁸ Hagood S, Solomonow M, Barrata R, Zhou BH, D'Ambrosia R. The effect of joint velocity on the contribution of the antagonist musculature to knee stiffness and laxity. *Am J Sports Med.*; 18:182-187 (1990)
- ²⁹ Petersen W, Tillmann B. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint. *Anat Embryol*; 200:325- 334 (1999)
- ³⁰ Petersen W, Hansen U. Blood and lymph supply of the anterior cruciate ligament: cadaver studie by immunohistochemical and histochemical methods. *J Ortop Sci*; 2:313-318 (2003)

-
- ³¹ Grüber J, Wolter D, Lierse W. Der vordere Kreuzbandreflex (LCA- Reflex). Unfallchirurg; 89:551-554 (1996)
- ³² Haus J, Halata Z, Refior HJ. Proprioception in the anterior cruciate ligament of the human knee joint- morphological bases. A light, scanning and transmission electron microscopy study. Z Orthop Ihre Grenzgeb.; 130(6):484-494 (1992)
- ³³ Dyhre-Poulsen P, Krosgaard MR. Muscular reflexes elicited by electrical stimulation of the anterior cruciate ligament in humans. J Appl Physiol; 89:2191 (2000)
- ³⁴ Beard DJ, Kyberd PJ, O'Connor JJ. Reflex hamstring contraction latency in anterior cruciate deficiency. J Orthop Res; 12:219-228 (1994)
- ³⁵ Arnotzky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. Clin Orthop.; 172:19-25 (1983)
- ³⁶ McLean SG, Lipfert SW, van den Bogert A. Effect of Gender and Defensive Opponent on the Biomechanics of Sidestep Cutting. Official Journal of the American Journal of Sports Medicine; 36:1008-1016 (2004)
- ³⁷ Petersen W, Rosenbaum D, Raschke M. Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin; 6:150-156 (2005)
- ³⁸ Agel, J, Arendt, EA, Bershadsky, B. Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic basketball and soccer. Am. J. Sports Med.; 33:524-530 (2005)
- ³⁹ Fauno/o P, Wulff Jakobsen B. Mechanism of Anterior Cruciate Ligament in Soccer. Int J Sports Med; 27:75-79 (2006)
- ⁴⁰ Teitz C. Video analysis of ACL injuries. In: Griffin LY, Prevention of noncontact ACL injuries. American Academy of Orthopaedic Surgeons.; 89-100 (2000)
- ⁴¹ Murphy DF, Connolly DA, Beynon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. Br J Sports Med.; 37:13-29 (2003)
- ⁴² Orchard J, Seward H, McGivern J, Hood S. Rainfall, evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in the Australian Football League. Med J Aust.; 170:304-306 (1999)
- ⁴³ Orchard JW, Chivers I, Aldous D, Bennel K, Seward H. Rye grass is associated with fewer non-contact ligament injuries than bermuda grass. Br. J. Sports Med.; 39:704-709 (2005)
- ⁴⁴ Lambson RB, Barnhill BS, Higgins RW. Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries. A three-year prospective study. Am J Sports Med.; 24:705-706 (1996)
- ⁴⁵ Milburn PD, Barry EB. Shoe-surface interaction and the reduction of injury in rugby union. Sports Med.; 25: 319327 (1998)

-
- ⁴⁶ Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *Br J Sports Med*; 39:542-546 (2005)
- ⁴⁷ Kohn D. *Das Knie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. S.2-22
- ⁴⁸ Buchanan PA, Vardaxis VG. Sex-Related and Age-Related Differences in Knee Strength of Basketball Players Ages 11-17 Years. *Journal of Athletic Training*; 38:231-237 (2003)
- ⁴⁹ McLean SG, Huang X, van den Bogert A. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: Implications for ACL injury. *Clinical Biomechanics*; 20:863-870 (2005)
- ⁵⁰ Chappell J, Herman D, Knight B, Kirkendall D, Garret W, Yu B. Effect of Fatigue on Knee Kinetics and Kinematics in Stop-Jump Tasks. *Am J Sports Med.*; 33:1022 (2005)
- ⁵¹ Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den BogertAJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.*; 33:492-501 (2005)
- ⁵² Llyod DG, Buchanan TS. Strategies of musculature support of varus and valgus isometric loads at the human knee. *J Biomech*; 34:1257-1267 (2001)
- ⁵³ Aune AK, Cawley PW, Ekeland A. Quadriceps muscle contraction protects the anterior cruciate ligament during anterior tibial translation. *Am J Sports Med.*; 25:187-189 (1997)
- ⁵⁴ De Morat G, Weinhold P, Blackburn T, Chudik S, Garret W. Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.*; 32:477-483 (2004)
- ⁵⁵ Ahmad CS, Clark AM, Heilmann N, Schoeb CS, Gardner TR, Levine TN. Effect of Gender and Maturity on Quadriceps-to-Hamstring Strength Ratio and Anterior Cruciate Ligament Laxity. *Am J Sports Med.*; 34:370 (2006)
- ⁵⁶ Yu B, McClure SB, Onate JA, Guskiewicz KM, Kirkendall DT, Garret WE. Age and Gender Effects on lower Extremity Kinematics of Youth Soccer Players in Stop-Jump task. *Am J Sports Med.*; 33:156-164 (2005)
- ⁵⁷ Wojtys EM, Huston LJ, Schock HJ, Boylan JP, Ashton-Miller JA. Gender Differences in Muscular Protection of the Knee in Torsion in Size-Matched Athletes. *J Bone Joint Surg Am.*; 85:782-789 (2003)
- ⁵⁸ Park SK, Stefanyshyn DJ, Ramage B, Hart DA, Ronsky JL. The Relationship between Knee Joint Laxity and Knee Joint Mechanics during the Menstrual Cycle. *Br. J. Sports Med.* 43:174-179 (2009)

-
- ⁵⁹ Brown CN, Yu B, Kirkendall DT, et al. Effects of increased body mass index on lower extremity motion patterns in a Stopp- jump task; National Athletic Trainers Association annual meeting. *J Athl Train.*; 404:5 (2005)
- ⁶⁰ Östenberg A, Roos H. Injury Risk in female European Football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports*; 10:279-285 (2000)
- ⁶¹ Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, Pierre PS, Taylor DC. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament. A prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am J Sports Med.*; 31:831-842 (2003)
- ⁶² Souryal TO, Freeman TR. Intercondylar notch size and anterior ligament injuries in athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*; 21:535-539 (1993)
- ⁶³ LaPrade RF, Burnett QM. Femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries: a prospective study. *Am J Sports Med.*; 22:198-203 (1994)
- ⁶⁴ Arendt EA. Relationship between notch width index and risk of non-contact acl injury. In: Griffin LY, ed. *prevention of non-contact acl injuries*. 33-44 (2001)
- ⁶⁵ Schickedantz MS, Weiker GG. The predictive value of radiographs in the evaluation of unilateral and bilateral anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.*; 21:110-113 (1993)
- ⁶⁶ Chandrashekar N, Mansouri H, Slauterbeck J, Hashemi J. Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament. *J Biomech.*; 39:2943-2950 (2006)
- ⁶⁷ Ivarsson A, Johnson U, Podlog L. Psychological factors as predictors of injuries among senior soccer players. A prospective study. *J Sports Sci Med.*; 9(2):347-352 (2013)
- ⁶⁸ Flynn RK, Pedersen CL, Birmingham TB, Kirkley A, Jackowski D, Fowler PJ. The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament: a case control study. *Am J Sports Med.*; 33:23-28 (2005)
- ⁶⁹ Deutscher-Fußball- Bund e.V. Mitglieder-Statistik. www.dfb.de/index.php?id=11015
- ⁷⁰ Faude O, Meyer T, Federspiel B, Kindermann W. Verletzungen im deutschen Profifußball- eine Analyse auf Basis von Medieninformationen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.*; 6:139-144 (2009)
- ⁷¹ Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influence: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med.*; 44:694-697 (2010)
- ⁷² Häggglund M., Walden M und Ekstrand J. Previous injury as a risk factor in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*; 40:767-772 (2006)

-
- ⁷³ Södermann K, Pietilä T, Alfredson H, Werner S. Anterior cruciate ligament injuries in young females playing soccer at senior levels. *Scand J Med Sci Sports*; 12:65-68 (2002)
- ⁷⁴ Orchard J. et al. Intrinsic and Extrinsic Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Australian Footballers. *The American Journal of Sports Medicine*; 29:196-200 (2001)
- ⁷⁵ Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk Factors for Injuries in Football. *The American Journal of Sports Medicine*; 32:5-16 (2004)
- ⁷⁶ Dvorak J, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Petreson L, Rösch D, Hodgson R. Risk factor analysis for injuries in football players: Possibilities for a prevention program. *Am J Sports Med*; 28:69-74 (2000)
- ⁷⁷ Ekstrand J, Gillquist J, Möller M, Oberg B, Liljedahl SO. Incidence of soccer injuries and their relation to training and team success. *Am J Sports Med*; 11:63-67 (1983)
- ⁷⁸ Ostenberg A, Roos H. Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports*; 10:279-285 (2000)
- ⁷⁹ Hawkins RD, Fuller CW. Risk assessment in professional football: an examination of accidents and incidents in the 1994 World Cup finals. *Br J Sports Med*; 30:165-170 (1996)
- ⁸⁰ Ekstrand J. Soccer injuries and their preventions. Linköping Medical Dissertions, No 130 (1982)
- ⁸¹ Engstrom B, Johansson C, Tornkvist H. Soccer injuries among elite female players. *Am J Sports Med*; 19:372-375 (1992)
- ⁸² Hoff GL, Martin TA. Outdoor and indoor soccer: injuries among youth players. *Am J Sports Med*; 14:231-233 (1986)
- ⁸³ Nielsen AB, Yde J. Epidemiology and traumatology of injuries in soccer. *Am J Sports Med*; 17:803-807 (1989)
- ⁸⁴ Lindenfeld TN, Schmitt DJ, Hendy MP. Incidence of injury in indoor soccer. *Am J Sports Med*; 22:364-371 (1994)
- ⁸⁵ Myklebust G, Maehlum S, Engebretsen L, Strand T, Solheim E. Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball: A prospective study covering two seasons. *Scand J Med Sci Sports*; 7:289-292 (1997)
- ⁸⁶ Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Exposure and injury risk in Swedish elite football: a comparison between seasons 1982 and 2001. *Scand J Med Sci Sports*; 13:364-370 (2003)
- ⁸⁷ Orchard J, Seward H, McGivern J, Hood S. Rainfall, evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in the Australian Football League. *MJA*; 170:304-306 (1999)

-
- ⁸⁸ Peterson L, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Dvorak J. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med*; 28:51-57 (2000)
- ⁸⁹ Krutsch W, Zeman F, Zellner J, Pfeifer C, Nerlich M, Angele P. Increase in ACL and PCL injuries after implementation of a new professional football league. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*; 24(7):2271-2279 (2016)
- ⁹⁰ Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. Injuries in Swedish elite football- a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scand J Med Sci Sports*; 15:118-125 (2005)
- ⁹¹ Orchard J, Seward H, McGivern J, Hood S. Intrinsic and Extrinsic Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Australian Footballers. *The American Journal of Sports Medicine*; 29:196-200 (2001)
- ⁹² Krutsch W, Lahmann J, Jansen P, Angele P, Fellner B, Achenbach L, Krutsch V, Nerlich M, Alt V, Loose O. Prevention of severe knee injuries in men's elite football by implementing specific training modules. *KSSTA*; 28(2):519-527 (2020)
- ⁹³ Jansen P, Lehmann J, Fellner B, Huppertz G, Loose O, Achenbach L, Krutsch W. Relation of injuries and psychological symptoms in amateur soccer players. *BMJ Open Sport Exerc Med.*; 5(1):e000522 (2019)
- ⁹⁴ Chappell JD, Herman DC, Knight BS, Kirkendall DT, Garrett WE, You B. Effect of Fatigue on Knee Kinetics and Kinematics in Stop-Jump Tasks. *Am J Sports Med*; 33:1022-1029 (2005)
- ⁹⁵ Greig M, Phil M. The Influence of Soccer-Specific Fatigue on Peak Isokinetic Torque Production of the Knee Flexors and Extensors. *Am J Sports Med*; 36:1403-1409 (2008)
- ⁹⁶ Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCCA data and review of literature. *Am J Sports Med*; 23:694-701 (1995)
- ⁹⁷ Villwock MR, Meyer EG, Powell JW, Fouty AJ, Haut RC. Football playing surface and shoe design affect rotational traction. *Am J Sports Med*; 37:518-525 (2009)
- ⁹⁸ Drakos MC, Hillstrom H. The effect of the shoe-surface interface in the development of anterior cruciate ligament strain. *J Biomech Eng*; 132:011003 (2010)
- ⁹⁹ Bowers KD, Martin RB. Cleat-surface friction on new and old AstroTurf. *Med Science Sport.*; 7:123-135 (1975)
- ¹⁰⁰ Orchard et al. Is there a relationship between ground and climatic conditions and injuries in football? *Sports Med*; 32: 419-432 (2002)

-
- ¹⁰¹ Heidt Rs Jr, Dormer SG, Cawley PW, Scranton PE Jr, Losse G, Howard M. Differences in friction and torsional existence in athletic shoe-turf surface interfaces. *Am J Sports Med*; 24:834-842 (1996)
- ¹⁰² Orchard J, Seward H, McGivern J, Hood S. Rainfall, evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in the Australian Football League. *MJA*; 170:304-306 (1999)
- ¹⁰³ Scranton PE, Whitesel JP, Powell JW, Dormer SG, Heidt Rs Jr, Losse G, Cawley PW. A review of selected noncontacted anterior cruciate ligament injuries in the National Football League. *Foot Ankle Int*; 18:772-776 (1997)
- ¹⁰⁴ Orchard J. The AFL penetrometer study: work in progress. *J Sci Med Sport*; 4:220-232 (2001)
- ¹⁰⁵ Orchard JW, Powell JW. Risk of knee and ankle sprains under various weather conditions in American football. *Med Sci Sports Exerc*; 35:1118-1123 (2003)
- ¹⁰⁶ Drago JL, Braun HJ, Durham JL, Chen MR, Harris AH. Incidence and risk factors for injuries to the anterior cruciate ligament innational collegiate athletic association football: data from the 2004-2005 through 2008-2009 national collegiate athletic association injury surveillancesystem. *Am J Sports Med*; 40(5):990-5 (2012)
- ¹⁰⁷ Ekstrand J, Timpka T, Hägglund M. The Risk for injury when playing elite football on artificial turf versus natural grass- a prospective two-cohort study. *Br Journal of Sports Med*; 40:975-980 (2006)
- ¹⁰⁸ Fuller CW, Dick RW, Corlette J, Schmalz R. Comparison of the incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. *Br J Sports Med*; 41:27-32 (2007)
- ¹⁰⁹ Steffen K, Andersen TE, Bahr R. Risk of injury on artificial turf and natural grass in young female football players. *Br J Sports Med*; 41:33-37 (2007)
- ¹¹⁰ Torg JS, Quedenfeld TC, Landau S. The shoe-surface interface and its relationship to football knee injuries. *J Sports Med*; 2(5):261-269 (1974)
- ¹¹¹ Orchard JW, Chivers I, Aldous D, Bennell K, Seward H. Rye grass is associated with fewer non-contact anterior cruciate ligament injuries than Bermuda grass. *Br J Sports Med*; 39:704-709 (2005)
- ¹¹² Lambson RB, Barnhill BS, Higgins RW. Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries. A three-year prospective study. *Am J Sports Med*; 24(2):155-159 (1996)

-
- ¹¹³ Queen RM, Abbey AN, Chuckpaiwong B, Nunley JA. Plantar loading comparisons between women with a history of second metatarsal stress fractures and normal controls. *Am J Sports Med*; 37(2):390-395 (2009)
- ¹¹⁴ Gehring D, Rott F, Stapelfeldt B, Gollhofer A. Effect of soccer shoe cleats on knee joint loads. *Int J Sports Med*; 28(12):1030-1034 (2007)
- ¹¹⁵ Kaila R. Influence of modern studded and bladed soccer boots and sidestep cutting on knee loading during match play conditions. *Am J Sports Med*; 35(9):1528-1536 (2007)
- ¹¹⁶ Matava MJ, Freehill AK, Grutzner S, Shannon W. Limb dominance as a potential etiologic factor in non-contact anterior cruciate ligament tears. *J Knee Surg*; 15:11-16 (2002)
- ¹¹⁷ Renstrom P et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*; 42:394-412 (2008)
- ¹¹⁸ DFB-Mitgliederstatistik 2017; Homepage DFB; abgerufen am 17.07.2018

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt dem Betreuer meiner Doktorarbeit, Herrn Prof. Dr. med. Johannes Zellner für die umfassende Unterstützung und Betreuung während der erfolgreichen Umsetzung der Arbeit in den letzten Jahren. Ebenso möchte ich Herrn Prof. Peter Angele für die Überlassung des Themas ganz besonders danken.

Ganz besonders möchte ich mich auch beim Sporthopaedicum Straubing und Regensburg bedanken. So waren nicht nur die medizinischen Fachangestellten bei der Akquise der Fragebögen behilflich, auch stand Herr Dr. Eichhorn bei der Gestaltung der Studie zur Seite. Von ganzem Herzen bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mich das ganze Studium lang unterstützen, mir immer zur Seite standen und somit diese Arbeit erst ermöglichten.

Besonders möchte ich mich bei meiner geliebten Ehefrau für die moralische Unterstützung und die Korrekturarbeit bedanken.