

Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und
Wiederherstellungschirurgie
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Rainer H. Meffert

Modifizierter NBA Combine Test als Präventionsmaßnahme und als Prädiktor für das
Verletzungsrisiko im Profibasketball

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Andreas Bischoff

aus

Landshut

Würzburg, Februar 2021

Referent: Prof. Dr. Rainer Meffert

Korreferent: Prof. Dr. Peter Raab

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 31.05.2021

Der Promovend ist Arzt

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1 Sportverletzungen im Basketball.....	1
1.2 Vorstellung der bisherigen Screeningmaßnahmen.....	2
1.2.1 Functional Movement Screen	2
1.2.2 Standing Long Jump	3
1.2.3 Single-Leg Hop.....	3
1.2.4 Star Excursion Balance Test	3
1.2.5 Y Balance Test	3
1.2.6 Lower Extremity Functional Test.....	4
1.2.7 Landing Error Scoring System.....	4
1.2.8 Modifizierter Romberg-Test	4
1.2.9 Basketball-Specific Set of Functional Mobility Tests.....	4
1.3 Literaturbasierte Aussagekraft der bisherigen Screeningmaßnahmen.....	5
1.3.1 Functional Movement Screen	5
1.3.2 Landing Error Scoring System.....	6
1.3.3 Y Balance Test	7
1.3.4 Star Excursion Balance Test	8
1.3.5 Standing Long Jump, Single-Leg Hop & Lower Extremity Functional Test	8
1.3.6 Modifizierter Romberg-Test	9
1.3.7 Basketball-Specific Set of Functional Mobility Tests.....	10
1.3.8 Review diverser Leistungsdiagnostik-Tests der unteren Extremitäten.....	10
1.4 Bisherige Studien mit dem NBA Combine Test.....	10
1.5 Fragestellung	11
2. Material und Methoden	13
2.1 Studiendesign	13
2.2 Datenerhebung.....	13
2.2.1 Beobachtungszeitraum	13
2.2.2 Studienteilnehmer	14
2.2.3 Definition der relevanten Sportverletzungen.....	16
2.2.4 Datensatz	16
2.3 Testbatterie der Eingangsuntersuchung (modifizierter NBA Combine Test)	
.....	17
2.3.1 Schnelligkeit	17

2.3.2 Agilität.....	18
2.3.3 Sprungkraft.....	19
2.3.4 Maximalkraft und Kraftausdauer	20
2.3.5 Ausdauer	20
2.3.6 Teilnehmer der Eingangsuntersuchung	21
2.4 Statistische Analyse	23
3. Ergebnisse	25
3.1 Anthropometrie.....	25
3.1.1 Mediane der Leistungsdiagnostik	26
3.1.2 Korrelationsanalyse der anthropometrischen Daten mit den Leistungsdaten.....	26
3.2 Verletzungsspezifische Eckdaten des verletzten Athleten	27
3.2.1 Korrelationsanalyse der Leistungsdaten mit den verletzungsspezifischen Eckdaten des verletzten Athleten	29
3.3 Verletzungsumstände der stattgehabten Verletzung.....	31
3.3.1 Häufigkeitsverteilung	31
3.3.2 Positionsspezifische Verteilung der Verletzungsaktion.....	33
3.3.3 Korrelationsanalyse der Leistungsdaten mit den Verletzungsumständen	34
3.4 Verletzungshäufigkeit	37
3.4.1 Korrelationsanalyse der Verletzungshäufigkeit mit der Anthropometrie sowie den verletzungsspezifischen Eckdaten des Athleten	37
3.4.2 Korrelationsanalyse der Verletzungshäufigkeit mit den Leistungsdaten.....	38
3.5 Verletzungslokalisierung.....	40
3.5.1 Häufigkeitsverteilung	40
3.5.2 Korrelationsanalyse der anthropometrischen Daten mit der verletzten Körperregion bzw. dem verletzten Körperteil.....	42
3.5.3 Korrelationsanalyse der Leistungsdaten mit der verletzten Körperregion bzw. dem verletzten Körperteil.....	43
3.6 Verletzungsart.....	46
3.6.1 Korrelationsanalyse der Verletzungsart mit den anthropometrischen Daten	46
3.6.2 Korrelationsanalyse der Verletzungsart mit Daten der Leistungsdiagnostik	47
3.7 Supinationstrauma	50
4. Diskussion.....	51
4.1 Vergleich mit bestehender Literatur	51
4.2 Interpretation der Ergebnisse	54

4.3 Limitationen.....	60
4.4 Fazit und Perspektiven.....	60
5. Zusammenfassung	63
6. Literaturverzeichnis	65
Appendix.....	74
I Abkürzungsverzeichnis	74
II Abbildungsverzeichnis	75
III Tabellenverzeichnis.....	76
IV Danksagung	77
V Lebenslauf	
VI Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme.....	79

1. Einleitung

Basketball zählt weltweit - sowohl im Profi- als auch im Amateursport - zu den populärsten Sportarten. Diese Faszination begründet sich nicht zuletzt auf die hohe Intensität eines Basketballspiels. Die Athleten leisten in einem Pflichtspiel durchschnittlich 105 ± 52 Sprints (ca. alle 21 Sekunden), 46 ± 12 Sprünge und 997 ± 183 Änderungen des Bergungsablaufs (ca. alle 2 Sekunden). Ca. 65% der Spielzeit führen die Athleten Aktionen aus, die ein höheres Anforderungsprofil als Laufen aufweisen, wobei ca. 15% der Aktivitäten einer hohen Intensität (Sprints, schnelle Sidesteps, Sprünge) entsprechen. Diese Belastung spiegelt sich in der durchschnittlichen Herzfrequenz der Athleten von 165 ± 9 Schlägen pro Minute wider (McInnes et al., 1995).

1.1 Sportverletzungen im Basketball

Aus der zunehmenden körperlichen Beanspruchung in Zusammenhang mit einem zunehmend physisch geprägten Spielstil resultiert ein erhebliches Verletzungsrisiko der Athleten. In groß angelegten Studien bezüglich der Verletzungsinzidenz von NBA-Spielern ergaben sich zwischen 19,1 - 21,4 Verletzungen in 1000 „AEs“ (= Athleten-Exposition: 1 AE = ein Spieler, der mindestens einmal in einem Basketballspiel eingesetzt wird, also pro Partie maximal 12 AEs pro Mannschaft) (Deitch et al., 2006; Drakos et al., 2010; Starkey, 2000). Bei einer ebenfalls groß angelegten Untersuchung der Verletzungsinzidenz von Athleten der NCAA lag diese mit 14,2 Verletzungen pro 1000 AEs unter dem Wert der NBA-Spieler (Dick et al., 2007). In einer niederländischen und einer australischen Querschnittsstudie schwankte die Inzidenz zwischen 9,8 und 24,7 Verletzungen in 1000 gespielten Stunden (Elke Cumps et al., 2007; McKay et al., 2001). In der von Siebert et al. durchgeführten Studie bezüglich der Verletzungshäufigkeiten im Basketball als Überkopfsportart ergab sich eine Inzidenz von 21,7 Verletzungen pro 1000 Spieleinsätzen in den ersten und zweiten Bundesligen der Damen und Herren (Siebert et al., 2006).

Das Auftreten von Sportverletzungen hat nicht nur wirtschaftliche bzw. sozioökonomische Folgen, welche die Durchführung von Präventionsmaßnahmen sinnvoll und erforderlich erscheinen lassen (E. Cumps et al., 2008; Hespanhol Junior et al., 2017; Junge et al., 2011; Orchard, 2008). So konnte in mehreren Studien ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer geringen, verletzungsbedingten Ausfallzeit

und dem sportlichen Erfolg einer Mannschaft nachgewiesen werden (Hägglund et al., 2013; Podlog et al., 2015; Williams et al., 2016). Ein wichtiger Bestandteil der multidisziplinären Zielsetzung der Verletzungsprävention sind Screening-Programme bzw. Fitness-Messungen um verletzungsrelevante Risikofaktoren aufzudecken und diesen frühzeitig mit präventiven Maßnahmen entgegenzuwirken. Hierzu müssen diese präventiven Screeningmaßnahmen verlässlich Athleten mit erhöhtem Verletzungsrisiko - aufgrund muskuloskelettaler Einschränkungen in der „Preseason“ - aufzeigen. Begleitend wäre es möglich, einen Ausgangswert der Athletik und Leistungsfähigkeit der Athleten zu ermitteln. Dieser könnte, im Rahmen einer möglichen Rehabilitationsphase bzw. einer notwendigen Operation nach aufgetretener Verletzung, als Hilfestellung für den optimalen Zeitpunkt für das Return-to-play bzw. Return-to-competition genutzt werden.

1.2 Vorstellung der bisherigen Screeningmaßnahmen

Die bisherige, sportmedizinische, basketballspezifische Forschung befasste sich mit dem Functional Movement Screen, sowie dem Star Excursion Balance Test, Standing Long Jump, Single-Leg Hop for Distance und dem Landing Error Scoring System, um Assoziationen der erfassten Werte mit den in der darauffolgenden Spielzeit aufgetretenen Verletzungen zu ermitteln (Azzam et al., 2015; Brumitt et al., 2013, 2016; Padua et al., 2015; Plisky et al., 2006; Walbright et al., 2017). Zusätzlich publizierten Brumitt et al. Untersuchungen des Y Balance Test sowie des Lower Extremity Functional Test (Brumitt, Nelson, et al., 2018; Brumitt, Wilson, et al., 2018).

1.2.1 Functional Movement Screen

Seit der wegweisenden Studie von Kiesel et al. über die Verletzungsprognose von American Football-Spielern erwies sich der FMS als die von den Autoren bevorzugte Screeningmaßnahme (Kiesel et al., 2007). Diese von Cook et al. zusammengestellte Testbatterie gilt als ein praktikables und dynamisches Werkzeug zur Erfassung und Beurteilung von grundlegenden Bewegungsmustern (Cook et al., 2014b, 2014a). Insbesondere die Fähigkeiten bezüglich Stabilität und Mobilität - mit Augenmerk auf physische Limitationen oder Asymmetrien - werden so untersucht (Cook, Gray, 2010; Cook et al., 2014b, 2014a; B. S. Dorrel et al., 2015).

1.2.2 Standing Long Jump

Beim SLJ wurde die von den Basketballspielern in drei Versuchen aus schulterbreitem Stand mit verschränkten Händen hinter dem Rücken erreichte, maximale Sprungdistanz ermittelt, bei denen die Landeposition ohne Ausfallschritt gehalten werden konnte (Brumitt et al., 2016).

1.2.3 Single-Leg Hop

Der SLH wurde in ähnlicher Weise durchgeführt, wobei sowohl der Sprung, als auch die Landung auf ein und demselben Bein zu erfolgen hatten (Brumitt et al., 2016; Plisky et al., 2006; Walbright et al., 2017).

1.2.4 Star Excursion Balance Test

Im SEBT war es die Aufgabe der Athleten, im Einbeinstand mit dem gegenseitigen Fuß soweit wie möglich nach anterior, posteromedial und posterolateral auf den Boden zu tippen und ihn wieder ins Zentrum zurückzuführen, ohne das Gleichgewicht zu verlieren. Für beide Beine wurde in drei Durchläufen die maximale Reichweite erfasst (Brumitt, Nelson, et al., 2018).

1.2.5 Y Balance Test

Im Gegensatz dazu befanden sich die Basketballspieler beim YBT im Einbeinstand auf einer Plattform und rutschten mit der unbelasteten Seite einen beweglichen Block soweit wie möglich nach anterior, posteromedial und posterolateral. Ansonsten stimmten die Rahmenbedingungen mit denen des SEBT weitestgehend überein. Der Beste der jeweils drei Versuche wurde mittels der Länge des Beines (Spina iliaca anterior superior bis distaler Malleolus medialis) standardisiert (Brumitt, Nelson, et al., 2018; Coughlan et al., 2012; Walbright et al., 2017).

1.2.6 Lower Extremity Functional Test

Der LEFT wurde auf einem diamantenförmigen Kurs absolviert mit triangel förmigen Tapes an den Enden der Achsen. Das Protokoll sah folgende Agilitätsübungen vor: Sprint vorwärts, Sprint rückwärts, Sidestep, Carioca, Achten, 45° Freilaufbewegung, 90° Freilaufbewegung, gegenseitige Freilaufbewegung, Sprint vorwärts und Sprint rückwärts (Brumitt, Wilson, et al., 2018).

1.2.7 Landing Error Scoring System

In dem von Padua et al. entwickelten LESS wurden die biomechanischen Abläufe des ganzen Körpers während der Landung nach einem vertikalen Absprung evaluiert. Jeder Teilnehmer startete den Test auf einer 30 cm hohen Box, welche so platziert wurde, dass sie zur Landezone (Markierungslinie) einen Abstand von der halben Körpergröße des Teilnehmers hatte. Die Athleten wurden instruiert mit beiden Beinen gleichzeitig vorwärts abzuspringen, damit sie knapp hinter der Markierungslinie zum Landen kommen, um von dort unmittelbar nach der Landung erneut so hoch wie möglich abzuspringen. Der LESS-Score ist eine Summe der technischen Fehler im Bewegungsablauf der Landung. Je höher der LESS-Score, desto schlechter der technische Bewegungsablauf der Landung (Padua et al., 2009).

1.2.8 Modifizierter Romberg-Test

In der Studie von McGuine et al. wurde als Balance-Test ein modifizierter Romberg-Test angewandt, bei dem unter anderem Ausgleichsbewegungen und Haltungsschwankungen aufgezeichnet wurden (McGuine et al., 2000).

1.2.9 Basketball-Specific Set of Functional Mobility Tests

Bond et al. erstellten die neue Testbatterie „Basketball-Specific Set of Functional Mobility Tests“ (BMT), die möglichst die basketballspezifischen Anforderungen abbilden sollte. Insgesamt wurden sechs Tests, soweit möglich beidseitig, durchgeführt und im Anschluss ein standardisierter Score errechnet: „Open Up“, „Triple-Threat“, „Basketball

Rebound Rack Extension“, „Shoulder Push-Up“, „Frontal Hop“ und „Hip External Rotation“ (Bond et al., 2019).

1.3 Literaturbasierte Aussagekraft der bisherigen Screeningmaßnahmen

1.3.1 Functional Movement Screen

Das Potential des FMS, eine Aussage über die Verletzungswahrscheinlichkeit von Athleten zu treffen, lieferte in der Literatur kontroverse Ergebnisse. Im Anschluss an die Studie von Kiesel et al., in der eine Beziehung zwischen einem Score unter 15 und Verletzungen mit einer Ausfallzeit von mindestens drei Wochen nachgewiesen werden konnte, unterstützten weitere Arbeiten die vermutete Beziehung zwischen einem schlechteren Abschneiden im FMS und einem vermehrten Auftreten von Verletzungen (Kiesel et al., 2007). So ergaben nicht-basketballspezifische Untersuchungen mit College-Athletinnen und Marine-Offizieranwärtern, dass Athleten mit einem Score ≤ 14 , sich signifikant häufiger muskuloskelettale Verletzungen zuzogen (Chorba et al., 2010; Landis et al., 2018; O'Connor et al., 2011). Tee et al. fanden ebenfalls signifikant schlechtere FMS-Scores bei professionellen Rugby-Union-Spielern, die anschließend eine Verletzung erlitten, gegenüber den unverletzten Athleten (Tee et al., 2016). Die Studie von Benenson et al. mit 160 College-Athleten/-innen verschiedener Sportarten zeigte bei gleichen Ergebnissen zusätzlich ein statistisch deutlich erhöhtes Verletzungspotential in Zusammenhang mit einer Verletzung in der Vorgeschichte (Benenson et al., 2015).

Mokha et al. konnten in ihrer Studie den zuvor propagierten Wert von 14 Punkten im FMS-Score nicht bestätigen (Mokha et al., 2016). Auch Wiese et al. gelang es nicht, mit dem FMS Score eine Vorhersage über die Verletzungswahrscheinlichkeit bei 144 NCAA Division I American Football-Spielern zu treffen (Wiese et al., 2014). Sorenson bestätigte mit 112 High-School-Basketballer/-innen, dass der FMS sich nicht zur Identifikation eines erhöhten Verletzungspotentials eignet (Sorenson, 2009).

In der Querschnittsstudie von Dorrel et al. wurden 257 College-Athleten/-innen der NCAA Division II prospektiv mit dem FMS gescreent und bezüglich der im Training oder Wettkampf aufgetretenen Verletzungen beobachtet. Als Resultat ergab sich, dass der FMS lediglich eine gering bessere Vorhersagekraft zeigte, als die 50%-ige Wahrscheinlichkeit zu raten, ob ein Athlet eine Verletzung erleidet oder nicht (B. Dorrel et al., 2018).

Die retrospektive Studie von Azzam et al. stach heraus, da das Kollektiv ausschließlich aus 34 Profibasketballern eines einzelnen NBA-Teams über vier Spielzeiten bestand, die in der „Preseason“ den FMS absolvierten. Jedoch ergab auch diese profibasketballspezifische Veröffentlichung, dass Spieler mit Verletzung keinen signifikant schlechteren FMS-Score als die Nicht-Verletzten hatten (Azzam et al., 2015).

Die beiden systematischen Übersichtsarbeiten von Bonazza et al. und von Dorrel et al. widersprachen sich. Die Schlussfolgerungen von Bonazza et al. unterstützten die prognostische Validität des FMS, wohingegen der frühere Review von Dorrel et al. die diagnostische Genauigkeit als gering beschrieb (Bonazza et al., 2017; B. S. Dorrel et al., 2015). Auch die Meta-Analyse von Moran et al. ergab, dass der FMS kein suffizientes prädiktives Werkzeug zur Verletzungsvorhersage sei (Moran et al., 2017).

Warren et al. zeigten zunächst in einer prospektiven Kohortenstudie (2015), dass der FMS einen schwachen Prädiktor für Non-Kontakt- und überlastungsbedingte Verletzungen bei 167 NCAA Division I Athleten/-innen darstellt. Auch bezüglich der Asymmetrie der Bewegungsabläufe konnte keine Beziehung zu den erfassten Verletzungen gefunden werden (Warren et al., 2015). In ihrem anschließenden Review (2018) ermittelten Warren et al. zudem in nahezu allen herangezogenen Studien eine lediglich geringe Sensitivität (33 - 58%), wohingegen die Spezifität in 15 von 23 Publikationen Werte über 70% zeigte. In Anbetracht dieser Ergebnisse schlossen sie, dass der FMS gegensätzlicherweise besser dafür geeignet sei, Sportler ohne Verletzungen zu identifizieren (Warren et al., 2018).

Mehrere weitere Autoren bestätigten diese Zusammenfassung in ihren Studien und festigten die Auffassung, dass neben einer hohen Spezifität lediglich eine niedrige Sensitivität ermittelt werden konnte, sodass es eine hohe Anzahl an falsch negativen Resultaten für Athleten mit einem Wert größer 14 gab (Benenson et al., 2015; Chorba et al., 2010; Kiesel et al., 2007; O'Connor et al., 2011).

1.3.2 Landing Error Scoring System

Padua et al. fanden in einer Kohortenstudie mit 829 jugendlichen Nachwuchs-Fußballer/-innen (zwischen 11 und 18 Jahren) heraus, dass bei einem LESS-Score von 5 oder höher das Risiko, einen Kreuzbandriss zu erleiden, um 1,2% erhöht war. Die Sensitivität dieses Schwellenwertes lag bei 86%, die Spezifität bei 64% (Padua et al., 2015).

1.3.3 Y Balance Test

Smith et al. ermittelten in ihrer prospektiven Kohortenstudie, dass zumindest eine signifikante Beziehung zwischen dem Auftreten einer Non-Kontakt-Verletzung bei 184 Division I College-Sportler/-innen und einer Asymmetrie im YBT bezüglich der anterioren Reichweite bestand. Die posteromediale und -laterale Reichweite, sowie der Score, zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zu einem erhöhten Verletzungsrisiko (C. A. Smith et al., 2015).

Butler et al. zeigten in ihrer prospektiven Kohortenstudie mit 59 College-Footballspielern, dass ein Score unter 89,6% im YBT-Protokoll mit einer 3,5-fach erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Non-Kontakt-Verletzungen vergesellschaftet war. Zusätzlich zeigte sich eine optimale Sensitivität (100%) bei einer Spezifität von 71,7% (Butler et al., 2013).

Gonell et al. ermittelten in einer prospektiven Kohortenstudie mit 74 professionellen Fußballspielern, dass Athleten mit einer Seitendifferenz größer als 4 cm in der posteromedialen Reichweite sich 3,86-mal häufiger an den unteren Extremitäten verletzten. Zusätzlich verletzten sich Athleten mit einem schlechteren Score - unabhängig von der Richtung - zweimal häufiger (Gonell et al., 2015).

Diese Schlussfolgerungen konnten Lai et al. in ihrer Fall-Kontroll-Studie mit 294 Athleten/-innen der NCAA Division I nicht bestätigen. Die gefundenen Cutoff-Werte sowohl der Voruntersuchungen, als auch der durchgeführten Studie zeigten eine geringe Sensitivität und Spezifität. Des Weiteren waren Seitendifferenzen ebenfalls nicht mit einem erhöhten Verletzungsrisiko vergesellschaftet (Lai et al., 2017).

Dementsprechend konnten Wright et al. in ihrer prospektiven Kohortenstudie bei Athleten/-innen der NCAA Division I ebenfalls keine signifikanten Beziehungen feststellen (Wright et al., 2017).

In der Analyse von Brumitt et al. mit 169 College-Basketballspielern (NCAA Division II und III, NAIA, „Community College“) konnte keine Beziehung zwischen dem YBT in der „Preseason“ und Non-Kontakt-Verletzungen des unteren Rückens bzw. der unteren Extremitäten gefunden werden (Brumitt, Nelson, et al., 2018).

In der von Šiupšinskas et al. durchgeführten Studie zur Untersuchung des FMS, des YBT und des LESS wurden 169 Profibasketballerinnen in den vier beobachteten Spielzeiten (2013-2016) eingeschlossen. Der FMS-Score der verletzten Gruppe war hochsignifikant unter dem der nicht-verletzten Gruppe und der LESS-Score bei der

Gruppe der Verletzten signifikant höher als bei den Unverletzten. Dagegen ergab der YBT in beiden Gruppen ähnliche Ergebnisse ohne signifikante Unterschiede (Šiupšinskas et al., 2019).

1.3.4 Star Excursion Balance Test

Plisky et al. fanden in ihrer prospektiven Kohortenstudie mit 235 High-School-Basketballspielern/-innen, dass eine Rechts-Links-Differenz größer als 4 cm in der anterioren Reichweite mit einer 2,5-fach höheren Verletzungswahrscheinlichkeit der unteren Extremitäten korrelierte. Zudem fand sich bei Athletinnen mit einer zusammengesetzten Reichweite von weniger als 94,0% im Vergleich zur Beinlänge ein um 6,5-fach erhöhtes Verletzungsrisiko der unteren Extremitäten (Plisky et al., 2006).

Gribble et al. bewerteten in ihrem Review den SEBT ebenfalls als ein verlässliches, dynamisches Testverfahren, um das erhöhte Risiko von Verletzungen der unteren Extremitäten zu bestimmen (Gribble et al., 2012).

Jedoch konnten die positiven Ergebnisse in der prospektiven Kohortenstudie von Walbright et al. mit 35 College-Basketballerinnen und -Volleyballerinnen der Division I nicht bestätigt werden. In der Datenanalyse zeigten sich bei 11 Verletzungen mit verletzungsbedingter Ausfallzeit keine signifikanten Beziehungen zum SEBT, FMS und SLH (Walbright et al., 2017).

J. Smith et al. konnten jedoch bei 100 jugendlichen Sportlern/-innen diverser Sportarten aus einer Privatschule (zwischen 12 und 17 Jahren) mit einer kombinierten Testbatterie (SEBT, „The Triple Hop for Distance Test“, „The Double Leg Lowering Maneuver“) und der Erstellung eines spezifischen Scores aus der Addition der einzelnen Testergebnisse eine signifikante Beziehung zu akut aufgetretenen Verletzungen der unteren Extremitäten bei beiden Geschlechtern feststellen. Bei dem zusätzlich durchgeführten Multi-Stage 20 m-Shuttle-Run-Test zur Erfassung des VO_2 max ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den verletzten und den unverletzten Athleten (J. Smith et al., 2017).

1.3.5 Standing Long Jump, Single-Leg Hop & Lower Extremity Functional Test

In der prospektiven Kohortenstudie von Östenberg und Roos wurden 123 Fußballerinnen über eine Spielzeit untersucht - unter anderem im Hinblick auf die

Aussagekraft einzelner Sprungtests auf die Verletzungswahrscheinlichkeit. Hierbei zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Verletzten und Unverletzten bezüglich des SLH (Östenberg & Roos, 2000).

In diesem Sinne fanden auch Brumitt et al. in ihrer prospektiven Kohortenstudie, dass männliche College-Basketballer mit einem geringen Wert in den SLJ- und/oder SLH-Messungen kein erhöhtes Verletzungsrisiko für Non-Kontakt-Verletzungen der unteren Extremitäten mit resultierender, verletzungsbedingter Ausfallzeit aufwiesen (Brumitt et al., 2016).

Auch die Studie von Witchalls et al. mit 86 Mitgliedern einer Militäarakademie konnte lediglich eine Auswirkung einer Sprunggelenksinstabilität auf die Leistungsfähigkeit des Individuums nachweisen (Witchalls et al., 2013).

Die Zielsetzung der prospektiven Kohortenstudie von Brumitt et al. war es, das Potential des SLJ, des SLH und des LEFT als Preseason-Screening-Maßnahmen zu bestimmen. So sollten Athleten identifiziert werden, welche ein erhöhtes Risiko, sich eine Sportverletzung des unteren Rückens bzw. der unteren Extremitäten mit daraus folgender verletzungsbedingter Ausfallzeit zuzuziehen, aufwiesen. Hierzu wurden 193 Division III Athleten/-innen getestet - mit kontroversen Ergebnissen: Weibliche Athleten mit einer erhöhten Seitenasymmetrie zwischen den SLH-Reichweiten oder einem schlechteren Ergebnis im LEFT verletzten sich häufiger, wogegen bei männlichen Athleten hohe SLH-Reichweiten und gute Ergebnisse im LEFT ein erhöhtes Verletzungsrisiko zeigten (Brumitt et al., 2013). In einer weiteren Veröffentlichung von Brumitt et al. wurde die unzureichende, prädiktive Aussagekraft des LEFT auf das zukünftige Verletzungsrisiko bestätigt (Brumitt, Wilson, et al., 2018).

1.3.6 Modifizierter Romberg-Test

McGuine et al. zeigten in einer prospektiven Kohortenstudie mit 210 High-School-Basketballer/-innen, dass mittels eines modifizierten, barfuß durchgeführten Romberg-Tests erfasste Defizite der Balance ein erhöhtes Aufkommen von Sprunggelenksverletzungen vorhersagen können. Vermehrte Ausgleichsbewegungen und Schwankungen der Haltung waren hochsignifikant mit einer erhöhten Anzahl an Sprunggelenksverletzungen verknüpft (McGuine et al., 2000).

1.3.7 Basketball-Specific Set of Functional Mobility Tests

Bond et al. konzentrierten sich in ihrer Studie auf ein Kollektiv von 119 NCAA Division II Basketballspieler/-innen und verglichen ihren selbst erstellten, an die basketballspezifischen Anforderungen angepassten Test mit dem FMS (bezüglich des Aufbaus der Testbatterie wird auf die betreffende Studie verwiesen). Doch zeigten ihre Studienergebnisse, dass weder der BMT noch der FMS geeignet waren, um ein erhöhtes Verletzungsrisiko festzustellen (Bond et al., 2019).

1.3.8 Review diverser Leistungsdiagnostik-Tests der unteren Extremitäten

In einem Review, das diverse verschiedene Leistungsdiagnostik-Tests der unteren Extremitäten unabhängig von der Studienpopulation und Sportart untersuchte, wurden unter anderem Studien zu einem 40-Yard-Sprint-Test, Shuttle-Run-Test, Vertical Jump sowie T-Agility-Test validiert. Jedoch wurde die Reliabilität der diese Tests betreffenden Studien als durchgehend schwach bewertet (Hegedus et al., 2015). Zudem lag das Hauptaugenmerk der Studien meist nicht auf der Aussagekraft der Tests bezüglich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Verletzung, sodass auch keine signifikante Beziehung aufgezeigt wurde (Östenberg & Roos, 2000; Putnam et al., 2012).

1.4 Bisherige Studien mit dem NBA Combine Test

Mehran et al. befassten sich in Ihrer Querschnittsstudie nicht mit Verletzungsrisiken, sondern untersuchten die Auswirkungen von stattgehabten Kreuzbandrekonstruktionen auf die Leistungsfähigkeit des Athleten. Hierbei fanden sie keinen signifikanten Unterschied, jedoch ist die Verwendung der Ergebnisse des NBA Combine Tests zur Validierung der basketballspezifischen Leistungsfähigkeit eines Athleten hervorzuheben (Mehran et al., 2016).

Studien aus anderen Sportarten mit deren jeweiligen Combine Tests zeigten bis dato eine kontroverse Datenlage für das prädiktive Potential solcher Testbatterien. So erwies sich der NFL Combine Test als zu unspezifisch für die Anforderungen im Football und konnte dementsprechend keine signifikante Beziehung zur Draftposition oder den Leistungsstatistiken ergeben (Kuzmits & Adams, 2008; McGee & Burkett, 2003). Auch konnten Myer et al. mit einer modifizierten Variante des NFL Combine Test keine

signifikanten Unterschiede zwischen 18 jugendlichen Sportlern diverser Sportarten bei Zustand nach ACL-Rekonstruktion im Vergleich zur Kontrollgruppe (n = 20) feststellen (Myer et al., 2011). Im Gegensatz dazu konnte ein Teil der Komponenten des National Hockey League Combine Tests teilweise als guter Prädiktor hinsichtlich der Draftposition und der Leistungsstatistiken des Spielbetriebs fungieren (Burr et al., 2008). In ähnlicher Weise ermittelten Peyer et al. eine signifikante Beziehung mit der Plus-Minus-Bilanz der teilnehmenden NCAA-Eishockeyspieler (Peyer et al., 2011).

Auf der Suche nach einem möglichst basketballspezifischen Test kombinierten McGill et al. bekannte Elemente zur Beurteilung der Bewegungskompetenz - unter anderem den FMS - mit Übungen aus dem jährlich im Rahmen der NBA Drafts durchgeführten NBA Combine Tests. Die Testbatterie wurde an drei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Aus dem NBA Combine Test wurden Bench Press, No-Step Vertical Jump, „Lane Agility Drill“ und $\frac{3}{4}$ -Court Sprint einbezogen. Bezüglich der anderen Elemente der Testbatterie und deren Durchführung wird an dieser Stelle auf die zugrundeliegende Studie verwiesen. Die Studienpopulation bestand aus einem Basketballteam einer amerikanischen Universität mit 14 männlichen Athleten. Hauptsächlich wurden in dieser Studie jedoch die Leistungsstatistiken der Spieler mit den Leistungsdaten aus den in der „Preseason“ durchgeführten Leistungsdiagnostik-Tests korreliert, da aufgrund der lediglich betrachteten Rückenverletzungen sowie niedrigen Probandenzahl zu wenige Verletzungen im Beobachtungszeitraum aufgetreten sind, um relevante Ergebnisse zu gewinnen. Lediglich zeigte sich eine signifikante Verbindung zwischen den fünf Rückenverletzungen und langsameren Ergebnissen im „Speed Get-Up Test“ der verletzten Gruppe ($p = 0,038$). Bezüglich der Leistungskorrelationen zeigten sich bessere Ergebnisse bei geringer Rumpfbeweglichkeit (mehr Assists und Steals), erhöhter Beweglichkeit in den Hüften (mehr Blocks) und einer geringeren Griffstärke der linken Hand (mehr Spielminuten, Rebounds und Steals). Gute Testergebnisse beim Bench Press korrelierten ausschließlich mit mehr Blocks pro Spiel. Eine größere Weite beim „Long Jump“ war signifikant mit mehr Spielminuten, Rebounds und Blocks pro Spiel verknüpft. Außerdem hatten Athleten mit schnelleren Zeiten im „Lane Agility Drill“ mehr Spielminuten, Punkte, Assists und Steals pro Spiel (McGill et al., 2012).

1.5 Fragestellung

Erweiterte medizinische Eingangsuntersuchungen können als Mittel zur Verletzungsprävention genutzt werden. Im Profisportbereich wird dies von vielen

Vereinen bereits praktiziert und auch von der Verwaltungsberufsgenossenschaft z.T. eingefordert. Die vorliegende Arbeit hat sich mit folgenden Fragen beschäftigt:

- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Resultat im basketballspezifischen NBA Combine Test zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Spieler und der Verletzungshäufigkeit?
- Kann ein modifizierter NBA Combine Test in der Saisonvorbereitung ein geeignetes, prädiktives Werkzeug darstellen, ein vermehrtes Auftreten bestimmter Verletzungen vorherzusagen, um langfristig Verletzungsrisiken zu reduzieren?
- Zeigen sich positionsspezifische Verletzungsmuster? Werden diese Verletzungen ggf. durch Leistungsdefizite der Athleten dieser Spielpositionen begünstigt?
- Welchen Einfluss haben die anthropometrischen Daten der Athleten sowie die Verletzungsumstände auf das Verletzungsgeschehen?

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Die Forschungsarbeit wurde als prospektive Kohortenstudie geplant. Zielsetzung dieser Studie war die statistische Untersuchung von Ergebnissen der medizinischen Eingangsuntersuchung mit den erhobenen Verletzungsdaten. Das Studiendesign ist so gewählt, dass es den ersten Schritt in der Entwicklung und Validierung einer Screeningmaßnahme zur Verletzungsprävention beschreibt (Bahr, 2016).

2.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung und Untersuchung der herausgearbeiteten Forschungshypothesen wurde durch eine enge Zusammenarbeit zwischen dem medizinischen Betreuersteam der Profimannschaft der s. Oliver Würzburg, des Sportzentrums der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und der Sport und Event Würzburg Baskets GmbH ermöglicht. Die professionellen Basketballspieler wurden über die Erhebung und Verwendung ihrer Daten zu Forschungszwecken im Vorfeld aufgeklärt und stimmten vertraglich dieser Regelung zu. Aufgrund der Anonymisierung der Daten war eine Überprüfung durch das Ethikkomité nicht notwendig.

2.2.1 Beobachtungszeitraum

Die für die Studie gesammelten Daten stammen aus fünf aufeinanderfolgenden Spielzeiten (2012/13 - 2016/17). Der Beobachtungszeitraum einer Spielzeit wurde jeweils vom 1. August bis zum 31. Juli des Folgejahres festgelegt. Eine Spielzeit kann in drei Phasen unterteilt werden.

Anfang August bis Ende September befinden sich die Mannschaften in der Vorbereitungsphase der Saison, auch „Preseason“ genannt. In diesem Zeitraum haben die Trainer und Betreuer im Rahmen von Trainingseinheiten und Trainingslagern, Vorbereitungsspielen und -turnieren die Aufgabe, mit einem engen Zeitplan die Athleten nach der Sommerpause auf das notwendige athletische und technische Leistungsniveau zu bringen und sie für die Anforderungen während der laufenden Saison vorzubereiten.

In dieser Phase wird der Grundstein für den Erfolg einer Mannschaft gelegt, der nicht zuletzt auch von der Belastbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Verletzungen abhängig ist. So fanden Podlog et al. in einer Studie eine signifikante Beziehung zwischen verletzungsbedingt verpassten Spielen und der Prozentzahl an Siegen einer Mannschaft (Podlog et al., 2015).

Im Anschluss beginnt Ende September die reguläre Saison mit ihrem Pflichtspielbetrieb, der Ende April bzw. Anfang Mai endet. Im Regelfall haben die Athleten eine Spielbelastung von einem Pflichtspiel pro Woche, zumeist am Wochenende. Ausnahmen bilden Doppelspieltage mit zwei Partien Freitag und Sonntag an einem Wochenende sowie Spieltage in der Wochenmitte, welche zumeist in Wochen mit bundesweiten Feiertagen ausgetragen werden (z.B. Weihnachtsfeiertage, Neujahr). Hinzu kommt die mögliche Doppelbelastung bei Teilnahme in einem europäischen Wettbewerb mit zusätzlichen Spieltagen unter der Woche wie bei der beobachteten Mannschaft aus der Spielzeit 1. Eine Pflichtspielpause von zumeist zwei Wochen wird im Laufe des Januars geplant.

An das Ende der regulären Saison folgt nahtlos die sogenannte „Postseason“ mit den „Playoffs“, welche darüber entscheiden, welches der besten acht Teams der Spielzeit sich die Meisterschaft (bzw. in der Pro A den Aufstieg) sichert. Die „Postseason“ endet in der Regel Ende Mai bis Anfang Juni und mündet in die spiel- und trainingsfreie Zeit bzw. individuelle Vorbereitungszeit bis zu Beginn der Vorbereitungsphase der nächsten Spielzeit.

2.2.2 Studienteilnehmer

Die Studienteilnehmer bestanden aus dem Kader der ersten Mannschaft der s. Oliver Würzburg (bis Juli 2016 „s. Oliver Baskets“), welche durch die jeweiligen Ligen über ihre Internetauftritte offiziell benannt wurden (*EasyCredit -BBL- Kader s.Oliver Baskets 2015/16*, n.d.; *EasyCredit BBL- Kader s.Oliver Baskets 2012/13*, n.d.; *EasyCredit BBL- Kader s.Oliver Baskets 2013/14*, n.d.; *EasyCredit BBL- Kader s.Oliver Baskets 2016/17*, n.d.; *Kader s.Oliver Baskets– Pro A - BARMER2. Basketball Bundesliga*, n.d.). Ebenfalls wurde aus diesen Veröffentlichungen das Geburtsdatum zur Altersbestimmung, die Größe und das Gewicht, die Anzahl an gespielten Spielen sowie die Spielposition des Studienteilnehmers übernommen.

In der Selektion der einbezogenen Athleten wurde nicht berücksichtigt, ob es im Saisonverlauf zu einem Einsatz in einem regulären Pflichtspiel kam. So konnten für die

Studie insgesamt 71 individuelle Athleten herangezogen werden, wobei Profibasketballer, die über mehrere Spielzeiten Teil der Mannschaft waren, im Rahmen der Auswertung mehrfach, also für jede Spielzeit gesondert gezählt wurden. Auf diese Weise ergab sich eine Anzahl von 95 Probanden mit jeweils eigenen Ergebnissen in der Testbatterie. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass intraindividuelle Entwicklungen eines Spielers, beispielsweise aufgrund von körperlicher Entwicklung bei jungen Spielern bzw. Leistungsverbesserungen in der Leistungsdiagnostik mitberücksichtigt werden können. In der ersten Spielzeit ergab sich eine Kaderstärke von 21 Studienteilnehmern, in der zweiten Spielzeit von 20 Studienteilnehmern, in der dritten und fünften Spielzeit von jeweils 19 Studienteilnehmern und in der vierten Spielzeit von 16 Studienteilnehmern.

Die den Studienteilnehmern zugeordneten Positionen wurden aufgrund der ähnlichen Spieleigenschaften und –belastungen, die Point Guards und Shooting Guards auszeichnen, in Guards zusammengefasst. So wurden 47 der Studienteilnehmer der Position G zugeordnet, 14 der Studienteilnehmer der Position des Small Forward, 23 dem Power Forward und 11 dem Center.

Im Beobachtungszeitraum spielte die untersuchte Mannschaft bis auf die Spielzeit 2014/15 in der höchsten deutschen Basketballliga. In der genannten Spielzeit 3 trat das Team aufgrund des Abstiegs in der Vorsaison in der zweiten Basketballbundesliga (Pro A) an und es gelang der direkte Wiederaufstieg. In Spielzeit 1 kam die Teilnahme im Eurocup zum regulären Pflichtspielprogramm hinzu. In den Spielzeiten 3 (2014/15) sowie 4 (2015/16) schaffte es das Team in die „Postseason“ und trat in den Playoffs an. In Spielzeit 3 schaffte es das Team bis in das Finale der Pro A (Saisonende 03.05.2015). In Spielzeit 4 schied das Team in der ersten Playoff-Runde am 15.05.2016 aus. In der Spielzeit 4 kam ein Qualifikationsspiel für den BBL-Pokal hinzu.

Die Anzahl an Pflichtspielen beinhaltete die Teilnahme an den Playoff-Spielen (2014/15, 2015/2016), dem BBL-Pokal (2015/16) und dem Eurocup (2012/13). Das ergab maximal 40 Pflichtspiele in Spielzeit 1, 34 Spiele in Spielzeit 2, 42 Spiele in Spielzeit 3, 37 Spiele in Spielzeit 4 und 33 Spiele in Spielzeit 5. Zusammengefasst wurden im Beobachtungszeitraum 186 Pflichtspiele der Mannschaft zur Studie gezählt.

In den fünf Spielzeiten zählten alle Studienteilnehmer insgesamt 1858 gespielte Pflichtspiele. Aufgeteilt auf die einzelnen Spielzeiten ergab das 400 gespielte Pflichtspiele der Studienteilnehmer in Spielzeit 1, 345 gespielte Spiele der Studienteilnehmer in Spielzeit 2, 401 gespielte Spiele der Studienteilnehmer in Spielzeit 3, 381 gespielte Spiele der Studienteilnehmer in Spielzeit 4 und 331 gespielte Spiele der Studienteilnehmer in Spielzeit 5. Aufgeteilt auf die verschiedenen Spielpositionen

wurden 809 gespielte Pflichtspiele der Guards, 323 gespielte Pflichtspiele der Small Forwards, 415 gespielte Pflichtspiele der Power Forwards und 311 gespielte Pflichtspiele der Center erfasst.

2.2.3 Definition der relevanten Sportverletzungen

Grundlegend für die Selektion der relevanten Verletzungsfälle waren folgende Kriterien:

1. Verletzungen wurden eingeschlossen, falls eine Vorstellung bei einem bzw. eine Behandlung durch einen Arzt der Universitätsklinik oder einem anderen der Mannschaftsärzte erforderlich wurde
2. und ein mindestens 24 Stunden verletzungsbedingter Ausfall (Training und/ oder Wettkampf) resultierte.

2.2.4 Datensatz

Die Verletzungen der Spieler wurden seitens des Teamarztes und der in der Universitätsklinik beschäftigten Kollegen erfasst und behandelt. Die Informationen über die Verletzung des Spielers wurden daraufhin aus den dokumentierten D-Arzt-Berichten über das Universitätsklinik-Netzwerk erhoben und in einer Excel-Tabelle (Excel Version 2016; Microsoft Corp, Redmond, WA) gesammelt.

Ergänzend wurden Parameter wie Alter, Größe, Gewicht, Position und pro Saison gespielte Pflichtspiele aus allgemein zugänglichen Quellen wie oben beschrieben hinzugefügt.

Die Grundgesamtheit der Daten der Leistungsdiagnostik wurde extern seitens des Sportzentrums der Universität Würzburg unter der Leitung von Prof. Dr. Olaf Hoos erhoben und lag in tabellarischer Form als Excel-Datei vor. Der Doktorand selektierte die Daten nach eingeschlossenen Studienteilnehmern und übertrug die relevanten Ergebnisse in die Datenbank der Verletzungen. Die Testbatterie wurde jeweils in der Vorbereitungsphase auf die Saison an zwei aufeinanderfolgenden Tagen als erweiterte Eingangsuntersuchung durchgeführt, wobei seitens des Trainerstabs darauf geachtet wurde, dass die Athleten im Vorfeld und während der Testungen ausreichende Regenerationsphasen erhielten. Zudem wurde vor Beginn der Testungen an jedem Tag ein geeignetes Aufwärmprogramm durchgeführt. Alle Beteiligten und Verantwortlichen wurden über die Sinnhaftigkeit der Testbatterie instruiert und davon überzeugt. Die

Überwachung der einzelnen Stationen des Tests und die Dokumentation der Leistungen erfolgte durch eingewiesene, studentische Hilfskräfte unter der Aufsicht der verantwortlichen, sportwissenschaftlichen Angestellten des Sportzentrums Würzburg. Die Zusammenstellung der Testbatterie erfolgte nach sportmotorischen Gesichtspunkten, angepasst an das basketballspezifische Anforderungsprofil, sowie unter Berücksichtigung einer Vergleichbarkeit mit den international vorhandenen Daten (Anlehnung an den jährlich in den Vereinigten Staaten stattfindenden NBA Draft Combine Test bzw. die Testbatterie der Euroleague).

2.3 Testbatterie der Eingangsuntersuchung (modifizierter NBA Combine Test)

Die Teile dieser Testbatterie umfassten einen $\frac{3}{4}$ -Court Sprint, einen modifizierten Agility T-Test mit bzw. ohne Ampel (im Folgenden T-Test), eine Messung des Standing Reach, des No-Step Vertical Jump und des Maximum Vertical Jump, eine Berechnung der Sprunghöhe aus dem Stand und aus dem Anlauf, die Anzahl der Wiederholungen im Bankdrücken bei 85 kg (Jugendspieler 60 kg), eine Erfassung des One-Repetition-Maximums im Bankdrücken, eine Messung der Laufleistung im Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (im Folgenden auch Yoyo-Test abgekürzt), sowie eine Erhebung der maximalen VO_2 -Aufnahme (Latzel, 2017).

2.3.1 Schnelligkeit

Beim $\frac{3}{4}$ -Court Sprint (Abbildung 1) handelt es sich um einen Test zur Beurteilung der Beschleunigungs- und Sprintfähigkeit der Athleten mittels Zeiterfassung durch zwei Lichtschranken im Abstand von ca. 23 m. Bei der Testung mussten sich die Spieler nacheinander direkt vor der ersten Lichtschranke positionieren, selbstständig ohne Kommando aus dem Stand starten und die vorgegebene Strecke durch beide Lichtschranken schnellstmöglich überwinden.



Abbildung 1: 3/4-Court Sprint (Quelle: Fotograf: Steffen Wienhold, o.J., Sportzentrum am Hubland Julius-Maximilians-Universität Würzburg)

2.3.2 Agilität

Für die Testbatterie wurde die basketballspezifische Modifikation des T-Tests von Semenick durchgeführt (Sassi et al., 2009; Semenick, 1990). Hierzu wurde nach einem 5 m - Sprint das zugehörige Hütchen mit der Hand berührt (Seitenangabe vorher bzw. durch Ampel). Daraufhin folgte ein Sidestep um 2,5 m nach links bzw. rechts (je nach vorheriger Seitenangabe) und das Berühren des jeweiligen Hütchens. Im Anschluss Sidestep zur Gegenseite und Berühren dieses Hütchens (gegenseitige Hand). Nach dem Sidestep zurück zum mittleren Hütchen mit Berührung desselben, abschließender Rückwärtssprint zum Ausgangspunkt. Wahlweise wurden anstatt Hütchen Druckpunkte mit Bodenlichtern bzw. Lichtschranken verwendet (Abbildung 2).

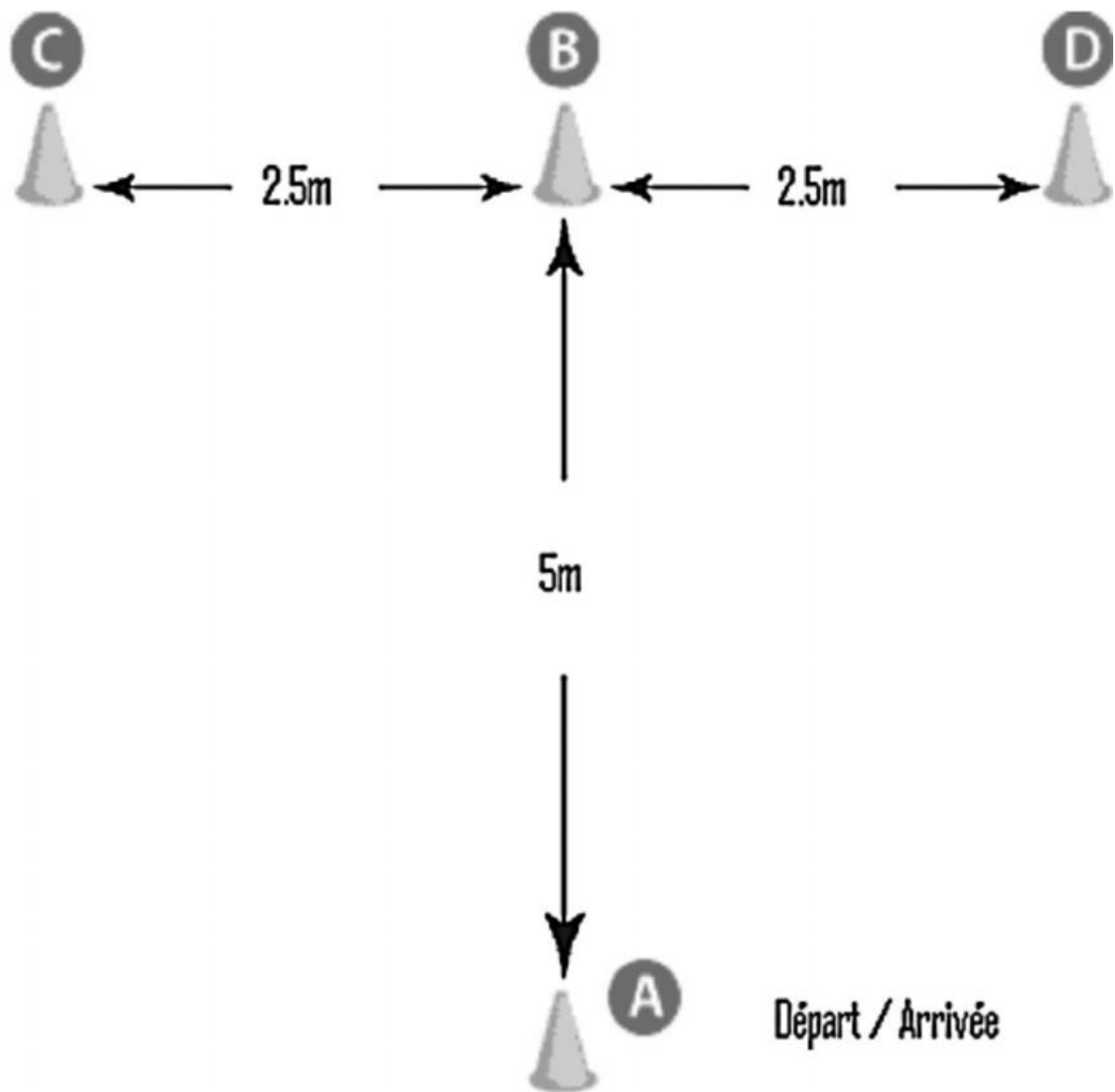


Abbildung 2: Graphische Darstellung des T-Tests (Quelle: Sassi et al., 2009)

2.3.3 Sprungkraft

Die jeweiligen, erreichten Stand- und Sprunghöhen wurden mittels der Vertec Maschine gemessen. Beim Standing Reach handelte es sich um die maximale einarmige Reichhöhe des Athleten im beidbeinigen Stand. Daraufhin wurde beim No-Step Vertical Jump die maximale Reichhöhe im beidbeinigen Standardsprung mit optionalem Armeinsatz gemessen („Free Counter Movement Jump“). Zuletzt wurde die maximale Reichhöhe im Maximum Vertical Jump bestimmt. Hierzu war ein Anlauf bis 5 m, die Absprungform, sowie der Ort des Absprungs frei wählbar (Abbildung 3).



Abbildung 3: Maximum Vertical Jump (Quelle: Fotograf: Steffen Wienhold, o.J., Sportzentrum am Hubland Julius-Maximilians-Universität Würzburg)

2.3.4 Maximalkraft und Kraftausdauer

Hierbei wurde die maximale Anzahl an Wiederholungen im Bankdrücken mit 85 kg (Ausweichgewicht bzw. Jugendspieler: 60 kg) erfasst sowie das Maximum bei einer Wiederholung (One-Repetition Maximum) im Bankdrücken rechnerisch durch die Mitarbeiter des Sportzentrums Würzburg ermittelt ($100 \times "85 \text{ bzw. } 60 \text{ kg}" \div (52,2 + 41,9 \times e^{(-0,055 \times "Anzahl Wiederholungen"})}$). Eine regelrecht durchgeführte Wiederholung wurde gezählt, falls die Hantelstange vom Brustkorb bis zu vollständig nach oben gestreckten Armen gehoben wurde.

2.3.5 Ausdauer

Im Rahmen des von Bangsbo et al. erstellten Ausdauertests führen die Athleten stetig an Laufgeschwindigkeit zunehmende Pendelläufe, den Yoyo-Test (20 m Shuttle-Run Test, Abbildung 4), mit jeweils fünf Sekunden Erholungszeit durch (Bangsbo et al., 2008;

Latzel, 2017). Der maximale VO_2 -Aufnahme (ml/min/kg) wurde rechnerisch durch die Mitarbeiter des Sportzentrums ermittelt ("Laufleistung" \times 0,0084 + 36,4).



Abbildung 4: Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Quelle: Fotograf: Steffen Wienhold, o.J., Sportzentrum am Hubland Julius-Maximilians-Universität Würzburg)

2.3.6 Teilnehmer der Eingangsuntersuchung

In den Leistungsdiagnostik-Testungen wurden insgesamt 55 Teilnahmen erfasst, bei 40 Studienteilnehmern war aus organisatorischen oder gesundheitlichen Gründen eine Teilnahme nicht möglich. Die positions- und spielzeitspezifische Verteilung der Teilnahmen an den Tests der Leistungsdiagnostik können der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Verteilung der Teilnahme an den Leistungsdiagnostiktests

Parameter	Position (Anzahl/Prozent)					Spielzeit (Anzahl/Prozent)				
	G	SF	PF	C		1	2	3	4	5
teilgenommen (n = 55)	25	9	13	8		12	12	10	10	11
	53,2%	64,3%	56,5%	72,7%		57,1%	60,0%	52,6%	62,5%	57,9%
nicht teilgenommen (n = 40)	22	5	10	3		9	8	9	6	8
	46,8%	35,7%	43,5%	27,3%		42,9%	40,0%	47,4%	37,5%	42,1%

2.4 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung des Datensatzes erfolgte mit dem Statistikprogramm IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) für Windows in der Version 23.0.0.2 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) unter Berücksichtigung der eingeschränkten Unabhängigkeit der Daten. Vor Durchführung der Analyse wurde eine statistische Beratung des Instituts für Klinische Epidemiologie und Biometrie der Medizinischen Fakultät Würzburg am 25.09.2017 in Anspruch genommen.

Im ersten Arbeitsschritt wurden die Variablen auf Vorliegen einer Normalverteilung mittels des nichtparametrischen Kolmogorov-Smirnov-Tests einer Stichprobe überprüft. Auf diese Weise konnten im zweiten Arbeitsschritt die erhobenen Daten in Anbetracht der vorliegenden Verteilung dargestellt werden. Hierzu wurden Häufigkeiten, Mittelwerte plus/minus einer Standardabweichung (SD) bzw. Mediane (P50), 25. Perzentile und 75. Perzentile angegeben. Im dritten Arbeitsschritt wurden unter Berücksichtigung der Verteilung statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Messwerten und Variablen beurteilt. Mit dem Vergleich von Stichproben-/ Gruppenmittelwerten wurden entweder der T-Test nach Student oder die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) bzw. von Stichproben-Medianen der U-Test nach Mann und Whitney oder H-Test nach Kruskal und Wallis angewandt. Des Weiteren wurden Korrelationsberechnungen mittels des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten durchgeführt. Das Signifikanzniveau der Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mit $p \leq 0,05$ als signifikant beziehungsweise $p \leq 0,01$ als hochsignifikant definiert (Bühl, 2014).

In der speziell angelegten Variable zur Herausarbeitung von positionsspezifischen Verletzungsmerkmalen wurden die basketballüblichen Positionen in zwei Gruppen aufgeteilt: Zum einen die kleineren Spielpositionen G und SF als Gruppe 1, zum anderen die größeren Positionen PF und C als Gruppe 2, wodurch mittels einer Vierfeldertafel und dem Chi – Quadrat - Test eine Überprüfung der Unabhängigkeit und indirekt eines Interaktionseffekts der Positionen und des jeweiligen Merkmals möglich wurde (Bühl, 2014).

3. Ergebnisse

3.1 Anthropometrie

Alter der Athleten zu Saisonbeginn

Zu Saisonbeginn war der jüngste Studienteilnehmer 16,6 und der Älteste 34,5 Jahre alt. Der Altersmedian im Beobachtungszeitraum lag bei 26,1 Jahren (25. Perzentile: 21,8 a; 75. Perzentile: 28,8 a). Die positionsspezifischen Unterschiede der Altersmediane waren hochsignifikant ($p < 0,001$) (Tabelle 2).

Körpergröße und -gewicht der Athleten

Die Studienteilnehmer waren im Schnitt $195,43 \pm 8,37$ cm groß und der Median des Gewichts lag bei 90 kg (25. Perzentile: 85 kg; 75. Perzentile 102 kg). Die positionsspezifischen Unterschiede der Altersmediane waren hochsignifikant ($p < 0,001$) (Tabelle 2).

Pflichtspiele der Athleten

Der Median der gespielten Pflichtspiele eines Studienteilnehmers pro Spielzeit lag bei 19 Spielen (25. Perzentile: 4; 75. Perzentile: 33). Signifikante Unterschiede in Anbetracht des Alters ($r = 0,387^{**}$, $p < 0,001$) und des Gewichts ($r = 0,233^{*}$; $p = 0,023$) lagen vor (Tabelle 2).

Tabelle 2: Mediane des Alters zu Saisonbeginn, der Größe, des Gewichts und der Pflichtspieleinsätze der Athleten

Position	Alter (a)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	gespielte Pflichtspiele (Anzahl)
Alle (n=95)	26,13	196,0	90,0	19,0
G (n=47)	25,99	188,0	85,0	16,0
SF (n=14)	29,02	197,0	96,0	23,5
PF (n=23)	22,92	203,0	102,0	18,0
C (n=11)	26,83	206,0	110,0	33,0

3.1.1 Mediane der Leistungsdiagnostik

Tabelle 3: Ergebnisse der Leistungsdiagnostik-Tests im Median (Quelle: Latzel, 2017)

Parameter	n	P50
3/4 Court Sprint (s)	105	3,42
T-Test ohne Ampel (s)	105	6,15
T-Test mit Ampel (s)	38	5,88
Standing Reach (cm)	105	269,80
No-Step Vertical Jump (cm)	105	327,66
Max-Vertical Jump (cm)	105	337,82
Sprunghöhe aus dem Stand (cm)	105	48,00
Sprunghöhe aus dem Anlauf (cm)	105	65,77
Wiederholungen Bench Press (Anzahl)	110	11
One-Repetition Maximum (kg)	110	111,29
Laufleistung YoYo-Test (m)	100	1720
VO ₂ max (ml/min/kg)	100	50,85

3.1.2 Korrelationsanalyse der anthropometrischen Daten mit den Leistungsdaten

Insbesondere waren große und schwere Athleten im T-Test ohne Ampel langsamer, im Standing Reach, No-Step Vertical Jump, Maximum Vertical Jump, Wiederholungen im Bench Press und One-Repetition-Maximum im Bench Press jedoch besser. Die Laufleistung im Yoyo-Test und der VO₂ max im Yoyo-Test waren bei schwereren Athleten schlechter (Tabelle 4).

3.2 Verletzungsspezifische Eckdaten des verletzten Athleten

Alter des Athleten zum Zeitpunkt der Verletzung

Der Altersmedian der Studienteilnehmer zum Zeitpunkt der Verletzung lag bei 26,6 Jahren (25. Perzentile: 25,1 a; 75. Perzentile: 29,4 a). Im Verlauf der Spielzeiten traten keine signifikanten Schwankungen des Altersmedians bei Verletzung auf ($p = 0,264$; $n = 117$).

Im Gegensatz dazu zeigten die Altersmediane zum Zeitpunkt der Verletzung, hinsichtlich der Positionen verteilt, deutlichere Schwankungen, welche sich dementsprechend im Gruppenvergleich als hochsignifikant erwiesen ($p < 0,001^{**}$; $n = 117$). So lagen die Altersmediane der SF (Median: 29,6a) und C (Median: 29,0 a) über, der PF (Median: 23,5 a) unter und der G (Median: 26,6 a) nahe dem Altersmedian aller Athleten zum Zeitpunkt der Verletzung (Abbildung 5). Anschließend durchgeführte Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni-Tests) zeigen, dass sich lediglich die Gruppen SF und C nicht signifikant unterschieden.

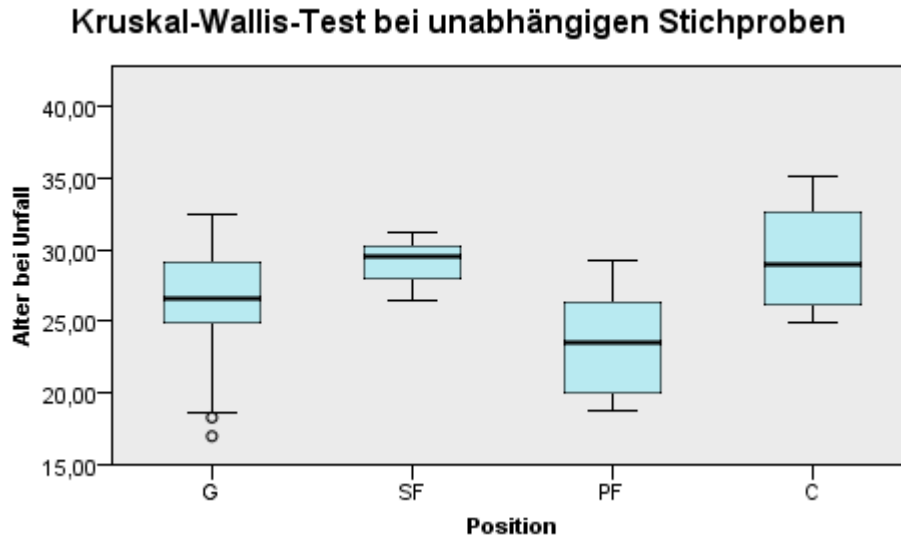


Abbildung 5: Verletzungsalter der verschiedenen Spielpositionen

Zudem bestand ein gering positiver Zusammenhang zwischen einem zunehmenden Alter bei Eintreten der Verletzungen und einer höheren Anzahl an gespielten Pflichtspielen ($r_s = 0,269^{**}$, $p = 0,003$, $n = 117$).

Uhrzeit zum Zeitpunkt der Verletzung

Der Zeitpunkt, zu dem sich die Studienteilnehmer verletzt haben, lag im Median bei 18:30 Uhr (25. Perzentile: 17:30 Uhr; 75. Perzentile: 19:55 Uhr).

Gearbeitete Zeit bis zum Eintreten der Verletzung

Die erfassten Zeitspannen von Beginn der Arbeit bis zum Erleiden der Verletzung ergaben den Median 1,83 Stunden (25. Perzentile: 1,3 h; 75. Perzentile: 2,5 h).

Verletzungsbedingte Ausfallzeit

Der Gruppenmedian lag bei 4-7 Tagen Ausfallzeit (25. Perzentile: 1-3 Tage; 75. Perzentile: über 7 Tage bis 21 Tage) (Abbildung 6).

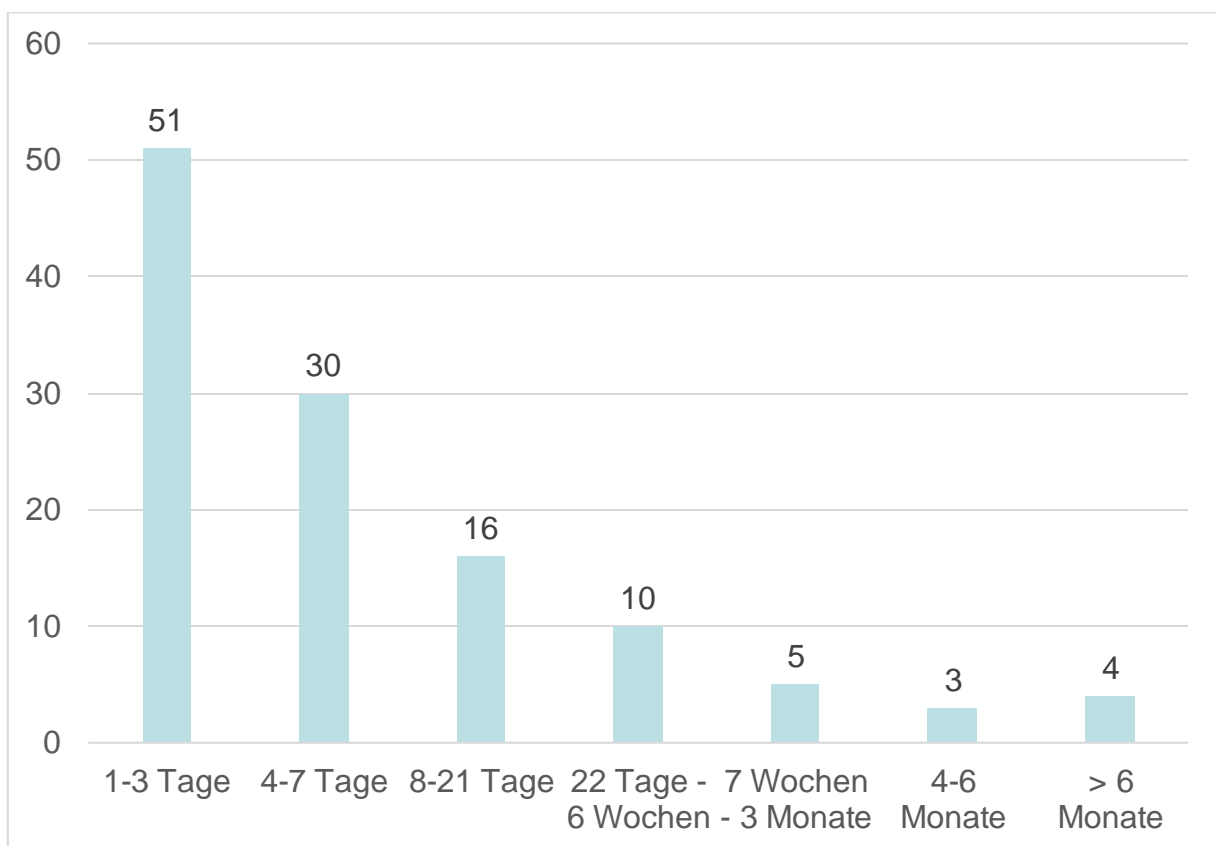


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der verletzungsbedingten Ausfallzeiten (n)

Im Gruppenvergleich der Ausfallzeiten in Zusammenhang mit den gespielten Pflichtspielen konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p = 0,011^*$; $n =$

119). So konnten Athleten mit langandauernden, verletzungsbedingten Ausfallzeiten an signifikant weniger Pflichtspielen teilnehmen. In der Post-Hoc-Analyse nach Bonferroni konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

3.2.1 Korrelationsanalyse der Leistungsdaten mit den verletzungsspezifischen Eckdaten des verletzten Athleten

In der Korrelationsanalyse der Daten des Athleten zum Verletzungszeitpunkt mit seinen Leistungsdaten korrelierte ein höheres Alter zum Verletzungszeitpunkt gering positiv mit einer langsameren Zeit im T-Test ohne Ampel. Zudem zeigte sich eine geringe Korrelation zwischen einem höheren Verletzungsalter sowie einer höheren Anzahl an Wiederholungen im Bankdrücken bzw. eine mittlere Korrelation bezüglich eines höheren Maximalwertes bei einer Wiederholung. Ein hochsignifikanter Zusammenhang mit geringer Effektstärke bestand zwischen einem höheren Verletzungsalter und einem schlechteren Ergebnis beim Yoyo-Test. Des Weiteren ergab sich ein signifikanter, geringer Zusammenhang zwischen einer langsameren Zeit beim T-Test ohne Ampel und einem späteren Verletzungszeitpunkt nach Beginn der Spieltätigkeit. Ein signifikanter, schwacher Zusammenhang bestand zwischen einem schlechteren Ergebnis im Yoyo-Test und einem späteren Verletzungszeitpunkt nach Beginn der Spieltätigkeit (Tabelle 4).

Tabelle 4: Spearman-Korrelationen der Größe und des Gewichts der Athleten sowie der verletzungsspezifischen Eckdaten mit den Daten der Leistungsdiagnostik

Parameter	3/4 Court Sprint	T-Test ohne Ampel	T-Test mit Ampel	Standing Reach	No-Step Vertical Jump	Max- Vertical Jump	Sprung- höhe Stand	Sprung- höhe Anlauf	Wieder- holungen Bench Press	One- Repetition max	Laufleis- tung YoYo- Test	VO ₂ max
Größe	r	0,080	0,362**	0,301	0,754**	0,790**	0,648**	0,006	-0,224	0,373**	0,341*	-0,129
	p	0,572	0,008	0,197	0,000	0,000	0,000	0,968	0,111	0,005	0,011	0,368
	n	52	52	20	52	52	52	52	52	55	55	51
Gewicht	r	0,039	0,283*	0,266	0,605**	0,715**	0,582**	0,009	-0,133	0,563**	0,574**	-0,289
	p	0,785	0,042	0,257	0,000	0,000	0,000	0,950	0,348	0,000	0,000	0,039
	n	52	52	20	52	52	52	52	52	55	55	51
Alter bei Verletzung	r	0,052	0,358**	-0,082	0,009	0,079	-0,029	-0,008	-0,068	0,454**	0,623**	-0,472
	p	0,648	0,001	0,679	0,938	0,492	0,801	0,947	0,557	0,000	0,000	0,000
	n	78	78	28	78	78	78	78	78	83	83	74
gearbeitete Zeit bis Verletzung	r	0,193	0,366**	-0,369	0,159	0,086	0,040	-0,057	-0,129	0,099	0,238	-0,261
	p	0,126	0,003	0,076	0,209	0,497	0,752	0,652	0,310	0,424	0,053	0,043
	n	64	64	24	64	64	64	64	64	67	67	61
Ausfallzeit	r	0,037	-0,087	-0,141	0,041	0,055	0,031	0,093	0,050	0,051	0,169	-0,152
	p	0,748	0,445	0,456	0,718	0,626	0,785	0,412	0,657	0,642	0,122	0,189
	n	80	80	30	80	80	80	80	80	85	85	76

3.3 Verletzungsumstände der stattgehabten Verletzung

3.3.1 Häufigkeitsverteilung

Einstellen der Arbeit bzw. Fortsetzen des Spielbetriebs

Bezüglich der Verletzungen, bei denen eine Dokumentation des weiteren Verfahrens nach stattgehabter Verletzung vorlag, ergab sich, dass in 59 Fällen nach Verletzung ein Einstellen des Spielbetriebs notwendig war, wohingegen in 46 Fällen eine Fortsetzung des Spielbetriebs möglich war (Abbildung 7).

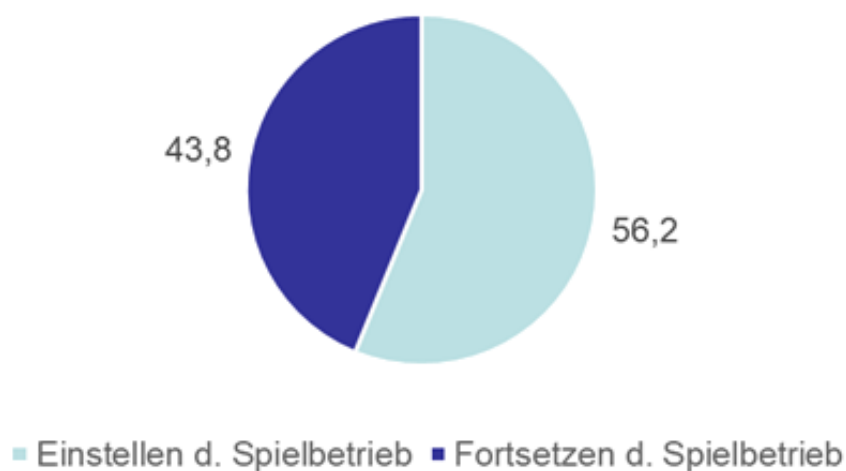


Abbildung 7: Verletzungsbedingtes Einstellen des Spielbetriebs bzw. Fortsetzen des Spielbetriebs (%)

War es dem Athleten nach Zuziehen der Verletzung nicht möglich, den Spielbetrieb fortzusetzen, war die verletzungsbedingte Ausfallzeit hochsignifikant und mit mittlerer Effektstärke länger (Median: 4-7 d) als bei den Fällen, in denen ein Weiterarbeiten möglich war (Median: 1-3 d; $r = 0,338^{**}$; $p < 0,001$; $n = 114$).

Verletzungskontakt (Beteiligung)

In 97 Fällen lag bei den Verletzungen der Verletzungshergang in Bezug auf die Beteiligung anderer Athleten dokumentiert vor. In 67 dieser Fälle lag ein direkter Kontakt, in 17 Fällen ein indirekter Kontakt und in 13 Fällen eine Non-Kontakt-Verletzung vor (Abbildung 8).

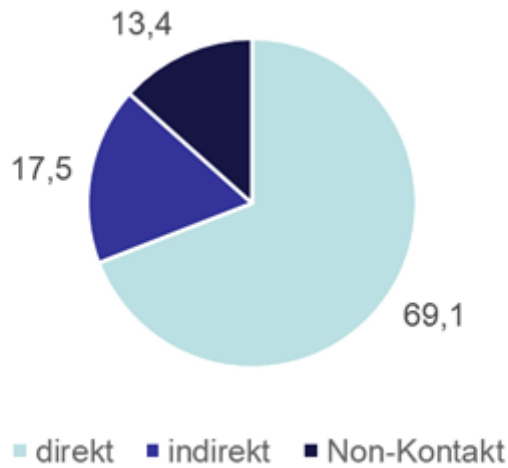


Abbildung 8: Verletzungsbedingter Kontakt bei Verletzungshergang (%)

Wettkampf/Training

Die Mehrzahl der dokumentierten Verletzungen war im Rahmen des Trainings (n = 65). 54 der Verletzungen ereigneten sich im Wettkampf (Abbildung 9).

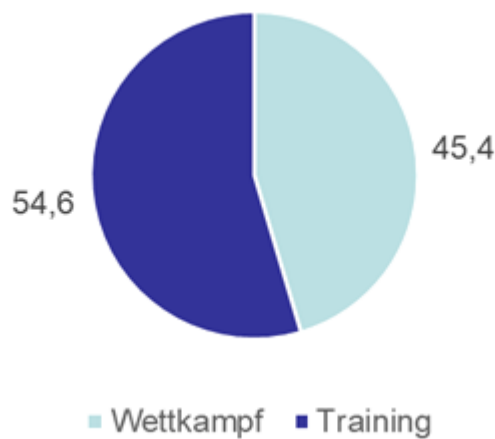


Abbildung 9: Verletzung im Wettkampf bzw. Training (%)

Das Alter zum Zeitpunkt der Verletzung war bei Athleten im Wettkampf signifikant höher als im Training bei geringer Effektstärke ($r = 0,195^*$; $p = 0,038$; $n = 113$). Die gearbeitete Zeit bis zum Eintreten der Verletzung war im Wettkampf hochsignifikant und mit mittlerem Effekt länger als im Training ($r = 0,329^{**}$; $p = 0,001$; $n = 96$).

Verletzungsaktion

Die mit Abstand am häufigsten dokumentierte Verletzungsaktion war „Kollision, Kampf um den Ball oder Schlag“ (42,9% der Fälle) (Abbildung 10).

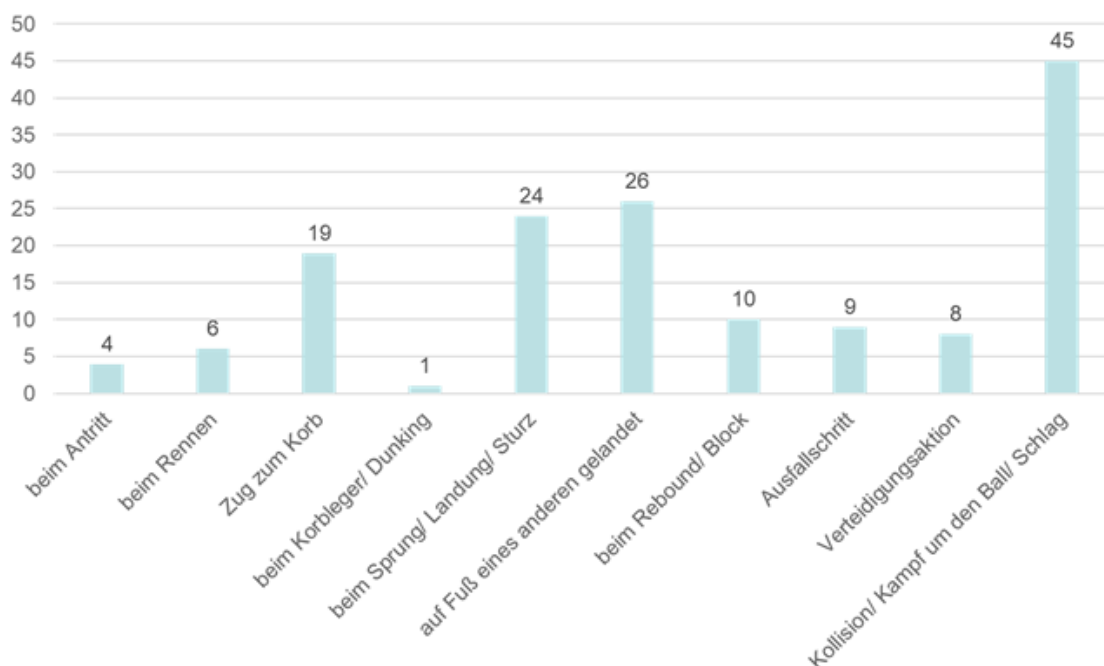


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Verletzungsaktion (n)

3.3.2 Positionsspezifische Verteilung der Verletzungsaktion

In der Korrelationsanalyse bezüglich Front- und Back-Court zeigte sich, dass Back-Court-Athleten sich signifikant häufiger beim „Zug zum Korb“ verletzten ($\chi^2 (1) = 4,435$; $p = 0,035^*$; $n = 131$), wohingegen Front-Court-Athleten sich Verletzungen signifikant häufiger beim „Rebound oder Block“ zuzogen ($\chi^2 (1) = 4,913$; $p = 0,027^*$; $n = 131$).

Athleten, welche sich beim Zug zum Korb verletzt hatten, waren signifikant leichter ($r = 0,223^*$; $p = 0,011$; $n = 131$), wohingegen Athleten mit Verletzungen beim Rebound oder Block signifikant größer ($r = 0,195^*$; $p = 0,026$; $n = 131$) und schwerer ($r = 0,215^*$; $p = 0,014$; $n = 131$) waren.

Der Verletzungsmechanismus „auf Fuß eines Anderen gelandet“ korrelierte signifikant mit mehr Pflichtspielen pro Spielzeit (Median_{auf Fuß eines Anderen gelandet}: 33; Median_{nicht auf Fuß eines Anderen gelandet}: 28; $r = 0,194^*$; $p = 0,027$; $n = 131$).

3.3.3 Korrelationsanalyse der Leistungsdaten mit den Verletzungsumständen

In der Korrelationsanalyse der Verletzungsumstände und der Leistungsdaten aus den Leistungsdiagnostiktestungen zeigte sich eine signifikante Beziehung mit schwachem Effekt zwischen dem Umstand, dass sich eine Verletzung im Pflichtspiel zugetragen hat, und einem langsameren Ergebnis im T-Test ohne Ampel ($r = 0,279^*$; $p = 0,013$; $n = 80$) (Tabelle 5 und Tabelle 6).

In der Korrelationsanalyse zwischen der Verletzungsaktion sowie den Leistungsdaten des verletzten Athleten zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang mit schwacher Effektstärke zwischen dem Auftreten einer Verletzung beim Rennen und einem langsameren Ergebnis im $\frac{3}{4}$ -Court Sprint (Median $_{\text{Rennen}}$: 3,69 s; Median $_{\text{nicht Rennen}}$: 3,41 s; $r = 0,226^*$; $p = 0,043$; $n = 80$).

Das Auftreten einer Verletzung während einer Kollision zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit schwachem Effekt zu einer höheren Wiederholungszahl im Bench Press (Median $_{\text{Kollision}}$: 12; Median $_{\text{keine Kollision}}$: 10; $r = 0,218^*$; $p = 0,045$; $n = 84$). Zudem korrelierte eine höhere Wiederholungszahl im Bench Press hochsignifikant mit Verletzungen beim Rebound oder Block (Median $_{\text{Rebound/Block}}$: 15; Median $_{\text{nicht Rebound/Block}}$: 10; $r = 0,296^{**}$; $p = 0,007$; $n = 84$). Außerdem zeigte sich ein höherer maximaler Wert im Bench Press signifikant mit schwachem Effekt (Median $_{\text{Rebound/Block}}$: 109,34 kg; Median $_{\text{nicht Rebound/Block}}$: 101,16 kg; $r = 0,228^*$; $p = 0,037$; $n = 84$) mit dem vermehrten Auftreten von Verletzungen während des Rebounds oder Blocks verbunden.

Tabelle 5: Mediane und Mittelwertvergleiche der Verletzungsumstände mit den Daten der Leistungsdiagnostik (Abschnitt 1)

Abschnitt 1	3/4 Court Sprint (s)		T-Test ohne Ampel (s)		T-Test mit Ampel (s)		Standing Reach (cm)		No-Step Vertical Jump (cm)		Max-Vertical Jump (cm)	
	n	P50	n	P50	n	P50	n	P50	n	P50	n	P50
Parameter	n	P50	p	n	P50	r / p	n	P50	p	n	P50	p
Einstellen der Arbeit oder Weiterarbeiten möglich	37	3,41		37	6,10	$r = 0,299$	12	5,85		37	269,60	
							13	5,89	0,140	32	270,26	0,759
	32	3,33	0,962	32	6,43	$p = 0,057$	32	327,97	0,252	32	338,46	0,660
Non-Kontakt	8	3,51		8	5,96		3	5,45		8	277,82	
direkter Kontakt	43	3,30	0,106	43	6,13	$p = 0,397$	18	5,86	0,159	43	269,60	0,587
indirekter Kontakt	11	3,36		11	6,43		3	5,85		11	265,84	
Wettkampf	43	3,36		43	6,42	$r = 0,279^*$	12	5,88		43	268,47	
Training	37	3,42	0,487	37	5,96	$p = 0,013$	17	5,89	0,578	37	270,51	0,710
							37	328,93	0,549	37	339,09	0,271

Tabelle 6: Mediane und Mittelwertvergleiche der Verletzungsumstände mit den Daten der Leistungsdiagnostik (Abschnitt 2)

Abschnitt 2	Sprung- höhe aus dem Stand (cm)			Sprung- höhe aus dem Anlauf (cm)			Bench Press (Anzahl)			One- Repe- tition max (kg)			YoYo- Test (m)			VO ₂ max (ml/ min/ kg)		
	n	P50	p	n	P50	p	n	P50	p	n	P50	p	n	P50	p	n	P50	p
Einstellen der Arbeit oder Weiterarbeiten möglich	37	47,30		37	62,02		38	11		38	113,21		34	1660		34	50,34	
	32	51,39	0,383	32	67,82	0,990	35	12	0,899	35	111,29	0,293	31	1840	0,688	31	51,86	0,688
Non-Kontakt direkter Kontakt indirekter Kontakt	8	51,00		8	60,18		9	12		9	115,09		8	1680		8	50,51	
	43	51,50	0,880	43	67,82	0,704	45	12	0,732	45	113,21	0,912	42	1680	0,831	42	50,51	0,831
	11	53,85		11	70,20		11	10		11	111,29		10	1880		10	52,19	
Wettkampf	43	50,10		43	61,66		45	11		45	111,29		40	1620		40	50,01	
Training	37	47,60	0,664	37	65,70	0,367	40	12	0,740	40	115,09	0,698	35	1680	0,290	35	50,51	0,290

3.4 Verletzungshäufigkeit

142 Verletzungen führten in den beobachteten Spielzeiten zum verletzungsbedingten Ausfall von mindestens einem Tag. 27 Spieler haben keine Verletzung erlitten, die einer ärztlichen Vorstellung bedurfte oder eine erfasste Ausfallzeit zur Folge hatte.

Der Median der Anzahl an Verletzungen eines Studienteilnehmers pro Spielzeit lag im Verlauf des Beobachtungszeitraums bei 2,0 Verletzungen pro Spielzeit (25. Perzentile: 1,0; 75. Perzentile: 3,0).

3.4.1 Korrelationsanalyse der Verletzungshäufigkeit mit der Anthropometrie sowie den verletzungsspezifischen Eckdaten des Athleten

Eine hohe Anzahl an Pflichtspieleinsätzen korrelierte mit einer hochsignifikant höheren Verletzungshäufigkeit. Die Studienteilnehmer, die laut Spielerakte im Verhältnis zum Kollektiv überdurchschnittlich groß und schwer waren, verletzten sich signifikant häufiger mit geringem Effekt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Spearman-Korrelationen der anthropometrischen sowie verletzungsspezifischen Eckdaten mit der Verletzungshäufigkeit

Spearman-Korrelationen	Verletzungshäufigkeit	
Alter (n=68)	r	0,077
	p	0,532
Größe (n=68)	r	0,279*
	p	0,021
Gewicht (n=68)	r	0,240*
	p	0,049
gespielte Pflichtspiele (n=68)	r	0,461**
	p	< 0,001
Alter bei Unfall (n=117)	r	0,045
	p	0,632
gearbeitete Zeit (n=97)	r	0,098
	p	0,342
Ausfallzeit (n=119)	r	-0,143
	p	0,122

3.4.2 Korrelationsanalyse der Verletzungshäufigkeit mit den Leistungsdaten

In der Korrelation der Verletzungshäufigkeiten mit den Leistungsdaten zeigte sich eine positive Beziehung mit geringer Effektstärke zwischen der Verletzungshäufigkeit und der Zeit, die ein Spieler für den T-Test ohne Ampel benötigte, in dem Sinne, dass Athleten, welche für diesen Agilitätstest mehr Zeit benötigen haben, sich in der Saison häufiger verletzt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Spearman-Korrelationen der Daten der Leistungsdiagnostik-Tests mit der Verletzungshäufigkeit

Spearman-Korrelationen	Verletzungshäufigkeit	
3/4 Court Sprint (n=41)	r	-0,041
	p	0,797
T-Test ohne Ampel (n=41)	r	0,340*
	p	0,029
T-Test mit Ampel (n=17)	r	-0,042
	p	0,872
Standing Reach (n=41)	r	0,256
	p	0,107
No-Step Vertical Jump (n=41)	r	0,286
	p	0,070
Maximum Vertical Jump (n=41)	r	0,229
	p	0,149
Sprunghöhe aus Stand (n=41)	r	-0,123
	p	0,445
Sprunghöhe aus Anlauf (n=41)	r	-0,147
	p	0,360
Wiederholungen Bankdrücken (n=44)	r	0,075
	p	0,629
One-Repetition-Maximum (n=44)	r	0,144
	p	0,352
Laufleistung YoYo-Test (n=40)	r	-0,228
	p	0,157
VO₂max (n=40)	r	-0,228
	p	0,157

3.5 Verletzungslokalisation

3.5.1 Häufigkeitsverteilung

Das im Beobachtungszeitraum am häufigsten verletzte Körperteil war das Sprunggelenk (24,7%), knapp vor dem Knie (21,8%). Insgesamt kamen die Verletzungen der unteren Extremität (n = 102), ausgenommen der Verletzungen der Becken- und Hüftregion, auf fast drei Viertel der stattgehabten Verletzungen (Abbildung 11 und Abbildung 12).

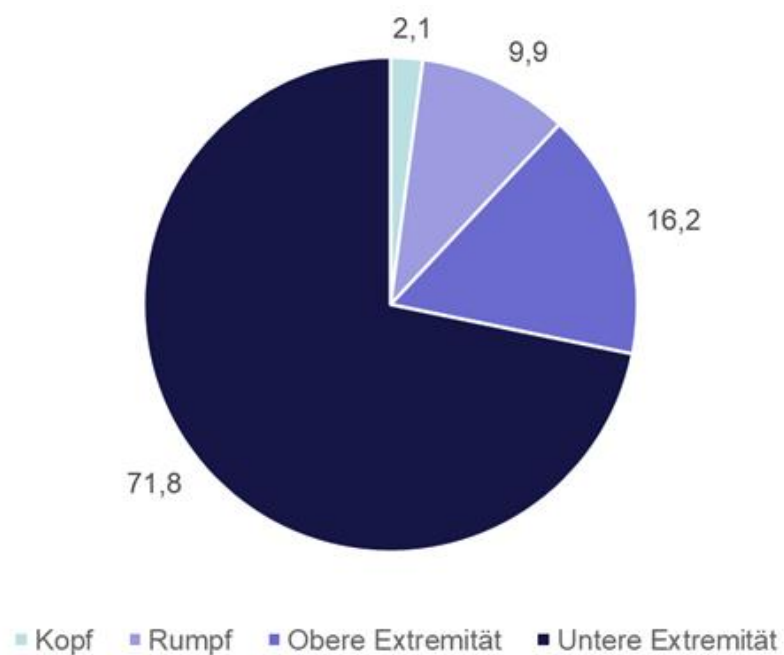


Abbildung 11: Verteilung der verletzten Körperregionen (%)

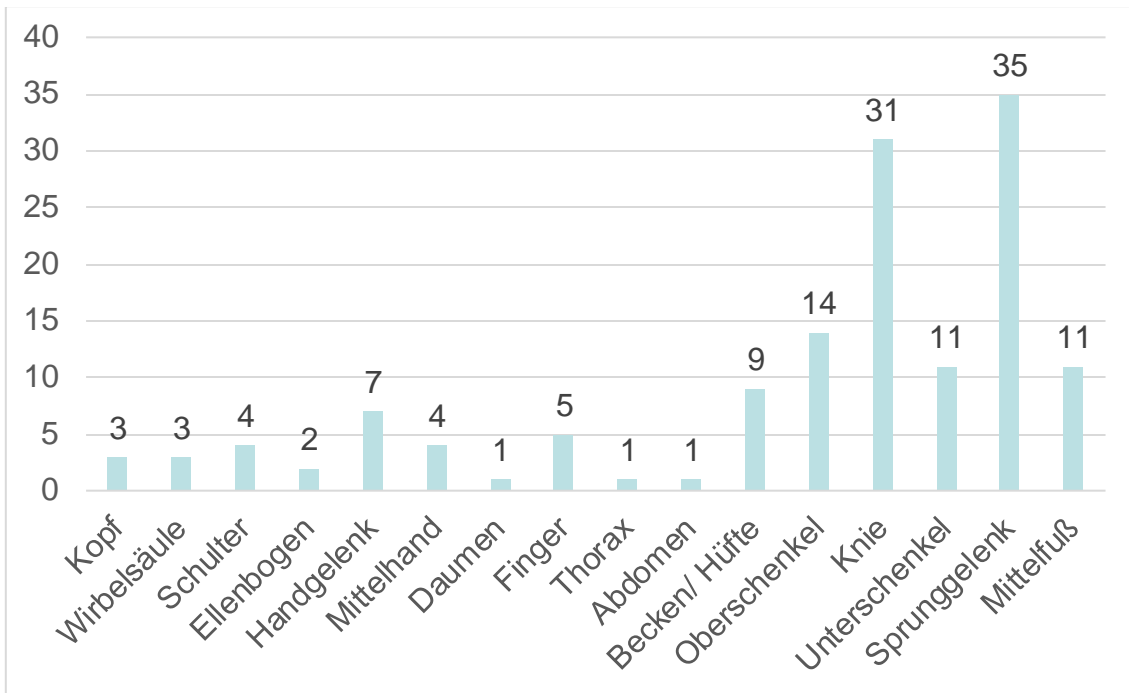


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperteile (n)

Sprunggelenksverletzungen traten in 20 Fällen im Rahmen einer Sprung- und Landeaktion („beim Sprung, Landung oder Sturz“ oder „auf Fuß eines Anderen gelandet“) auf (83,4% der Fälle), bei Knieverletzungen in 6 Fällen (33,4% der Fälle). Knapp über die Hälfte der Verletzungen betrafen die linke Körperhälfte (n = 72) (Abbildung 13).

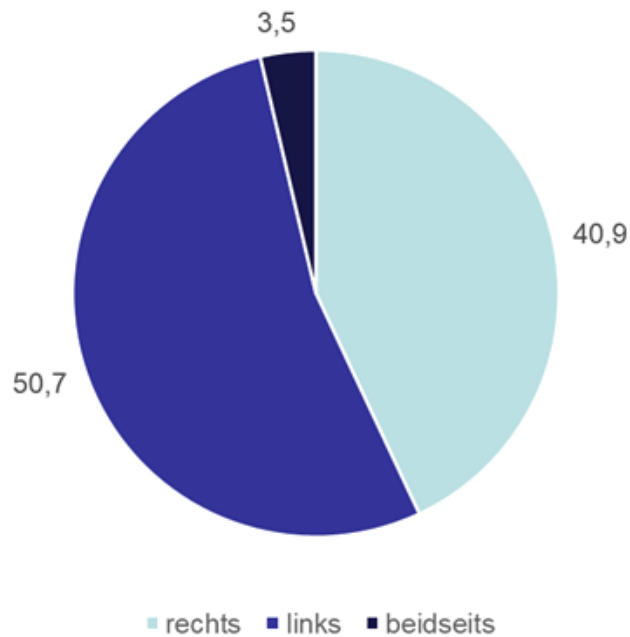


Abbildung 13: Verteilung der verletzten Körperseite (%)

3.5.2 Korrelationsanalyse der anthropometrischen Daten mit der verletzten Körperregion bzw. dem verletzten Körperteil

Körperregion/ Extremität

Spieler mit einer Kopfverletzung kamen in der Saison im Median auf mehr absolvierte Pflichtspiele ($r = 0,181^*$; $p = 0,031$; $n = 142$).

Die Anzahl an gespielten Pflichtspielen in einer Saison bei einer Verletzung der oberen Extremität war hochsignifikant geringer ($r = 0,251^{**}$; $p = 0,003$; $n = 142$).

Körperteile

Die aufgetretenen Fingerverletzungen korrelierten mit einer signifikant geringeren Anzahl an gespielten Pflichtspielen pro Saison (Median _{Fingerverletzung}: 13; Median _{ohne Fingerverletzung}: 30; $r = 0,205^*$; $p = 0,015$; $n = 142$). Nahezu hochsignifikant mit schwacher Effektstärke unterschieden sich die Ausfallzeiten der Vergleichsgruppen mit (Median: 3-6 Wochen) und ohne Fingerverletzung (Median: 4-7 d), im Sinne deutlich höherer Ausfallzeiten bei Athleten mit einer stattgehabten Verletzung der Finger ($r = 0,235^*$; $p = 0,0103$; $n = 119$).

Athleten mit Sprunggelenksverletzungen waren signifikant älter (Median Sprunggelenksverletzung: 27,84 a; Median ohne Sprunggelenksverletzung: 26,52 a; $r = 0,196^*$; $p = 0,034$; $n = 117$) und hatten zum Zeitpunkt des Auftretens der Verletzung signifikant länger gearbeitet (Median Sprunggelenksverletzung: 2,42 h; Median ohne Sprunggelenksverletzung: 1,75 h; $r = 0,233^*$; $p = 0,022$; $n = 97$).

Zudem traten Sprunggelenksverletzungen in der Korrelationsanalyse nach Spielposition im Front- oder Back-Court signifikant häufiger bei Back-Court-Athleten auf ($\chi^2 (1) = 6,083$; $p = 0,014^*$; $n = 142$).

3.5.3 Korrelationsanalyse der Leistungsdaten mit der verletzten Körperregion bzw. dem verletzten Körperteil

Die Leistungen der Athleten in der Testbatterie mit Vorliegen einer Verletzung in einer bestimmten Körperregion, eines bestimmten Körperteils oder ohne Verletzung wurden tabellarisch dargestellt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Mediane der Daten aus den Leistungsdiagnostik-Tests in Bezug auf die verletzte Körperregion bzw. das verletzte Körperteil

Mediane	3/4 Court Sprint (s)	T-Test ohne Ampel (s)	T-Test mit Ampel (s)	Stan- ding Reach (cm)	NoStep Vertical Jump (cm)	Max- Vertical Jump (cm)	Sprung- höhe Stand (cm)	Sprung- höhe Anlauf (cm)	Bench Press (Anzahl)	One- Rep. max (kg)	YoYo- Test (m)	VO ₂ max (ml/ min/kg)
Kopf	3,42	6,47	5,89	279,84	328,93	339,09	44,90	55,06	12	115,09	1560	49,50
Rumpf	3,42	6,39	5,85	265,84	317,50	332,74	45,50	61,44	11	103,25	2080	53,87
Obere Extremität	3,30	6,13	5,86	270,51	328,93	339,09	50,10	67,82	10	103,25	1820	51,69
Untere Extremität	3,39	6,13	5,88	269,60	328,93	339,10	47,75	64,62	12	113,21	1680	50,51
Kopf	3,42	6,47	5,89	279,84	328,93	339,09	44,90	55,06	12	115,09	1560	49,50
Wirbelsäule	3,26	5,55	5,43	266,90	312,75	332,72	45,85	65,82	8	106,12	1960	52,86
Schulter	3,18	6,24	6,40	281,81	327,66	341,00	45,85	59,19	14	117,69	1420	48,33
Ellenbogen	3,53	6,44	6,70	263,73	322,58	337,82	58,85	74,09	10	110,98	2000	53,20
Handgelenk	3,61	6,25	6,70	275,41	321,95	335,28	47,45	57,46	12	97,74	1880	52,19
Mittelhand	3,28	5,95	5,86	270,51	330,20	344,17	59,69	73,66	3	96,89	2480	57,23
Finger	3,30	6,13	5,60	266,70	332,74	346,71	58,07	74,69	6	97,89	1580	49,67
Abdomen	3,77	6,43		265,84	307,34	322,58	41,50	56,74	6	103,25		
Becken/Hüfte	3,46	6,41	6,13	263,92	325,83	336,41	53,45	65,00	12	103,25	2080	53,87
Oberschenkel	3,39	6,16	6,01	269,60	319,41	335,30	48,05	63,68	10	110,32	1500	49,00
Knie	3,50	6,02	5,80	273,98	330,20	340,36	47,60	69,36	13	116,92	1680	50,51
Unterschenkel	3,46	5,96	6,13	282,10	330,00	339,10	47,90	61,94	11	106,29	1880	52,19
Sprunggelenk	3,29	6,38	5,80	268,07	318,14	332,72	48,10	64,62	11	113,21	1560	49,50
Mittelfuß	3,32	6,02	6,32	282,70	328,93	339,09	50,70	59,59	10	103,25	1880	52,19
ohne Verletzung	3,47	6,17	6,45	268,10	321,69	332,74	54,95	69,53	11	112,25	1760	51,18

Körperregion

Im Vergleich der Leistungen der Athleten in der Testbatterie mit Vorliegen einer Verletzung in einer bestimmten Körperregion wiesen Athleten mit Rumpfvorletzung signifikant bessere Leistungen im Yoyo-Test mit schwacher Effektstärke auf ($r = 0,258^*$; $p = 0,015$; $n = 90$). Zudem erbrachten Athleten mit Verletzungen der unteren Extremitäten nahezu signifikant überdurchschnittliche Leistungen im One-Repetition-Maximum-Test ($r = 0,194$; $p = 0,053$; $n = 100$), sowie unterdurchschnittliche Leistungen im Yoyo-Test ($r = 0,205$; $p = 0,051$; $n = 90$).

Körperteil

Bezüglich der Korrelation der Leistungsdaten mit dem Vorliegen einer Verletzung eines bestimmten Körperteils zeigten sich signifikant schlechtere Ergebnisse im $\frac{3}{4}$ -Court Sprint bei Athleten mit Handgelenksverletzungen im Laufe der Spielzeit bei schwacher Effektstärke ($r = 0,252^*$; $p = 0,014$; $n = 95$).

Das Eintreten einer Verletzung der Finger korrelierte signifikant mit schwachem Effekt mit unterdurchschnittlichen Werten im One-Repetition-Maximum-Test ($r = 0,198^*$; $p = 0,048$; $n = 100$).

Becken- und Hüftverletzungen zeigten eine signifikante Beziehung mit schwachem Effekt zu überdurchschnittlichen Ergebnissen im Yoyo-Test ($VO_2 \max$) ($r = 0,253^*$; $p = 0,016$, $n = 90$), wohingegen Athleten mit Oberschenkelverletzungen signifikant schlechtere Ergebnisse aufwiesen ($r = 0,266^*$; $p = 0,012$; $n = 90$).

Athleten mit Knieverletzungen erbrachten hochsignifikant überdurchschnittliche Leistungen im No-Step Vertical Jump mit schwacher Effektstärke ($r = 0,270^{**}$; $p = 0,008$; $n = 95$). Im Maximum Vertical Jump wurde ein hochsignifikantes Niveau knapp nicht erreicht, wobei auch hier eine Korrelation von guten Sprungergebnissen mit dem Vorliegen von Knieverletzungen mit schwachem Effekt aufgezeigt werden konnte ($r = 0,240^*$; $p = 0,019$; $n = 95$).

Bezüglich der Beziehung von Sprunggelenksverletzungen mit unterdurchschnittlichen Leistungsdaten konnte das Signifikanzniveau u.a. im No-Step Vertical Jump knapp nicht erreicht werden ($r = 0,178$; $p = 0,083$; $n = 95$).

3.6 Verletzungsart

In der Häufigkeitsverteilung der aufgetretenen Verletzungsarten übersteigt die Gesamtzahl die Anzahl an Verletzungen, da bei vorliegenden Kombinationen Mehrfachantworten gezählt wurden (Abbildung 14). Distorsionen traten mit 36,2% der Fälle am häufigsten auf. Muskelzerrungen und -faserrisse wurden in 64,3% der Fälle bei Oberschenkelverletzungen diagnostiziert. 80,0% der Frakturen entstanden in Zusammenhang mit einem direkten Kontakt zu einem anderen Spieler.

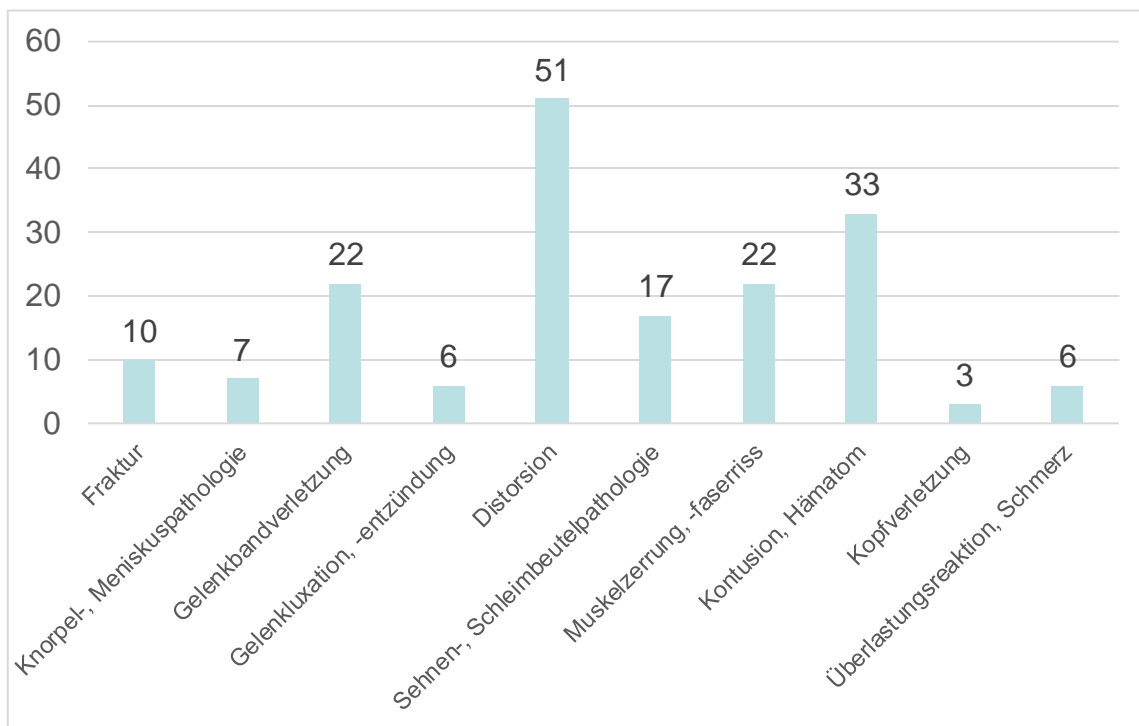


Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung der Verletzungsarten (n)

3.6.1 Korrelationsanalyse der Verletzungsart mit den anthropometrischen Daten

In der Korrelationsanalyse zeigte sich eine signifikante Unterscheidung der Front- und Back-Court-Spieler bezüglich der aufgetretenen Anzahl an Frakturen (Exakter Test nach Fisher: $p = 0,018^*$, $n = 166$) zugunsten einer erhöhten Zahl bei Front-Court-Spielern.

Zusätzlich waren die Athleten, die sich eine Fraktur zugezogen haben, zum Zeitpunkt der Verletzung signifikant jünger (Median_{Fraktur}: 21,6 a; Median_{ohne Fraktur}: 26,7 a; $r = 0,223^*$; $p = 0,016$; $n = 117$) und wiesen eine kürzere Zeit im Spielbetrieb bis zum Eintreten der Verletzung auf (Median_{Fraktur}: 1,2 h; Median_{ohne Fraktur}: 2,0 h; $r = 0,226^*$; $p = 0,026$; $n = 97$).

Die Ausfallzeit war bei Vorliegen einer Fraktur (Median_{Fraktur}: 22 d - 6 Wochen; Median_{ohne Fraktur}: 4 - 7 d; $r = 0,262^{**}$; $p = 0,004$; $n = 119$), Gelenkbandverletzung ($r = 0,341^{**}$; $p < 0,001$; $n = 119$), Gelenkluxation/ -entzündung ($r = 0,198^*$; $p = 0,031$; $n = 119$) und Sehnen-/ Schleimbeutelpathologie ($r = 0,219^*$; $p = 0,017$; $n = 119$) signifikant länger. Dagegen waren bei Kontusionen/ Hämatomen die verletzungsbedingten Ausfallzeiten hochsignifikant kürzer (Median_{Kontusion/Hämatom}: 1 - 3 d; Median_{ohne Kontusion/Hämatom}: 4 - 7 d; $r = 0,275^{**}$; $p = 0,003$; $n = 119$).

3.6.2 Korrelationsanalyse der Verletzungsart mit Daten der Leistungsdiagnostik

Das Auftreten von Frakturen korrelierte hochsignifikant mit annähernd mittlerer Effektstärke mit einer geringeren Anzahl an Wiederholungen im Bench Press (Median_{Fraktur}: 2; Median_{ohne Fraktur}: 11; $r = 0,282^{**}$; $p = 0,003$; $n = 110$) sowie einem geringen One-Repetition-Maximum (Median_{Fraktur}: 92,53 kg; Median_{ohne Fraktur}: 113,21 kg; $r = 0,299^{**}$; $p = 0,002$; $n = 110$).

Dagegen zeigte sich ein schwacher, aber signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Distorsionen und einer höheren Anzahl an Wiederholungen im Bench Press (Median_{Distorsion}: 12; Median_{ohne Distorsion}: 10; $r = 0,191^*$; $p = 0,045$; $n = 110$).

Ein besseres Ergebnis im T-Test mit Ampel zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit mittlerer Effektstärke mit dem Vorliegen einer Gelenkluxation oder -entzündung (Median_{Gelenkluxation/ -entzündung}: 5,60 s; Median_{ohne Gelenkluxation/ -entzündung}: 5,89 s; $r = 0,361^*$; $p = 0,026$; $n = 38$).

Ein weiterer signifikanter Zusammenhang bestand zwischen dem Vorliegen einer Knorpel- oder Meniskuspathologie und einem höheren Wert im Standing Reach ($r = 0,218^*$; $p = 0,026$; $n = 105$). Ebenso korrelierte das Vorliegen einer Knorpel- oder Meniskuspathologie mit einem höheren Wert im No-Step Vertical Jump ($r = 0,209^*$; $p = 0,032$; $n = 105$).

Beinahe das Signifikanzniveau erreichte die Beziehung zwischen dem Vorliegen einer Sehnen- oder Schleimbeutelpathologie und einer höheren Differenz zwischen No-Step Vertical Jump und Standing Reach (Sprunghöhe aus dem Stand) ($r = 0,186$; $p = 0,056$; $n = 105$) (Tabelle 10 und Tabelle 11).

Tabelle 10: Mittelwertvergleiche der Daten der Leistungsdiagnostik in Bezug zur Verletzungsart (Abschnitt 1)

Abschnitt 1	3/4 Court Sprint		T-Test ohne Ampel		T-Test mit Ampel		Standing Reach		No-Step Vertical Jump		Max-Vertical Jump	
	n	p	n	p	n	r/p	n	r/p	n	r/p	n	p
Fraktur	105	p = 0,751	105	p = 0,972	38	p = 0,891	105	p = 0,059	105	p = 0,100	105	p = 0,100
Knorpel-, Meniskuspathologie	105	p = 0,624	105	p = 0,643	38		105	r = 0,218* p = 0,026	105	r = 0,209* p = 0,032	105	p = 0,084
Gelenkbandverletzung	105	p = 0,211	105	p = 0,526	38	p = 0,175	105	p = 0,735	105	p = 0,391	105	p = 0,282
Gelenkluxation, -entzündung	105	p = 0,244	105	p = 0,294	38	r = 0,361* p = 0,026	105	p = 0,341	105	p = 0,810	105	p = 0,583
Distorsion	105	p = 0,207	105	p = 0,162	38	p = 0,527	105	p = 0,084	105	p = 0,322	105	p = 0,254
Sehnen- oder Schleimbeutelpathologie	105	p = 0,739	105	p = 0,265	38	p = 0,319	105	p = 0,289	105	p = 0,350	105	p = 0,245
Muskelzerrung/-faserriss	105	p = 0,187	105	p = 0,128	38	p = 0,872	105	p = 0,773	105	p = 0,158	105	p = 0,302
Kontusion, Hämatom	105	p = 0,861	105	p = 0,479	38	p = 0,857	105	p = 0,535	105	p = 0,825	105	p = 0,901
Kopfverletzung (Platzwunde, Commotio...)	105	p = 0,870	105	p = 0,277	38	p = 0,927	105	p = 0,326	105	p = 0,435	105	p = 0,610
Überlastungsreaktion	105	p = 0,596	105	p = 0,617	38	p = 0,201	105	p = 0,403	105	p = 0,512	105	p = 0,488

Tabelle 11: Mittelwertvergleiche der Daten der Leistungsdiagnostik in Bezug zur Verletzungsart (Abschnitt 2)

Abschnitt 2	Sprunghöhe Stand		Sprunghöhe Anlauf		Bench Press (Anzahl)		One-Repetition max		YoYo-Test		VO ₂ max	
	n	p	n	p	n	r/p	n	r/p	n	p	n	p
Parameter												
Fraktur	105	p = 0,793	105	p = 0,407	110	r = 0,282** p = 0,003	110	r = 0,299** p = 0,002	100	p = 0,127	100	p = 0,127
Knorpel-, Meniskuspathologie	105	p = 1,000	105	p = 0,885	110	p = 0,989	110	p = 0,761	100	p = 0,476	100	p = 0,476
Gelenkbandverletzung	105	p = 0,347	105	p = 0,309	110	p = 0,321	110	p = 0,126	100	p = 0,992	100	p = 0,992
Gelenkluxation, -entzündung	105	p = 0,371	105	p = 0,108	110	p = 0,097	110	p = 0,224	100	p = 0,678	100	p = 0,678
Distorsion	105	p = 0,986	105	p = 0,962	110	r = 0,191* p = 0,045	110	p = 0,084	100	p = 0,676	100	p = 0,676
Sehnen- oder Schleimbeutelpathologie	105	p = 0,056	105	p = 0,110	110	p = 0,289	110	p = 0,165	100	p = 0,645	100	p = 0,645
Muskelzerrung/-faserriss	105	p = 0,214	105	p = 0,343	110	p = 0,106	110	p = 0,419	100	p = 0,708	100	p = 0,708
Kontusion, Hämatom	105	p = 0,904	105	p = 0,508	110	p = 0,940	110	p = 0,387	100	p = 0,670	100	p = 0,670
Kopfverletzung (Platzwunde, Commotio...)	105	p = 0,507	105	p = 0,413	110	p = 0,472	110	p = 0,978	100	p = 0,257	100	p = 0,257
Überlastungsreaktion	105	p = 0,637	105	p = 0,610	110	p = 0,060	110	p = 0,556	100	p = 0,708	100	p = 0,708

3.7 Supinationstrauma

In 23 Fällen wurde ein Supinationstrauma dokumentiert. In 95,7% der Fälle war das Sprunggelenk und in 4,3% der Fälle der Mittelfuß betroffen. In drei Viertel der Fälle war ein Einstellen des Spielbetriebs notwendig (n = 15). Knapp über die Hälfte der Supinationstraumata ereigneten sich im Wettkampf (n = 13; 56,5%). In einer deutlichen Mehrzahl der Fälle handelte es sich um Distorsionen (n = 22; 95,7%). Führende Verletzungsaktion war „auf Fuß eines Anderen gelandet“ (n = 16; 76,2%) vor „Zug zum Korb“ (n = 5; 23,8%).

Athleten mit Supinationstrauma waren beinahe signifikant älter als die Vergleichsgruppe (r = 0,188; p = 0,052; n = 107). Supinationstraumata traten signifikant später nach Beginn des Spielbetriebs auf (Median_{Supinationstrauma}: 2,4 h; Median_{ohne Supinationstrauma}: 1,8 h; r = 0,213*; p = 0,040; n = 93).

Das Auftreten eines Supinationstraumas ergab zudem einen signifikanten Zusammenhang mit mittlerer Effektstärke zu einem besseren Ergebnis im ¼-Court Sprint (Median_{Supinationstrauma}: 3,27 s; Median_{ohne Supinationstrauma}: 3,42 s; r = 0,286*; p = 0,011; n = 80) (Abbildung 15).

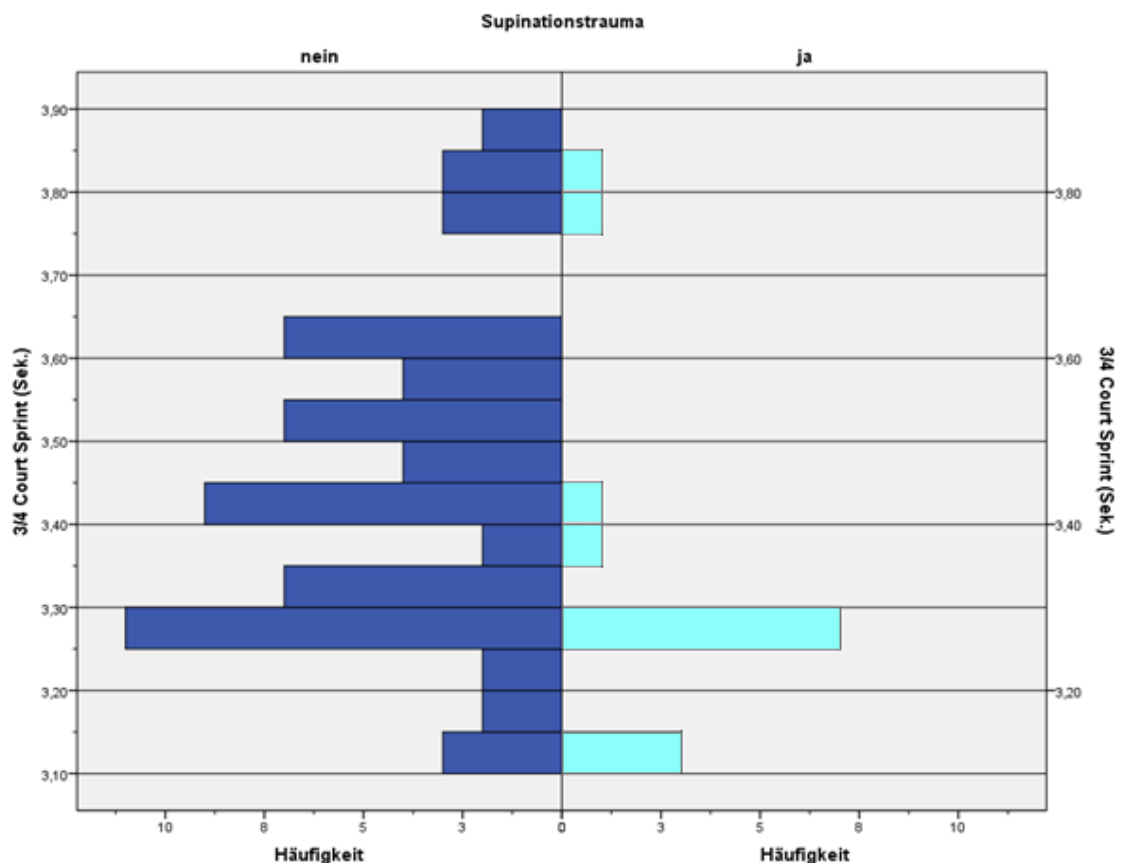


Abbildung 15: Häufigkeiten der Supinationstraumata in Anbetracht der Zeit im ¼-Court Sprint

4. Diskussion

Die Zielsetzung dieser Studie war es zu klären, ob ein in der Saisonvorbereitung durchgeführter, modifizierter NBA Combine Test ein geeignetes, prädiktives Werkzeug darstellt, ein Auftreten bestimmter Verletzungen vorherzusagen und ein zukünftig erhöhtes Verletzungsrisiko zu reduzieren. Mit dieser Fragestellung wurden Korrelationsanalysen mit den Leistungsdaten der Athleten sowie deren aufgetretenen Verletzungen durchgeführt.

4.1 Vergleich mit bestehender Literatur

Eindeutig vergleichbare Forschungsarbeiten mit dieser Testbatterie gab es in der Literatur bis dato lediglich von McGill et al., der jedoch nur einen Teil des NBA Combine Tests in einer ansonsten wesentlich umfangreicheren Testbatterie verwendete (McGill et al., 2012). Zusätzlich lag das Hauptaugenmerk der Studie auf der Wettkampf-Performance der Athleten in den Spiel-Statistiken (Pflichtspieleinsätze, Spielminuten pro Spiel, Punkte, Assists, Rebounds, Blocks und Steals), da lediglich nur fünf nach Studiendesign relevante Verletzungen erfasst wurden. In anderen Sportarten wurden die jeweiligen Combine Tests ebenfalls lediglich bezüglich ihrer Aussagekraft auf spielerisches Potential oder die Draftposition überprüft (Burr et al., 2008; Kuzmits & Adams, 2008; McGee & Burkett, 2003; Peyer et al., 2011). Lediglich Myer et al. untersuchten mit Hilfe einer modifizierten Variante des NFL Combine Tests die Leistungsunterschiede nach ACL-Rekonstruktion und fanden hierbei signifikante Defizite des operierten Beines (Myer et al., 2011). In der Literatur wurden diverse nicht-basketballspezifische Testbatterien vorbeschrieben und deren Aussagekraft als Screeningmaßnahmen sowie zur validierten Verletzungsprävention kontrovers diskutiert (Bird & Markwick, 2016).

Eine weitere Einschränkung bezüglich der Vergleichbarkeit der vorliegenden Publikationen mit dieser Studie, sowie möglicherweise ein Grund für die inkonsistenten Ergebnisse sind die erheblich abweichenden Grundvoraussetzungen und Definitionen, abgesehen von den unterschiedlichen Testbatterien, mit denen gearbeitet wurde. So waren zum einen bei einer Vielzahl der Publikationen nicht nur die Testbatterien nicht-basketballspezifisch, sondern auch die Population der Studienteilnehmer inhomogen gewählt. Beispielsweise wurde in den Studien eine gemischt-geschlechtliche Population diverser Sportarten gewählt (Brumitt et al., 2013; Lai et al., 2017). Zusammenfassend

konzentrierten sich die meisten Forschungsarbeiten auf junge Athleten, zumeist aus dem College oder Universitäten (Benenson et al., 2015; Brumitt, Nelson, et al., 2018; Brumitt, Wilson, et al., 2018; Butler et al., 2013; B. Dorrel et al., 2018; C. A. Smith et al., 2015; Warren et al., 2015; Wiese et al., 2014; Wright et al., 2017). Einige Publikationen befassten sich ausschließlich mit College- bzw. High-School-Athleten/-innen aus den Basketball-Mannschaften, jedoch verwendeten diese differente Testprotokolle (Bond et al., 2019; McGuine et al., 2000; Plisky et al., 2006; Sorenson, 2009). Einzelne Publikationen wählten das Kollektiv der Studienteilnehmer sogar ausschließlich aus männlichen Basketballern der High-School und des Colleges (Brumitt et al., 2016; Brumitt, Nelson, et al., 2018; McGill et al., 2012). Aber auch Studien mit noch jüngeren Populationen (ab ca. 11 Jahren) wurden publiziert (Myer et al., 2011; Padua et al., 2015; J. Smith et al., 2017). Wiederum andere Publikationen untersuchten ausschließlich ein weibliches Kollektiv (Landis et al., 2018; Walbright et al., 2017). Nur selten wurden Profisportler als Kollektiv der Probanden gewählt. Als beispielhaft ist hier die Studie von Šiupšinskas et al. mit 169 Profibasketballerinnen zu nennen, welche auch eine rein basketballspezifische Population darstellt (Šiupšinskas et al., 2019). Jedoch wurden in dieser Studie andere Testbatterien wie der FMS, der YBT und das LESS untersucht, wodurch die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen dieser Forschungsarbeit nicht gegeben ist. Bezüglich der gewählten Population zeigte sich jedoch die größte Übereinstimmung mit der retrospektiven Publikation von Azzam et al., in der die Studienteilnehmer ausschließlich aus männlichen Profibasketballern eines einzelnen NBA-Teams über vier Spielzeiten bestanden (Azzam et al., 2015). Anstatt eines NBA Combine Tests absolvierten die Probanden jedoch den FMS, der in dieser Studie nicht als valides, prädiktives Werkzeug für das Auftreten von Verletzungen bewertet wurde.

Des Weiteren wurde die Diskrepanz der verschiedenen Veröffentlichungen durch die inkonsistente Definition von relevanten Verletzungen gesteigert. In zwei Studien wurden relevante Verletzungen als ein muskuloskelettaler Zustand definiert, der mindestens eine Woche verletzungsbedingten Ausfall des Spielbetriebs zur Folge hatte (Azzam et al., 2015; Lai et al., 2017). Ein Teil der Studien von Brumitt et al. schränkten die Definition dahingehend ein, dass nur Non-Kontakt-Verletzungen als relevant erachtet wurden (Brumitt et al., 2013, 2016; Brumitt, Nelson, et al., 2018). Dagegen befassten sich J. Smith et al. in ihrer Veröffentlichung mit akuten Verletzungen der unteren Extremitäten und schlossen somit Überlastungsverletzungen aus (J. Smith et al., 2017). Andere Publikationen konzentrierten sich ausschließlich auf bestimmte Verletzungslokalisationen, sodass lediglich eine geringe Anzahl an relevanten Verletzungen registriert werden konnte (McGill et al., 2012; Padua et al., 2015). Allerdings betrachteten Mokha et al. alle muskuloskelettalen Verletzungen unabhängig vom Verletzungshergang, da sie postulierten, dass nicht alle kontaktbedingten

Verletzungen außerhalb der Einflussnahme des Athleten liegen würden (Mokha et al., 2016). Beispielsweise sollte ein defizitärer Bewegungsablauf teilweise eine kontaktbegünstigende Positionierung oder einen Sturz fördern. Keine der Definitionen stimmte mit der angefertigten Forschungsarbeit vollständig überein, vielmehr wurden die einzelnen, sinnvollen Merkmale zusammengeführt. Dementsprechend wurde eine Betrachtung auch der kontaktbedingten Verletzungen als relevant eingestuft, unter der Voraussetzung und in Kombination, dass ein verletzungsbedingter Ausfall von mindestens 24 Stunden und eine medizinische Vorstellung bzw. Intervention notwendig wurden (Mokha et al., 2016; Plisky et al., 2006; C. A. Smith et al., 2015; Warren et al., 2015).

Doch der wichtigste Faktor, aufgrund dessen diese Publikationen nur bedingt mit dieser Forschungsarbeit in Bezug zu setzen sind, bleibt wie bereits erläutert, die Differenz in den durchgeführten und zu validierenden Testbatterien. Bei den basketballspezifischen Tests zur Detektion defizitärer Bewegungsabläufe bzw. Asymmetrien in Assoziation mit der Verletzungswahrscheinlichkeit zeigte der SEBT positive Resultate, u.a. in einer basketballspezifischen Population (Gribble et al., 2012; Plisky et al., 2006). Hegedus et al. erklärten in ihrem Review den SEBT als den einzigen von ihnen untersuchten Test, welcher mit der Verletzungswahrscheinlichkeit assoziiert war (Hegedus et al., 2015). J. Smith et al. erstellten eine erweiterte Testbatterie, die neben dem SEBT u.a. einen Multi-Stage 20 m-Shuttle-Run-Test zur Erfassung der VO₂-Aufnahme beinhaltet, der somit dem Yoyo-Test in dieser Studie gleich. Jedoch konnten in dem gewählten, basketballspezifischen Kollektiv keine Unterschiede zwischen den verletzten und unverletzten Athleten im Multi-Stage 20 m-Shuttle-run-Test festgestellt werden (J. Smith et al., 2017). Die aktuellen, positiven Resultate in der Studie von Šiupšinskas et al. bezüglich des FMS und des LESS bei Profibasketballerinnen zeigten, dass diese Tests zur Detektion insuffizienter Bewegungsabläufe bzw. Landemechanismen trotz der zuvor uneinheitlichen Studienergebnisse nicht mit letzter Sicherheit verworfen werden können (Šiupšinskas et al., 2019).

Neben der Studie von McGill et al. gab es auch einen anderen Versuch, eine Testbatterie zu entwickeln, in der das basketballspezifische Anforderungsprofil deutlicher zum Tragen kommen würde (McGill et al., 2012). Die Übungen des BMT bildeten einzelne basketballspezifische Bewegungsmuster ab und konnten zusätzlich seitendifferente Ergebnisse aufzeigen, jedoch fehlten Laufübungen zur Beurteilung der Beschleunigung und Ausdauer der Athleten. Zusammengefasst waren weder der neu entwickelte BMT noch der damit verglichene FMS geeignet, um ein erhöhtes Verletzungsrisiko festzustellen (Bond et al., 2019). Die einzige Studie, die sich ausschließlich der Ergebnisse des NBA Combine Tests bediente, beurteilte allerdings die

Leistungsfähigkeit der Athleten bei Zustand nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes im Bezug zur unverletzten Vergleichsgruppe (Mehran et al., 2016).

Insgesamt ließen die uneinheitlichen Studienergebnisse die Sportmediziner und Physiotherapeuten im Ungewissen, welchen dieser funktionellen Leistungstests bzw. welche Kombination dieser Tests für die Identifikation eines erhöhten Verletzungsrisikos bei professionellen Basketballspielern am geeignetsten wäre. Als Folge blieb die Umsetzung hinter den Erwartungen zurück. In welchem Umfang Präventionsmaßnahmen in den Vereinen tatsächlich betrieben werden, untersuchten Wilke et al. in einer Befragung von 366 Cheftrainern aus den professionellen, deutschen Basketballligen. Hier zeigte sich, dass lediglich ein Drittel der Teams systematisch Screeningmaßnahmen zur Validierung des Verletzungspotentials der Athleten durchführten. Beinahe drei Viertel nutzten hierzu den bereits beschriebenen FMS (73,1%), wohingegen Balance- und Krafttests weniger verbreitet waren (38,5%) (Wilke et al., 2018).

4.2 Interpretation der Ergebnisse

Im Beobachtungszeitraum führten 142 Verletzungen zum verletzungsbedingten Ausfall von mindestens einem Tag. Der Median der Anzahl an Verletzungen eines Studienteilnehmers pro Spielzeit lag im Verlauf des Beobachtungszeitraums bei 2,0 Verletzungen pro Spielzeit. Dieses Ergebnis erschien äquivalent zur Inzidenz aus dem VBG-Sportreport 2018 über das Unfallgeschehen der höchsten deutschen Ligen im Teamsport der Männer in der Sparte Basketball (Luig et al., 2018). Ein hochsignifikanter Zusammenhang bestand zwischen einer höheren Anzahl an Verletzungen und mehr Pflichtspieleinsätzen ($r_s = 0,461^{**}$; $p < 0,001$). Zudem zeigten sich bei großen und schweren Athleten signifikant mehr Verletzungen (Körpergröße: $r_s = 0,279^*$; $p = 0,021$ bzw. Körpergewicht: $r_s = 0,240^*$; $p = 0,049$). Da die großgewachsenen Athleten naturgemäß in den Sprungtests signifikant besser abschnitten, passte es ebenfalls dazu, dass die Zusammenhänge zwischen hohen Werten im Standing Reach, No-Step Vertical Jump und Maximum Vertical Jump mit tendenziell mehr Verletzungen im Saisonverlauf das Signifikanzniveau lediglich knapp verfehlt hatten. Auch der Trend, dass schlechtere Ergebnisse im Yoyo-Test mit einem höheren Verletzungsaufkommen vergesellschaftet waren, konnte das Signifikanzniveau nicht ganz erreichen. So ist besonders hervorzuheben, dass Athleten mit schlechteren Leistungen im Agilitätstest T-Test ohne Ampel sich signifikant häufiger verletzten ($r_s = 0,340^*$; $p = 0,029$).

71,8 % der Verletzungen betrafen die unteren Extremitäten, wobei hier bereits Becken- und Hüftverletzungen nicht mehr mit einbezogen wurden. Dieses deutlich erhöhte Verletzungsaufkommen im Bereich der unteren Extremitäten wurde bereits durch einen Großteil der früheren Studien bestätigt (Agel et al., 2007; Deitch et al., 2006; Dick et al., 2007; Drakos et al., 2010; Geus et al., 1985; Mokha et al., 2016). Das Sprunggelenk (24,7%) gefolgt vom Kniegelenk (21,8%) als das am meisten verletzte Körperteil konnte, wie in diversen vorherigen Studien, ebenfalls bestätigt werden (Drakos et al., 2010; Luig et al., 2018; McKay et al., 2001; Raschka et al., 1995; Starkey, 2000; Zech et al., 2014). Lediglich einzelne andere Studien registrierten mehr Knie- als Sprunggelenksverletzungen, wobei die Populationen dieser Veröffentlichungen zumeist weiblich oder jugendlich gewählt waren (Deitch et al., 2006; Owoeye et al., 2012; Šiupšinskis et al., 2019).

In anderen Forschungsarbeiten waren die häufigsten Verletzungsarten die Distorsion, gefolgt von entzündlichen Prozessen oder Zerrungen/ Krämpfen (Deitch et al., 2006; Drakos et al., 2010). Weitestgehend konnte diese Verteilung auch in dieser Forschungsarbeit bestätigt werden.

In knapp über zwei Drittel der diesbezüglich ausreichend dokumentierten Verletzungen lag ein direkter, verletzungsverursachender Kontakt zum Gegenspieler vor (69,1%). Deutlich weniger Verletzungen waren bedingt durch indirekten Kontakt (17,5%) oder keinen Kontakt (13,4%). Die Häufigkeit der Verletzungen durch direkten Kontakt lag erheblich über den veröffentlichten Daten u.a. des VBG-Sportreports (56,2%). Die abfallende Reihenfolge des Verletzungsauslösers (direkter Kontakt/ indirekter Kontakt/ kein Kontakt) bestätigte sich aber in identischer Abfolge (Luig et al., 2018). Insgesamt bestätigte sich hier, wie in diversen weiteren Studien, der direkte Kontakt als häufigster Auslöser für ein Verletzungsgeschehen (Elke Cumps et al., 2007; Junge et al., 2006; Meeuwisse et al., 2003).

Im Beobachtungszeitraum trugen sich geringfügig mehr der dokumentierten Verletzungen im Training (54,6%) als im Wettkampf zu, was durch mehrere Studien bestätigt werden konnte (Deitch et al., 2006; Luig et al., 2018; Zech et al., 2014). Insgesamt ist dieser Sachverhalt jedoch kontrovers beschrieben, sodass weitere Publikationen ein ausgeglichenes Verhältnis präsentierten, und wiederum andere Veröffentlichungen eine Überzahl an Verletzungen im Wettkampf zeigten (Agel et al., 2007; Dick et al., 2007; Drakos et al., 2010; Junge et al., 2006; Pfeifer et al., 1992).

Der Median der verletzungsbedingten Ausfallzeit betrug 4-7 Tage, passend zu dem veröffentlichten Wert aus dem VBG-Sportreport 2018, der durchschnittlich 6,8 Tage Ausfallzeit betrug (Luig et al., 2018). Athleten mit überdurchschnittlich lange

andauernden Verletzungszeiten kamen erwartungsgemäß im Saisonverlauf auf signifikant weniger Pflichtspieleinsätze ($p = 0,011$). Einen zusätzlichen Einfluss auf die verletzungsbedingte Ausfallzeit hatte der Umstand, ob es einem Athleten nach Zuziehen der Verletzung möglich war, den Spielbetrieb fortzusetzen. Falls dies nicht möglich war, war auch die verletzungsbedingte Ausfallzeit länger ($r = 0,338^{**}$; $p < 0,001$).

Verletzungen bei älteren Athleten korrelierten mit schlechteren Ergebnissen im T-Test ohne Ampel ($r_s = 0,358^{**}$; $p = 0,001$) sowie im Yoyo-Test ($r_s = -0,472^{**}$; $p < 0,001$). Dagegen schienen gute Werte beim Bankdrücken und ein erhöhtes Verletzungsalter in Zusammenhang zu stehen ($r_s = 0,454^{**}$; $p < 0,001$). Dementsprechend sind sowohl verminderte Agilität als auch Ausdauer sowie überdurchschnittliche Leistungen bei Maximalkraft und Kraftausdauer als Prädiktor für Verletzungsanfälligkeit bei überdurchschnittlich alten Athleten zu diskutieren. Eine vermehrt risikobehaftete Spielposition, z.B. im Front-Court, könnte hier verletzungsbegünstigend wirken.

Athleten, die sich im weit fortgeschrittenen Spielverlauf verletzten, zeigten schlechtere Ergebnisse im T-Test ohne Ampel ($r_s = 0,366^{**}$; $p = 0,003$) und im Yoyo-Test ($r_s = -0,261^*$; $p = 0,043$). So begünstigten anscheinend Defizite im Hinblick auf Agilität und Ausdauer das Auftreten einer Verletzung nach längerem Spielbetrieb, z.B. durch fortgeschrittene Ermüdung.

Das Verletzungsgeschehen wurde deutlich durch die Spielposition der Athleten beeinflusst. Back-Court-Athleten verletzten sich häufiger beim „Zug zum Korb“ ($p = 0,035$), wohingegen Front-Court-Athleten sich Verletzungen häufiger beim „Rebound oder Block“ zuzogen ($p = 0,027$). Deckungsgleich bestätigte sich dies in Betrachtung des Gewichts und der Größe der Athleten: die Athleten, die sich beim „Zug zum Korb“ verletzten, waren leichter ($r = 0,223^*$; $p = 0,011$) und somit in der Regel auf den kleineren Positionen im Back-Court aufgestellt. Dagegen traten Verletzungen beim „Rebound oder Block“ bei großen und schweren Athleten auf (Körpergröße: $r = 0,195^*$; $p = 0,026$ bzw. Körpergewicht: $r = 0,215^*$; $p = 0,014$), die diese Aktion durch ihre Spielposition in Korbnähe häufiger durchführten. Da die größeren und schwereren Athleten signifikant bessere Ergebnisse in den Maximalkraft- und Kraftausdauer-Tests erbrachten, passte hierzu auch, dass das Auftreten einer Verletzung während des „Rebound oder Block“ mit einer höheren Wiederholungszahl im Bankdrücken ($r = 0,296^{**}$; $p = 0,007$) sowie mit einem höheren Maximalwert im Bankdrücken ($r = 0,228^*$; $p = 0,037$) verknüpft waren. In diesem Sinne zu werten ist auch, dass das gehäufte Auftreten einer Verletzung während einer „Kollision, Kampf um den Ball oder Schlag“ bei Athleten mit signifikant besseren Ergebnissen im Kraftausdauer-Test beim Bankdrücken korrelierte ($r = 0,218^*$; $p = 0,045$). Die Effektstärken dieser Zusammenhänge waren zwar insgesamt zumeist schwach und

die Fallzahl bei „Rebound oder Block“ gering ($n = 7$), jedoch sind die Zusammenhänge der Verletzungsumstände in Anbetracht der Anforderungen an die beschriebenen Spielertypen sinnvoll.

Das Risiko der typischen Verletzungsaktion „auf Fuß eines Anderen gelandet“ stieg mit der Anzahl an Pflichtspieleinsätzen pro Saison ($r = 0,194^*$; $p = 0,027$). Da dieser Verletzungsmechanismus lediglich im geringen Maß vom Athleten beeinflusst werden kann, wirkte es passend, dass eine höhere Anzahl an Gelegenheiten und möglicherweise auch eine durch viele Einsätze bedingte erhöhte Ermüdung vermehrt zu diesem Verletzungsmechanismus führten.

Athleten, die sich Verletzungen beim Rennen zuzogen, waren signifikant schlechter im $\frac{3}{4}$ -Court Sprint ($r = 0,226^*$; $p = 0,043$), der Effekt und die Fallzahl der Verletzungen im Rennen ($n = 4$) waren jedoch gering.

Die Untersuchung der Verletzungslokalisierung zeigte im Rahmen der Forschungsarbeit, dass Athleten mit Kopfverletzungen mehr Pflichtspieleinsätze in der laufenden Saison vorwies ($r = 0,181^*$; $p = 0,031$). Somit schienen Kopfverletzungen keine längeren Ausfallzeiten zu generieren, sondern das Risiko des Auftretens mit der Anzahl an Einsätzen vergesellschaftet zu sein. Dahingegen ließen Verletzungen der oberen Extremitäten nur eine geringere Anzahl an Pflichtspieleinsätzen zu ($r = 0,251^{**}$; $p = 0,003$). Dies betraf insbesondere die Fingerverletzungen ($r = 0,205^*$; $p = 0,015$), welche dementsprechend nahezu längere Ausfallzeiten aufwies ($r = 0,235^*$; $p = 0,010$). Athleten mit Sprunggelenksverletzungen waren im Median zum Zeitpunkt der Verletzung ca. 1,3 Jahre älter als die Vergleichsgruppe ($r = 0,196^*$; $p = 0,034$). Zusätzlich traten Sprunggelenksverletzungen mit 2,42 h nach Beginn des Spielbetriebs signifikant später auf ($r = 0,233^*$; $p = 0,022$). Auch die mit Sprunggelenksverletzungen vergesellschafteten Supinationstraumata traten signifikant später im Spielverlauf auf ($r = 0,213^*$; $p = 0,040$). In der Korrelationsanalyse in Anbetracht der Spielposition zeigte sich zudem, dass Back-Court-Spieler sich signifikant häufiger Sprunggelenksverletzungen zugezogen hatten als Athleten im Front-Court ($p = 0,014$).

Bezüglich der Leistungskorrelationen der Verletzungslokalisierungen zeigten sich tendenziell schlechtere Ergebnisse im Yoyo-Test ($p = 0,051$), dagegen bessere Ergebnisse im One-Repetition-Maximum-Test ($p = 0,053$) bei Athleten mit Verletzungen der unteren Extremitäten, wobei jeweils nur knapp das Signifikanzniveau nicht erreicht werden konnte. In diesem Sinne schienen kräftige Athleten mit Defiziten in Sachen Ausdauer für diese Verletzungen der unteren Extremitäten prädisponiert. Überdurchschnittliche Ergebnisse in der Rubrik Ausdauer (Yoyo-Test) wirkten sich

hingegen protektiv bezüglich des Auftretens von Rumpferletzungen aus ($r = 0,258^*$; $p = 0,015$).

Handgelenksverletzungen korrelierten mit schlechteren Leistungen im Sprint-Test, dem $\frac{3}{4}$ -Court Sprint ($r = 0,252^*$; $p = 0,014$), wohingegen Athleten mit Supinationstraumata signifikant schneller im $\frac{3}{4}$ -Court Sprint waren ($r = 0,286^*$; $p = 0,011$).

Ein unterdurchschnittliches Ergebnis im One-Repetition-Maximum-Test zeigten gehäuft Athleten, die sich Verletzungen der Finger ($r = 0,198^*$; $p = 0,048$) zuzogen. Dagegen konnte die Beziehung von Knieverletzungen und guten Ergebnissen im One-Repetition-Maximum-Test das Signifikanzniveau nicht erreichen ($p = 0,084$).

In den Sprungtests hingegen konnte festgestellt werden, dass aufgetretene Knieverletzungen mit überdurchschnittlichen Ergebnissen verknüpft waren, im No-Step Vertical Jump sogar hochsignifikant bei schwacher Effektstärke ($r = 0,270^{**}$; $p = 0,008$). Im Maximum Vertical Jump wurde ein hochsignifikantes Niveau knapp nicht erreicht, wobei auch hier gute Sprungergebnisse anscheinend Knieverletzungen begünstigten ($r = 0,240^*$; $p = 0,019$). Diese Prädisposition könnte dadurch erklärt werden, dass u.a. aufgrund der erhöhten „Fallhöhe“ eine größere Kraft auf das Kniegelenk der Athleten wirken könnte. Zudem wäre die Wirkung eines Kontakts zu einem anderen Spieler in der Luft nach einem hohen Sprung als gravierender und schwerer auszugleichen einzuschätzen. Demgemäß ereigneten sich sechs der Knieverletzungen bei Sprung- und Landeaktionen. Sprunggelenksverletzungen, welche sogar in 20 Fällen aufgrund einer Sprung- und Landeaktion entstanden sind, zeigten tendenziell schlechtere Ergebnisse im No-Step Vertical Jump ohne jedoch das Signifikanzniveau zu erreichen ($p = 0,083$).

Der Ausdauerstest konnte eine Prädisposition von schwachen Ergebnissen der $VO_2 \max$ im Yoyo-Test zum Auftreten von Oberschenkelverletzungen aufzeigen ($r = 0,266^*$; $p = 0,012$), was sich sinngemäß in einem Auftreten von Muskelzerrungen oder -faserrissen in 64,3% der Fälle mit Oberschenkelverletzung widerspiegelte. Dagegen standen Becken- und Hüftverletzungen signifikant in Relation mit überdurchschnittlichen Ergebnissen im Yoyo-Test ($VO_2 \max$) ($r = 0,253^*$; $p = 0,016$).

In Betrachtung des Einflusses der Spielposition auf die Verletzungsart konnte festgestellt werden, dass Front-Court-Athleten signifikant mehr Frakturen erlitten als die Back-Court-Athleten (Frakturen: $p = 0,018$). Dies deckte sich mit den bereits dargestellten, positionsspezifischen Ergebnissen der Athleten im Front-Court, die auf engem Raum in Korbnähe agieren. Diese müssen sich ständig durch physische Leistung gegen die Kontrahenten durchsetzen, um beispielsweise zum Korb zu gelangen, für den Rebound die beste Position zu erkämpfen oder den Weg für Mitspieler frei zu blocken. Dazu

passte zusätzlich, dass 80% der Frakturen durch direkten Kontakt entstanden sind. Front-Court-Athleten waren demzufolge prädisponiert für das Auftreten von Frakturen im Basketballsport. Des Weiteren waren Athleten, welche sich Frakturen zuzogen, ca. 5,1 Jahre jünger ($r = 0,223^*$; $p = 0,016$) und verletzten sich bereits ca. 1,2 Stunden nach Beginn des Spielbetriebs ($r = 0,226^*$; $p = 0,026$). So ist davon auszugehen, dass Verletzungen dieser Art nicht aufgrund von schnellerer Ermüdung, sondern eher aus höherer Motivation und Risikobereitschaft besonders der jüngeren Spieler resultierten.

Außerdem verursachten die aufgetretenen Frakturen neben Gelenkbandverletzungen, Gelenkluxationen/ -entzündungen und Sehnen-/ Schleimbeutelpathologien die signifikant längeren verletzungsbedingten Ausfallzeiten. Demgegenüber waren bei Kontusionen/Hämatomen die verletzungsbedingten Ausfallzeiten im Median mit 1 bis 3 Tagen hochsignifikant kürzer (Kontusion/Hämatom: $r = 0,275^{**}$; $p = 0,003$).

Die hochsignifikante Beziehung zwischen dem Auftreten einer Fraktur und einer geringeren Anzahl Wiederholungen im Bench Press ($r = 0,282^{**}$; $p = 0,003$) sowie einem geringeren Wert im One-Repetition-Maximum ($r = 0,299^{**}$; $p = 0,002$) widersprach auf den ersten Blick der Schlussfolgerung, dass besonders die physische Spielweise der im Front-Court agierenden Athleten vermehrt zu Frakturen führen würde, da diese in der Regel bessere Ergebnisse in den Krafttests ablieferten. Möglicherweise bestand der Grund darin, dass sich besonders bei Athleten auf den großen Spielpositionen Defizite in der Maximalkraft und Kraftausdauer begünstigend auf das Auftreten von Verletzungen ausgewirkt haben. Beispielsweise in dem Sinne, dass eine schlechtere Positionierung des Athleten gegenüber dem Kontrahenten das Verletzungsrisiko, beim Versuch die Spielaktion erfolgreich durchzuführen, erhöhte.

Andererseits erwies sich, dass das Auftreten von Distorsionen in einem signifikanten Zusammenhang zu einer höheren Anzahl an Wiederholungen im Bench Press standen ($r = 0,191^*$; $p = 0,045$). An dieser Stelle muss jedoch angefügt werden, dass Distorsionen vor allem durch „Landung auf Fuß eines anderen Spielers“ ausgelöst wurden (63,4% der Fälle), sodass anscheinend selbst eine hohe Kraftausdauer keinen protektiven Effekt bezüglich dieses häufigen Verletzungsmechanismus zeigen konnte.

Auch die Korrelation von einer Gelenkluxation oder -entzündung und guten Werten im T-Test mit Ampel ließen keine präventive Wirkung für diese Verletzungsart erkennen ($r = 0,361^*$; $p = 0,026$).

Die aufgetretenen Knorpel- oder Meniskuspathologien waren signifikant mit höheren Werten im Standing Reach ($r = 0,218^*$; $p = 0,026$) sowie im No-Step Vertical Jump ($r = 0,209^*$; $p = 0,032$) vergesellschaftet. Da bessere Ergebnisse in diesen Sprungtests auch

hochsignifikant mit einer höheren Körpergröße und Körpergewicht assoziiert waren, könnte besonders das höhere Gewicht eine vermehrte Belastung des Gelenkknorpels bedingt haben.

4.3 Limitationen

Eine Einschränkung der Forschungsarbeit besteht in der kleinen Studienpopulation, die trotz der selektiven Auswahl von männlichen Profibasketballern noch eine hohe Diversität aufweist. Folgende Studien sollten hier, um noch genauere Ergebnisse gewinnen zu können, die verschiedenen Spielpositionen stärker differenzieren. Des Weiteren erschwerte die spezielle Auswahl der Population die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Populationen, insbesondere da kein allgemein verwendeter Score wie vergleichsweise beim FMS vorliegt. Jedoch würde ein zusammenfassender Zahlenwert die unterschiedlichen Anforderungen, die durch die verschiedenen Übungen abgefragt werden, nicht mehr spezifisch abbilden können. Außerdem konnten in der Datenaquisition nur die Verletzungen, die durch die Teamärzte und die in der Universitätsklinik beschäftigten Kollegen untersucht und behandelt wurden, in notwendigem Umfang erfasst werden. Die Vorverletzungen der Athleten konnten jedoch nicht adäquat ermittelt werden, sodass diesbezüglich eine Beeinflussung der Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden kann. Eine weitere Einschränkung in der Durchführung der Leistungsdiagnostik-Tests war, dass die Aktivitäten bzw. Trainingseinheiten vor und nach der Testbatterie nicht durch die wissenschaftlichen Mitarbeiter beeinflusst werden konnten, sondern ausschließlich vom Trainerstab der Mannschaft bestimmt wurden. Dementsprechend sind in den verschiedenen Jahren unterschiedliche Grundvoraussetzungen, insbesondere bei wechselndem Trainerstab zu erwarten.

4.4 Fazit und Perspektiven

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass mehrere Komponenten des NBA Combine Tests signifikante Korrelationen von erbrachten Leistungsdaten zu bestimmten Verletzungsmerkmalen aufzeigen konnten, jedoch - aufgrund der Einschränkungen - vor allem lediglich geringe bis mittlere Effektstärken erreicht wurden. Somit erscheint eine Anwendung sowie weitere Überprüfung der Testbatterie als Screening-Maßnahme in der Saisonvorbereitung zur Detektion einer erhöhten Verletzungswahrscheinlichkeit als sinnvoll, jedoch mit Möglichkeit der weiterführenden Spezifikation. Zusätzlich könnte eine Kombination mit einer der vorbeschriebenen Testbatterien erwogen werden.

Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung eines Basketballteams wäre es möglicherweise außerdem sinnvoll, weitere Fragestellungen stärker zu differenzieren. Dies betrifft vor allem die ausgeprägten anthropometrischen und positionsspezifischen Einflüsse (Körperbau und Spielstil) auf aufgetretene Verletzungen, die man in der Bewertung der Testergebnisse beachten muss, sich aber auch zunutze machen könnte. Des Weiteren gilt zu bedenken, dass Verletzungsarten unterschiedlich durch die Leistungsfähigkeit von Athleten beeinflusst wurden bzw. sich der Einflussnahme des Athleten weitestgehend entzogen zu haben schienen. In diesem Sinne erscheinen einige Verletzungen durch präventive Maßnahmen nicht oder nur in geringem Maße beeinflussbar.

Als wichtigste Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten sich, dass

- sich Athleten mit schlechteren Leistungen im Agilitätstest T-Test ohne Ampel signifikant häufiger verletzten.
- Defizite in Hinblick auf Agilität (T-Test ohne Ampel) und Ausdauer (Yoyo-Test) Verletzungen im fortgeschrittenen Spielverlauf begünstigten sowie mit einem erhöhten Verletzungsalter assoziiert waren.
- Athleten mit hohen Werten in den Sprungtests zu einem erhöhten Auftreten von Knieverletzungen neigten.
- schlechte Ausdauerleistungen im Yoyo-Test und bessere Ergebnisse im One-Repetition-Maximum-Test für Verletzungen der unteren Extremitäten prädisponierten, jedoch das Signifikanzniveau knapp verpasst wurde.
- unterdurchschnittliche Leistungen im Yoyo-Test vor allem mit Oberschenkelverletzungen vergesellschaftet waren (insbesondere Muskelzerrungen oder -faserrisse).
- der häufige Verletzungsmechanismus „auf Fuß eines Anderen gelandet“, die häufigste Verletzungslokalisierung „Sprunggelenk“ und die häufigste Verletzungsart „Distorsion“ weitestgehend keine protektiven bzw. präventiven Rückschlüsse zuließen. Sprunggelenksverletzungen traten lediglich im späteren Spielverlauf und bei älteren bzw. bei Back-Court-Athleten gehäuft auf.
- Front-Court-Athleten sich Verletzungen signifikant häufiger beim „Rebound oder Block“ zuzogen, wohingegen Back-Court-Athleten sich häufiger beim „Zug zum Korb“ verletzten.
- Front-Court-Athleten signifikant mehr Frakturen erlitten als Back-Court-Athleten. Zudem schienen Defizite der Maximalkraft und Kraftausdauer das Auftreten von Frakturen zu fördern.

- Handgelenksverletzungen mit schlechteren Leistungen im $\frac{3}{4}$ -Court Sprint korrelierten, wohingegen Athleten mit Supinationstraumata signifikant schneller im $\frac{3}{4}$ -Court Sprint waren.
- mehr Pflichtspieleinsätze mit dem Auftreten von Kopfverletzungen sowie dem Verletzungsmechanismus „auf Fuß eines Anderen gelandet“ korrelierten.
- Verletzungen, aufgrund derer es dem Athleten nicht möglich war, den Spielbetrieb im Anschluss fortzusetzen, signifikant längere Ausfallzeiten zur Folge hatten.

5. Zusammenfassung

Einleitung: Die Prävention von Verletzungen hat gerade im Profisportbereich zunehmend an Bedeutung gewonnen. Im Rahmen der medizinischen Eingangsuntersuchungen könnte ein sportartspezifischer Leistungstest Hinweise auf Defizite bringen, die eine Verletzung begünstigen.

Methodik: In fünf aufeinanderfolgenden Saisons (2012/13-2016/17) wurde der komplette Kader einer Basketball-Profimannschaft im Rahmen der medizinischen Eingangsuntersuchung einem Leistungstest unterzogen. Die Testbatterie war angelehnt an den NBA Combine Test und umfasste einen $\frac{3}{4}$ -Court Sprint, einen T-Test, eine Messung des Standing Reach, des No-Step Vertical Jump und des Maximum Vertical Jump, Bankdrücken sowie einen Yoyo-Test. Die prospektiv erfassten Verletzungen wurden dann in Korrelation mit den Ergebnissen der Testbatterie gesetzt.

Ergebnisse: 142 Verletzungen führten zum verletzungsbedingtem Ausfall (Training und/oder Wettkampf) von mindestens 24 Stunden. Im Schnitt erlitten die Athleten 2 Verletzungen pro Saison. Basketballer, welche für den T-Test mehr Zeit benötigten, verletzten sich signifikant häufiger ($r = 0,340$; $p = 0,029$). Defizite im Hinblick auf Agilität (T-Test ohne Ampel: $r = 0,366$; $p = 0,003$) und Ausdauer (Yoyo-Test: $r = -0,261$; $p = 0,043$) begünstigten das Auftreten von Verletzungen im fortgeschrittenen Spielverlauf. Athleten mit Oberschenkelverletzungen schnitten im Yoyo-Test signifikant schlechter ab ($r = 0,266$; $p = 0,012$). Front-Court-Athleten erlitten signifikant mehr Frakturen als Back-Court-Athleten ($p = 0,018$). Zudem schienen Defizite der Maximalkraft und Kraftausdauer das Auftreten von Frakturen zu fördern ($r = 0,299$; $p = 0,002$). Knieverletzungen korrelierten mit überdurchschnittlichen Leistungen im No-Step Vertical Jump ($r = 0,270$; $p = 0,008$) sowie Maximum Vertical Jump ($r = 0,240$; $p = 0,019$). Einzelne Verletzungen schienen sich jedoch der Einflussnahme der Athleten weitestgehend zu entziehen (u.a. Sprunggelenksdistorsion nach Landung auf Fuß eines Anderen).

Schlussfolgerung: Die Durchführung von basketball-spezifischen Leistungstests als Erweiterung der medizinischen Eingangsuntersuchung ist sinnvoll. Defizite, die eine Verletzung begünstigen, können detektiert und im Rahmen der Saisonvorbereitung gezielt angegangen werden. Darüber hinaus können die erhobenen Basiswerte im Falle einer Verletzung dazu genutzt werden, den individuellen Zeitpunkt eines Return-to-Play zu bestimmen.

6. Literaturverzeichnis

- Agel, J., Olson, D. E., Dick, R., Arendt, E. A., Marshall, S. W., & Sikka, R. S. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's basketball injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 through 2003-2004. *Journal of Athletic Training, 42*(2), 202–210.
- Azzam, M. G., Throckmorton, T. W., Smith, R. A., Graham, D., Scholler, J., & Azar, F. M. (2015). The Functional Movement Screen as a predictor of injury in professional basketball players. *Current Orthopaedic Practice, 26*, 619–623.
- Bahr, R. (2016). Why screening tests to predict injury do not work-and probably never will.: A critical review. *British Journal of Sports Medicine, 50*(13), 776–780.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. In *Sports Medicine* (pp. 38(1):37-51).
- Benenson, J., Garrison, M., Johnson, M. R., & Westrick, R. (2015). Association between the functional movement screen and injury development in college athletes. *The International Journal of Sports Physical Therapy, 10*(1), 21–28.
- Bird, S. P., & Markwick, W. J. (2016). Musculoskeletal Screening and Functional Testing: Considerations for Basketball Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy, 11*(5), 784–802.
- Bonazza, N. A., Smuin, D., Onks, C. A., Silvis, M. L., & Dhawan, A. (2017). Reliability, Validity, and Injury Predictive Value of the Functional Movement Screen. *American Journal of Sports Medicine, 45*(3), 725–732.
- Bond, C. W., Dorman, J. C., Odney, T. O., Roggenbuck, S. J., Young, S. W., & Munce, T. A. (2019). Evaluation of the functional movement screen and a novel basketball mobility test as an injury prediction tool for collegiate basketball players. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 33, Issue 6).
- Brumitt, J., Engilis, A., Isaak, D., Briggs, A., & Mattocks, A. (2016). Preseason Jump and Hop Measures in Male Collegiate Basketball Players: an Epidemiologic Report. *International Journal of Sports Physical Therapy, 11*(6), 954–961.
- Brumitt, J., Heiderscheid, B. C., Manske, R. C., & Niemuth, P. E. (2013). Lower Extremity Functional Tests and Risk. *The International Journal of Sports Physical Therapy, 8*(3), 216–227.
- Brumitt, J., Nelson, K., Duey, D., Jeppson, M., & Hammer, L. (2018). Preseason Y Balance Test Scores are not Associated with Noncontact Time-Loss Lower

- Quadrant Injury in Male Collegiate Basketball Players. *Sports*, 7(1), 4.
- Brumitt, J., Wilson, V., Ellis, N., Petersen, J., Zita, C. J., & Reyes, J. (2018). Preseason Lower Extremity Functional Test Scores Are Not Associated With Lower Quadrant Injury – a Validation Study With Normative Data on 395 Division Iii Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(3), 410–421.
- Bühl, A. (2014). SPSS 22: Einführung in die moderne Datenanalyse. In *SPSS 22: Einführung in die moderne Datenanalyse (14., aktualisierte Auflage)*.
- Burr, J. F., Jamnik, R. K., Baker, J., Macpherson, A., Gledhill, N., & Mcguire, E. J. (2008). Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1535–1543.
- Butler, R. J., Lehr, M. E., Fink, M. L., Kiesel, K. B., & Plisky, P. J. (2013). Dynamic Balance Performance and Noncontact Lower Extremity Injury in College Football Players: An Initial Study. *Sports Health*, 5(5), 417–422.
- Chorba, R. S., Chorba, D. J., Bouillon, L. E., Overmyer, C. A., & Landis, J. A. (2010). Use of a functional movement screening tool to determine injury risk in female collegiate athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*, 5(2), 47–54.
- Cook, Gray, E. (2010). Movement: Functional Movement Systems: Screening, Assessment and Corrective Strategies. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014a). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9, 549–563.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014b). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(3), 396–409.
- Coughlan, G. F., Fullam, K., Delahunt, E., Gissane, C., & Caulfield, B. M. (2012). A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 366–371.
- Cumps, E., Verhagen, E., Armenians, L., & Meeusen, R. (2008). Injury rate and socioeconomic costs resulting from sports injuries in Flanders: data derived from sports insurance statistics 2003. *British Journal of Sports Medicine*, 42(9), 767–772.
- Cumps, Elke, Verhagen, E., & Meeusen, R. (2007). Prospective epidemiological study of basketball injuries during one competitive season: Ankle sprains and overuse

- knee injuries. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 204–211.
- Deitch, J. R., Starkey, C., Walters, S. L., & Moseley, J. B. (2006). Injury risk in professional basketball players: A comparison of Women's National Basketball Association and National Basketball Association athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 34(7), 1077–1083.
- Dick, R., Ferrara, M. S., Agel, J., Courson, R., Marshall, S. W., Hanley, M. J., & Reifsteck, F. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate men's football injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 through 2003-2004. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 221–233.
- Dorrel, B., Long, T., Shaffer, S., & Myer, G. D. (2018). The functional movement screen as a predictor of injury in national collegiate athletic association division II athletes. *Journal of Athletic Training*, 53(1), 29–34.
- Dorrel, B. S., Long, T., Shaffer, S., & Myer, G. D. (2015). Evaluation of the Functional Movement Screen as an Injury Prediction Tool Among Active Adult Populations: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health*, 7(6), 532–537.
- Drakos, M. C., Domb, B., Starkey, C., Callahan, L., & Allen, A. A. (2010). Injury in the National Basketball Association: A 17-year overview. *Sports Health*, 2(4), 284–290.
- easyCredit-BBL- Kader s.Oliver Baskets 2015/16. (n.d.). Retrieved September 25, 2020, from <https://www.easycrredit-bbl.de/de/easycrredit-bbl/historie/teams/t/2015-2016/540-wue/>
- easyCredit BBL- Kader s.Oliver Baskets 2012/13. (n.d.). Retrieved September 25, 2020, from <https://www.easycrredit-bbl.de/de/easycrredit-bbl/historie/teams/t/2012-2013/540-wur/>
- easyCredit BBL- Kader s.Oliver Baskets 2013/14. (n.d.). Retrieved September 25, 2020, from <https://www.easycrredit-bbl.de/de/easycrredit-bbl/historie/teams/t/2013-2014/540-wur/>
- easyCredit BBL- Kader s.Oliver Baskets 2016/17. (n.d.). Retrieved September 25, 2020, from <https://www.easycrredit-bbl.de/de/easycrredit-bbl/historie/teams/t/2016-2017/540-wue/>
- Geus, M., Beumer, G., & Menge, M. (1985). Sportverletzungen und Sportschäden im Basketball. In *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt / Training and Sport for Prevention and Rehabilitation in the Technicized Environment* (pp. 259–263).
- Gonell, A. C., Romero, J. A. P., & Soler, L. M. (2015). Relationship Between the Y Balance Test Scores and Soft Tissue Injury Incidence in a Soccer Team.

International Journal of Sports Physical Therapy, 10(7), 955–966.

- Gribble, P. A., Hertel, J., & Plisky, P. (2012). Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339–357.
- Hägglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 738–742.
- Hegedus, E. J., McDonough, S. M., Bleakley, C., Baxter, D., & Cook, C. E. (2015). Clinician-friendly lower extremity physical performance tests in athletes: A systematic review of measurement properties and correlation with injury. Part 2-the tests for the hip, thigh, foot and ankle including the star excursion balance test. *British Journal of Sports Medicine*, 49(10), 649–656.
- Hespanhol Junior, L. C., van Mechelen, W., & Verhagen, E. (2017). Health and Economic Burden of Running-Related Injuries in Dutch Trailrunners: A Prospective Cohort Study. *Sports Medicine*, 47(2), 367–377.
- Junge, A., Lamprecht, M., Stamm, H., Hasler, H., Bizzini, M., Tschopp, M., Reuter, H., Wyss, H., Chilvers, C., & Dvorak, J. (2011). Countrywide campaign to prevent soccer injuries in Swiss amateur players. *American Journal of Sports Medicine*, 39(1), 57–63.
- Junge, A., Langevoort, G., Pipe, A., Peytavin, A., Wong, F., Mountjoy, M., Beltrami, G., Terrell, R., Holzgraefe, M., Charles, R., & Dvorak, J. (2006). Injuries in team sport tournaments during the 2004 olympic games. *American Journal of Sports Medicine*, 34(4), 565–576.
- Kader s.Oliver Baskets– Pro A - BARMER 2. Basketball Bundesliga. (n.d.). Retrieved September 25, 2020, from <https://www.2basketballbundesliga.de/teams/kader/540/?season=2014%2F2015#ab-kader>
- Kiesel, K., Plisky, P. J., & Voight, M. L. (2007). Can Serious Injury in Professional Football be Predicted by a Preseason Functional Movement Screen? *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*, 2(3), 147–158.
- Kuzmits, F. E., & Adams, A. J. (2008). The NFL combine: Does it predict performance in the national football league? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1721–1727.
- Lai, W. C., Wang, D., Chen, J. B., Vail, J., Rugg, C. M., & Hame, S. L. (2017). Lower

- quarter y-balance test scores and lower extremity injury in NCAA division i athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(8), 1–5.
- Landis, S. E., Baker, R. T., & Seegmiller, J. G. (2018). Non-Contact Anterior Cruciate Ligament and Lower Extremity Injury Risk Prediction Using Functional Movement Screen and Knee Abduction Moment: an Epidemiological Observation of Female Intercollegiate Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(6), 973–984.
- Latzel, R. S. (2017). *Entwicklung und Zusammenhang von konditionellen Leistungsfaktoren und Spielleistung im deutschen Nachwuchsleistungs- und Profibasketball*.
- Luig, P., Bloch, H., Burkhardt, K., Klein, C., & Kühn, N. (2018). VBG-Sportreport 2018 – Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball und Handball. *VGB- Ihre Gesetzliche Unfallversicherung*.
- McGee, K. J., & Burkett, L. N. (2003). The National Football League combine: A reliable predictor of draft status? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 6–11.
- McGill, S. M., Andersen, J. T., & Horne, A. D. (2012). Predicting performance and injury resilience from movement quality and fitness scores in a basketball team over 2 years. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 1731–1739.
- McGuine, T. A., Greene, J. J., Best, T., & Levenson, G. (2000). Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(4), 239–244.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387–397.
- McKay, G. D., Goldie, P. A., Payne, W. R., Oakes, B. W., & Watson, L. F. (2001). A prospective study of injuries in basketball: A total profile and comparison by gender and standard of competition. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(2), 196–211.
- Meeuwisse, W. H., Sellmer, R., & Hagel, B. E. (2003). Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *American Journal of Sports Medicine*, 31(3), 379–385.
- Mehran, N., Williams, P. N., Keller, R. A., Khalil, L. S., Lombardo, S. J., & Kharrazi, F. D. (2016). Athletic Performance at the National Basketball Association Combine After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 4(5), 1–6.
- Mokha, M., Sprague, P. A., & Gatens, D. R. (2016). Predicting musculoskeletal injury in

- national collegiate athletic association division II athletes from asymmetries and individual-Test versus composite functional movement screen scores. *Journal of Athletic Training*, 51(4), 276–282.
- Moran, R. W., Schneiders, A. G., Mason, J., & Sullivan, S. J. (2017). Do Functional Movement Screen (FMS) composite scores predict subsequent injury? A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1661–1669.
- Myer, G. D., Schmitt, L. C., Brent, J. L., Ford, K. R., Foss, K. D. B., Scherer, B. J., Heidt, R. S., Divine, J. G., & Hewett, T. E. (2011). Utilization of modified NFL combine testing to identify functional deficits in athletes following ACL reconstruction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 41, 377–387.
- O'Connor, F. G., Deuster, P. A., Davis, J., Pappas, C. G., & Knapik, J. J. (2011). Functional movement screening: Predicting injuries in officer candidates. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(12), 2224–2230.
- Orchard, J. W. (2008). Preventing sports injuries at the national level: Time for other nations to follow New Zealand's remarkable success. *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 392–393.
- Östenberg, A., & Roos, H. (2000). Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 10(5), 279–285.
- Owoeye, O. B. A., Akodu, A. K., Oladokun, B. M., & Akinbo, S. R. A. (2012). Incidence and pattern of injuries among adolescent basketball players in Nigeria. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology*, 4(1), 1.
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Beutler, A. I., De La Motte, S. J., DiStefano, M. J., & Marshall, S. W. (2015). The landing error scoring system as a screening tool for an anterior cruciate ligament injury-prevention program in elite-youth soccer athletes. *Journal of Athletic Training*, 50(6), 589–595.
- Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E., & Beutler, A. I. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The jump-ACL Study. *American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 1996–2002.
- Peyer, K. L., Pivarnik, J. M., Eisenmann, J. C., & Vorkapich, M. (2011). Physiological characteristics of national collegiate athletic association division I ice hockey players and their relation to game performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1183–1192.

- Pfeifer, J. P., Gast, W., & Pflörringer, W. (1992). Traumatologie und Sportschaden im Basketballsport. *Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*, 6, 91–100.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919.
- Podlog, L., Buhler, C. F., Pollack, H., Hopkins, P. N., & Burgess, P. R. (2015). Time trends for injuries and illness, and their relation to performance in the National Basketball Association. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(3), 278–282.
- Putnam, A. R., Bandolin, S. N., & Krabak, B. J. (2012). Impact of Ankle Bracing on Skill Performance in Recreational Soccer Players. *PM and R*, 4(8), 574–579.
- Raschka, C., Gläser, H., & de Marées †, H. (1995). Unfallhergangstypen und Vorschläge zu ihrer Prävention im Basketball. *Sportverletzung · Sportschaden*, 9, 84–91.
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility t-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1644–1651.
- Semenick, D. (1990). TESTS AND MEASUREMENTS: The T-test. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 12(1), 36–37.
- Siebert, C. H., Philipps, B., Hagemann, L., Behra, A., & Kaufmann, M. M. (2006). Basketball als Überkopfsportart -Verletzungsmuster im Bereich des Schultergürtels. *Sport-Orthopadie - Sport-Traumatologie*, 22(4), 212–216.
- Šiupšinskis, L., Garbenytė-Apolinskienė, T., Salatkaitė, S., Gudas, R., & Trumpickas, V. (2019). Association of pre-season musculoskeletal screening and functional testing with sports injuries in elite female basketball players. *Scientific Reports*, 9(1), 1–7.
- Smith, C. A., Chimera, N. J., & Warren, M. (2015). Association of Y balance test reach asymmetry and injury in Division I Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(1), 136–141.
- Smith, J., DePhillipo, N., Kimura, I., Kocher, M., & Hetzler, R. (2017). PROSPECTIVE FUNCTIONAL PERFORMANCE TESTING AND RELATIONSHIP TO LOWER EXTREMITY INJURY INCIDENCE IN ADOLESCENT SPORTS PARTICIPANTS. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(2), 206–218.
- Sorenson, E. a. (2009). Functional Movement Screen As A Predictor Of Injury In High School Basketball Athletes. *East, December*, 1–89.

- Starkey, C. (2000). Injuries and Illnesses in the National Basketball Association: A 10-Year Perspective. *Journal of Athletic Training*, 35(2), 161–167.
- Tee, J. C., Klingbiel, J. F. G., Collins, R., Lambert, M. I., & Coopoo, Y. (2016). Preseason Functional Movement Screen Component Tests Predict Severe Contact Injuries in Professional Rugby Union Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3194–3203.
- Walbright, P. D., Walbright, N., Ojha, H., & Davenport, T. (2017). Validity of Functional Screening Tests To Predict Lost-Time Lower Quarter Injury in a Cohort of Female Collegiate Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(6), 948–959.
- Warren, M., Lininger, M., Chimera, N., & Smith, C. (2018). Utility of FMS to understand injury incidence in sports: current perspectives. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 9, 171–182.
- Warren, M., Smith, C. A., & Chimera, N. J. (2015). Association of the functional movement screen with injuries in division I athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24, 163–170.
- Wiese, B. W., Boone, J. K., Mattacola, C. G., McKeon, P. O., & Uhl, T. L. (2014). Determination of the Functional Movement Screen to Predict Musculoskeletal Injury in Intercollegiate Athletics. *Athletic Training & Sports Health Care*, 6(4), 161–169.
- Wilke, J., Niederer, D., Vogt, L., & Banzer, W. (2018). Head coaches' attitudes towards injury prevention and use of related methods in professional basketball: A survey. *Physical Therapy in Sport*, 32, 133–139.
- Williams, S., Trewartha, G., Kemp, S. P. T., Brooks, J. H. M., Fuller, C. W., Taylor, A. E., Cross, M. J., & Stokes, K. A. (2016). Time loss injuries compromise team success in Elite Rugby Union: A 7-year prospective study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(11), 651–656.
- Witchalls, J. B., Newman, P., Waddington, G., Adams, R., & Blanch, P. (2013). Functional performance deficits associated with ligamentous instability at the ankle. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 89–93.
- Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Smoliga, J. M., Taylor, J. B., & Hegedus, E. J. (2017). Association of Lower Quarter Y-Balance Test with lower extremity injury in NCAA Division 1 athletes: an independent validation study. *Physiotherapy (United Kingdom)*, 103, 231–236.
- Zech, A., Globig, H., & Braumann, K. M. (2014). Sprunggelenksverletzungen und präventionsstrategien im Deutschen nachwuchsbasketball. *Deutsche Zeitschrift*

Für Sportmedizin, 65(3), 61–65.

Appendix

I Abkürzungsverzeichnis

ACL	= Anterior Cruciate Ligament (Vorderes Kreuzband)
AE	= Athleten-Exposition
BMT	= Basketball-Specific Set of Functional Mobility Tests
C	= Center
FMS	= Functional Movement Screen
G	= Guard
LEFT	= Lower Extremity Functional Test
LESS	= Landing Error Scoring System
NAIA	= National Association of Intercollegiate Athletics
NBA	= National Basketball Association
NCAA	= National Collegiate Athletic Association
NFL	= National Football League
P50	= Median
PF	= Power Forward
SEBT	= Star Excursion Balance Test
SF	= Small Forward
SLH	= Single-Leg Hop for Distance
SLJ	= Standing Long Jump
VO ₂ max	= maximale Sauerstoffaufnahme
YBT	= Y Balance Test

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 3/4-Court Sprint (Quelle: Fotograf: Steffen Wienhold, o.J., Sportzentrum am Hubland Julius-Maximilians-Universität Würzburg)	18
Abbildung 2: Graphische Darstellung des T-Tests (Quelle: Sassi et al., 2009)	19
Abbildung 3: Maximum Vertical Jump (Quelle: Fotograf: Steffen Wienhold, o.J., Sportzentrum am Hubland Julius-Maximilians-Universität Würzburg)	20
Abbildung 4: Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Quelle: Fotograf: Steffen Wienhold, o.J., Sportzentrum am Hubland Julius-Maximilians-Universität Würzburg) .	21
Abbildung 5: Verletzungsalter der verschiedenen Spielpositionen	27
Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der verletzungsbedingten Ausfallzeiten (n)	28
Abbildung 7: Verletzungsbedingtes Einstellen des Spielbetriebs bzw. Fortsetzen des Spielbetriebs (%)	31
Abbildung 8: Verletzungsbedingter Kontakt bei Verletzungshergang (%)	32
Abbildung 9: Verletzung im Wettkampf bzw. Training (%)	32
Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Verletzungsaktion (n)	33
Abbildung 11: Verteilung der verletzten Körperregionen (%)	40
Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperteile (n)	41
Abbildung 13: Verteilung der verletzten Körperseite (%)	42
Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung der Verletzungsarten (n)	46
Abbildung 15: Häufigkeiten der Supinationstraumata in Anbetracht der Zeit im $\frac{3}{4}$ -Court Sprint.....	50

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der Teilnahme an den Leistungsdiagnostiktests	22
Tabelle 2: Mediane des Alters zu Saisonbeginn, der Größe, des Gewichts und der Pflichtspieleinsätze der Athleten	25
Tabelle 3: Ergebnisse der Leistungsdiagnostik-Tests im Median (Quelle: Latzel, 2017)	26
Tabelle 4: Spearman-Korrelationen der Größe und des Gewichts der Athleten sowie der verletzungsspezifischen Eckdaten mit den Daten der Leistungsdiagnostik	30
Tabelle 5: Mediane und Mittelwertvergleiche der Verletzungsumstände mit den Daten der Leistungsdiagnostik (Abschnitt 1)	35
Tabelle 6: Mediane und Mittelwertvergleiche der Verletzungsumstände mit den Daten der Leistungsdiagnostik (Abschnitt 2)	36
Tabelle 7: Spearman-Korrelationen der anthropometrischen sowie verletzungsspezifischen Eckdaten mit der Verletzungshäufigkeit	38
Tabelle 8: Spearman-Korrelationen der Daten der Leistungsdiagnostik-Tests mit der Verletzungshäufigkeit	39
Tabelle 9: Mediane der Daten aus den Leistungsdiagnostik-Tests in Bezug auf die verletzte Körperregion bzw. das verletzte Körperteil	44
Tabelle 10: Mittelwertvergleiche der Daten der Leistungsdiagnostik in Bezug zur Verletzungsart (Abschnitt 1)	48
Tabelle 11: Mittelwertvergleiche der Daten der Leistungsdiagnostik in Bezug zur Verletzungsart (Abschnitt 2)	49

IV Danksagung

Vielen Dank an Herrn Prof. Dr. Rainer H. Meffert für die Bereitstellung des Themas sowie an Herrn Dr. Kai Fehske für die dauerhafte Unterstützung, die konstruktiven Ideen und nicht zuletzt für die stets positive Einstellung.

Danke an Herrn Prof. Olaf Hoos, Herrn Prof. Richard Latzel (Technische Hochschule Deggendorf) sowie die Kollegen des Sportzentrums der Universität Würzburg für die Datenerfassung und -übertragung.

Ganz besonderer Dank an meine Eltern, meine Schwester, ihren Mann sowie meine Verlobte für ihren Rückhalt in allen Aspekten des Lebens.

VI Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme

Fehske K., Lukas C., Bischoff A., Krutsch W., Hoos O., Latzel R. (voraussichtlich 2021). Erweiterte medizinische Eingangsuntersuchungen als sinnvolle Instrumentarien zur Verletzungsprävention im Hochleistungssport. Thieme Sportverletzung Sportschaden.

34. Jahreskongress der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin.
- Fehske K., Bischoff A., Meffert R., Hoos O., Latzel R. (2019). Performance = Gesunderhaltung? - Leistungsdiagnostik als Prädiktor für Verletzungsrisiko im Profibasketball.

BasketDocs Wissenschaftspreis 2019 - 3. Platz: Performance = Gesunderhaltung? - Leistungsdiagnostik als Prädiktor für Verletzungsrisiko im Profibasketball.