

Aus der Abteilung Sportmedizin
Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC) /
Charité Centrum für Orthopädie und Unfallchirurgie (CC 09)
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Das Sport Concussion Assessment Tool 2 in der Verlaufsdagnostik
von Leistungssportlern - Sinn oder Unsinn?

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Tilman Jasper Pulst Caliman
Geb. Pulst

aus Braunschweig

Datum der Promotion: 04.03.2022

Inhaltsverzeichnis

1. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	4
2. Abstract.....	5
3. Einleitung und Fragestellung	7
3.1. Concussion im Sport – ein Überblick	7
3.2. Concussion im Eishockey	11
3.3. Untersuchungsmöglichkeiten der Concussion – welche “Tools” gibt es?	12
3.4. Das Sport Concussion Assessment Tool (SCAT)	15
3.5. Zielsetzung	17
4. Material und Methodik.....	18
4.1. Studiendesign und Probanden	18
4.2. Variablen und Messmethoden.....	19
4.2.1. Populationsbeschreibung	19
4.2.2. Das Sport Concussion Assessment Tool 2	19
4.3. Auswertung der Fragebögen und des Sport Concussion Assessment Tools 2 ..	26
4.4. Statistische Analysen	27
5. Ergebnisse	28
5.1. Populationsbeschreibung	28
5.2. Hauptwerte des SCAT 2.....	29
5.3. Subanalyse der einzelnen Tests des SCAT 2.....	33
5.3.1. Symptom Evaluation und Symptom-Schwere-Score.....	33
5.3.2. Standard Assessment of Concussion (SAC).....	35
5.3.3. Gleichgewichtsscore	39
5.4. Vergleich der Eishockeygruppe 2017 vs. 2019	39
6. Diskussion.....	41
6.1. Zentrale Erkenntnisse	41
6.2. Kritische Einschätzung zur Eignung des SCAT 2 in der Verlaufsdiagnostik	44
6.3. Ausblick und Optimierungsansätze für die Verlaufsdiagnostik.....	46
6.4. Limitationen	52
7. Literatur	53
8. Anlagen.....	61

8.1. Fragebogen in Ergänzung zur SCAT 2 Testung	61
8.2. Sport Concussion Assessment Tool 2	64
9. Eidesstattliche Erklärung	70
10. Lebenslauf	71
11. Danksagung	73

1. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Symptom Evaluation und klinische Fragen.....	21
Abbildung 2: Standardized Assessment of Concussion	23
Abbildung 3: Standardized Assessment of Concussion und Koordinationstest.....	24
Abbildung 4: Abbildungen zu den drei verschiedenen Gleichgewichtsübungen.....	25
Abbildung 5: Boxplot der Symptom Evaluation.....	29
Abbildung 6: Boxplot des Gleichgewichtsscores	30
Abbildung 7: Boxplot des Standard Assessment of Concussion (SAC)	30
Abbildung 8: Boxplot für das Gesamtergebnis des SCAT 2	31
Abbildung 9: Boxplot des Symptom-Schwere-Scores	33
Abbildung 10: Boxplot der Orientierung (SAC)	35
Abbildung 11: Boxplot des primären Erinnerungsvermögens (SAC).....	35
Abbildung 12: Boxplot der Konzentration (SAC).....	36
Abbildung 13: Boxplot der Langzeiterinnerung (SAC)	36
Abbildung 14: Boxplot der echten Langzeiterinnerung (SAC)	37
Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien.....	18
Tabelle 2: Populationsbeschreibung (Mittelwerte \pm SD).....	28
Tabelle 3: Daten zu Gehirnerschütterungen	29
Tabelle 4: Wahrscheinlichkeit für erfolgreichen Koordinationstest	31
Tabelle 5: Übersicht der Hauptwerte des SCAT 2.....	32
Tabelle 6: Analyse der Symptom Evaluation	34
Tabelle 7: Übersicht der Ergebnisse der Subanalyse des SCAT 2	38
Tabelle 8: Fehlerzahlen der untersuchten Gleichgewichtsübungen	39
Tabelle 9: Wahrscheinlichkeit für erfolgreichen Koordinationstest der Eishockeyspieler	40

2. Abstract

Einleitung: Eine Sport Related Concussion (SRC) ist eine traumatische Hirnverletzung, die durch biomechanische Kräfte induziert wird. Hierbei kann eine Vielzahl an klinischen Symptomen auftreten, die am ehesten auf funktioneller Beeinträchtigung beruhen und im Normalfall nach einigen Stunden bis wenigen Tagen wieder abklingen. Sie ist eine häufige und ernstzunehmende Sportverletzung. Eishockey ist eine Sportart mit einem hohen Risiko für eine Concussion. Als Untersuchungsmöglichkeit gibt es unter anderem das Sport Concussion Assessment Tool 2 (SCAT 2), das einen Symptomfragebogen, neurokognitive Tests, einen Koordinationstest und eine Untersuchung des Gleichgewichtes beinhaltet. Hiermit soll die Diagnosestellung einer Concussion erleichtert werden.

Zielsetzung: Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, ob sich eine jahrelange Partizipation in einer Risikosportart in den Ergebnissen dieses Untersuchungsinstrumentes widerspiegelt und ob es sich daher für die Verlaufsdagnostik von Leistungssportlern eignet.

Methode: In dieser Querschnittsstudie wurden insgesamt 81 männliche Probanden in drei Gruppen – Leistungssport/ Eishockey, Amateursport/ Feldhockey und Nicht-Sportler – mittels SCAT 2 untersucht. Die Ergebnisse der Hauptwerte und der Teilbereiche dieses Tests wurden mittels nicht-parametrischer Tests auf signifikante Unterschiede untersucht. Des Weiteren wurden Effektstärken nach Cohen's d berechnet.

Ergebnisse: Zwischen den drei Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede sowohl in den Hauptwerten des SCAT 2 als auch in dessen Teilbereichen festgestellt werden. In der Gruppe der Leistungssportler gab es Anzeichen für einen möglichen Lerneffekt aufgrund multipler Vortestungen.

Zusammenfassung: Das SCAT 2 erscheint auf der Basis der vorliegenden Befunde nicht geeignet, neurokognitive Veränderungen nach einer bzw. mehrerer Sport Related Concussions aufzuzeigen und sollte daher in der Verlaufsdagnostik von Leistungssportlern aus Risikosportarten nicht unbedacht eingesetzt werden. Nichtsdestoweniger hat es einen wichtigen Stellenwert in der Akutdiagnostik einer

Concussion. Als Schlussfolgerung aus dieser Untersuchung bezüglich der Verlaufsdagnostik ist eine multidisziplinäre Versorgung der Leistungssportler zu empfehlen. Zukünftig besteht weiterer Forschungsbedarf für ein besseres Verständnis der genauen Pathophysiologie und Langzeitfolgen einer Concussion und zur Optimierung der Diagnosesicherung und Verlaufsdagnostik. Sportler sollten nach einer Concussion erst wieder ihre Sportart ausüben, wenn sie symptomfrei sind und in verschiedenen Untersuchungen keine Hinweise mehr auf Concussion bedingte Folgeschäden gefunden werden können.

Introduction: A sport related concussion is a traumatic brain injury induced by biomechanical forces. This can be followed by various clinical symptoms, which are most likely a sign of a functional disturbance and normally abate after some hours up to a few days. It is a common and serious sporting injury. Ice hockey is a sport with a high risk of concussion. A possible way of examination is the Sport Concussion Assessment Tool 2 (SCAT 2), which includes a symptom questionnaire, neurocognitive tests, a coordination test and a balance examination to help diagnosing a concussion.

Objective: The aim of this study was to assess, whether participation in a sport with a high risk for concussion over many years leads to differences in the results of this examination tool and therefore can be used as a long-term diagnostic test for professional athletes.

Methods: In this cross-sectional study a total of 81 male participants in three groups – professional athletes/ ice hockey, amateur athletes/ field hockey and non-athletes – were examined with the SCAT 2. The results of the main parameters and the subtests of this tool were analysed to find possible significant differences using non-parametric tests. Furthermore the effect sizes were calculated using Cohen's *d*.

Results: There were no significant differences among the three groups when comparing the main parameters as well as the subtests. In the professional athlete group there were signs for a possible learning effect due to multiple prior assessments.

Conclusion: The SCAT 2 is, based on these results, not able to show neurocognitive changes after one or more sport related concussions. Therefore, it should not heedlessly be used as a long-term diagnostic test for professional athletes in sports with

a high risk of concussion. This study has shown that a multidisciplinary approach should be used to take care of professional athletes in regard to the detection and follow-up of concussion. Future research is needed for a better understanding of the pathophysiology and long-term effects of concussion and the improvement of diagnostic tools and the long-term diagnostic investigation. Athletes having suffered a concussion should only resume participation in their sport when they are symptom free and when there are no further signs in different examinations of an ongoing impairment due to the concussion.

3. Einleitung und Fragestellung

3.1. Concussion im Sport – ein Überblick

Concussions (Zu Deutsch: Gehirnerschütterungen) im Sport gelangen immer häufiger in den Fokus der Öffentlichkeit. So werden in den Medien vor allem Fälle aus der amerikanischen National Football League (NFL) erwähnt. Es ist noch nicht abschließend geklärt, welche Langzeitfolgen eine Concussion haben kann, jedoch ist eindeutig festzustellen, dass die akuten gesundheitlichen Folgen nicht zu unterschätzen sind und Concussions im Sport ein relevantes Krankheitsbild darstellen. (1)

In der 5. Internationalen Konferenz über Concussion im Sport wurde 2016 in Berlin folgende Definition festgelegt:

“Sport related concussion [SRC] ist eine traumatische Hirnverletzung, die durch biomechanische Kräfte induziert wird. Häufige Charakteristika, die genutzt werden können, um klinisch die Eigenschaft einer erschütternden Kopfverletzung zu definieren, sind:

- SRC kann entweder durch einen direkten Schlag gegen den Kopf, das Gesicht, den Nacken oder einen anderen Körperteil mit direkter Übertragung des Kraftimpulses auf den Kopf verursacht werden.
- SRC führt typischerweise zu raschem Auftreten kurzzeitiger Beeinträchtigung neurologischer Funktion, die spontan rückläufig ist. Jedoch, in manchen Fällen, entwickeln sich Zeichen und Symptome über einige Minuten bis Stunden.

- SRC kann zu neuropathologischen Veränderungen führen, aber die akuten klinischen Zeichen und Symptome spiegeln größtenteils eher eine funktionelle Beeinträchtigung als eine strukturelle Verletzung wieder. Daher sind keine Auffälligkeiten in normaler, neurologischer Bildgebung zu sehen.
- SRC führt zu einem Spektrum an klinischen Zeichen und Symptomen, die einen Bewusstseinsverlust beinhalten können, aber nicht müssen. Die Besserung der klinischen und kognitiven Charakteristika folgt typischerweise einem sequentiellen Verlauf. Jedoch können in manchen Fällen Symptome anhalten.

Die klinischen Zeichen und Symptome können nicht durch Drogen-, Alkohol- oder Medikamentengebrauch oder andere Verletzungen (wie zervikale Verletzungen, periphere vestibuläre Störungen, etc.) oder andere Begleiterkrankungen (z.B. psychologische Faktoren oder gleichzeitig bestehende medizinische Konditionen) erklärt werden.“ (Übersetzung durch den Autor, (2))

Im deutschen Sprachraum ist der Begriff der “Gehirnerschütterung” etabliert. Im Pschyrembel Online wird diese wie folgt definiert:

“Commotio cerebri [Synonym: Gehirnerschütterung]: Leichtes Schädelhirntrauma (SHT I) mit traumatisch bedingter, reversibler, funktioneller Schädigung des Gehirns ohne morphologisch fassbares Substrat. Klinisch zeigen sich Bewusstseinsstörung, Benommenheit, Amnesie, Kopfschmerz, Schwindel, Kreislaufstörung, Übelkeit und Erbrechen. Therapiert wird symptomatisch und mit kurzfristiger Bettruhe.” (3)

Anhand dieser beiden Definitionen ist ein Problem der Erforschung der SRC gut ersichtlich. In der Vergangenheit gab es eine ausgesprochene Heterogenität von Definitionen, was nicht zuletzt auch an der schwierigen Diagnosestellung einer Concussion und einem fehlenden einheitlichen Goldstandard liegt. (4)

In dieser Dissertation wird der Begriff “Concussion” nach der oben genannten Definition der Konferenz über Concussion im Sport verwendet.

Pathophysiologisch betrachtet tritt eine Concussion auf, wenn lineare und/ oder Drehkräfte auf das Gehirn übertragen werden. Es kommt zu einer komplexen Ausschüttung von Ionen, Metaboliten und zu pathophysiologischen Abläufen, die von mikroskopisch kleinen, axonalen Schäden begleitet werden. Hierbei herrscht ein Ungleichgewicht der Energieversorgung. Es wird davon ausgegangen, dass das Gehirn nach einer Concussion verletzlicher ist und die neurale Aktivierung verlangsamt ist. (5-7)

Häufige Unfallmechanismen bei Concussions sind Kontakt zwischen Spielern und Kontakt eines Spielers mit dem Spielfeld. (8)

Eine Concussion kann aufgrund unterschiedlich hoher Beschleunigungskräfte verursacht werden und die klinischen Anzeichen scheinen unabhängig von der Höhe der Beschleunigungskräfte zu sein. In der Literatur werden Beschleunigungswerte zwischen 80g bis 100g genannt, ab denen es zu einer Concussion kommen kann. (9-11)

In einer epidemiologischen Studie über Concussions im High School Sport hatten Concussions einen Anteil von 13,2% aller Sportverletzungen. (8)

Sportarten mit einem hohen Risiko für eine Concussion sind unter anderem American Football, Lacrosse, Rugby und Eishockey. (8, 12-17) Im Australian rules football kommt es während einer Saison zu sechs bis sieben Concussions pro Team, was sie zu einer der häufigsten Verletzungen macht. (18)

In den meisten Sportarten ist die Inzidenz einer Concussion im Wettkampf höher als im Training. (8, 13, 17) Nur in einem geringen Anteil der Fälle kommt es zu einem Bewusstseinsverlust. (13)

Häufig genannte Symptome sind unter anderem Kopfschmerzen, Schwindel und Konzentrationsschwierigkeiten. Des Weiteren werden Verwirrung, Lichtempfindlichkeit und Übelkeit angegeben. (8)

Ein Risikofaktor für eine SRC ist eine bereits stattgehabte SRC in der Vorgeschichte. Außerdem sind mehrere SRCs in der Vorgeschichte mit mehr physischen, kognitiven und emotionalen Symptomen vor Saisonbeginn assoziiert. (2)

Des Weiteren gibt es Anhaltspunkte dafür, dass mehrere Concussions in der Vorgeschichte ein Risikofaktor für kognitive Beeinträchtigung und psychologische Erkrankungen sind. (19) Bei anfänglich stark ausgeprägten Symptomen bessern sich die Beschwerden meist sehr langsam. Im Umkehrschluss sind milde Symptome während des ersten Tages nach der Verletzung ein günstiger prognostischer Faktor. Wenn Vorerkrankungen wie Migräne oder Depression bestehen, ist die Wahrscheinlichkeit für ein längeres Bestehen der Beschwerden einer Concussion erhöht. (2)

Concussions können leicht übersehen werden, da Sportler Zeichen und Symptome einer Concussion nicht genau kennen. Des Weiteren existiert die Vermutung, dass einige Sportler die Ausprägung ihrer Beschwerden nicht genau angeben, um schneller wieder am Wettkampf teilnehmen zu dürfen. (20)

Ein entscheidendes Problem im Umgang mit einer Concussion ist, dass sie klinisch sehr schwer zu diagnostizieren, zu bewerten und auch zu behandeln ist. Außerdem hat der behandelnde Arzt keinen konkreten Test oder Blutwert zur Verfügung, der die Diagnose sichern könnte. Deshalb ist eine der wichtigsten Maßnahmen, dass Sportler, bei denen eine Concussion vermutet wird, unmittelbar das Sportfeld zu verlassen haben und von einem Arzt untersucht werden müssen. (2)

Welche Untersuchungsmöglichkeiten in dieser Situation am Spielfeldrand zur Verfügung stehen, wird in Kapitel 2.3. genauer erläutert.

In den meisten Fällen einer Concussion zeigte sich innerhalb von zwei Wochen eine deutliche Verbesserung der kognitiven Defizite, der Balance und der Symptome. (2)

In einer epidemiologischen Studie von Marar et al. über 20 High School Sportarten besserten sich bei 40% der Sportler die Beschwerden innerhalb von 3 Tagen und die meisten Sportler nahmen nach einer bis drei Wochen wieder am Spielbetrieb teil. (8)

Putukian et al. fanden, dass zwei Drittel der Sportler innerhalb von 14 Tagen wieder am Training und innerhalb von 28 Tage wieder am Wettkampf teilnahmen. (17)

Einige Studien gehen von einem kumulativen Effekt mehrerer Concussions aus.

So fanden Collins et al., dass Sportler mit drei oder mehr Concussions in der Vorgeschichte eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten, bei der nächsten Concussion bewusstlos zu werden, anterograde Amnesie zu entwickeln und verwirrt zu sein. (21)

Guskiewicz et al. fanden, dass Sportler mit einer Concussion in der Vorgeschichte eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine Concussion in der Zukunft zu erleiden. Außerdem könnten mehrere Concussions mit einer langsameren Erholung der neurologischen Funktion in Zusammenhang stehen. (22)

Iverson et al. stellten bei Sportlern mit mehreren Concussions fest, dass sie eine höhere Anzahl an Symptomen nannten als Sportler ohne vorherige Concussion und dass sie zwei Tage nach der Verletzung signifikant schlechtere Ergebnisse in Gedächtnistests erzielten. (23)

Im Falle des Feldhockeys bei High School Sportlern wurde festgestellt, dass Concussions dreimal häufiger während des Spiels als im Training vorkommen. Der Großteil der Concussion wurde durch Kontakt zwischen Spielern mit dem Ball oder einem Schläger verursacht. Am häufigsten kam es während des Verteidigens zu Concussions. Am häufigsten erlitten Verteidiger Concussions. (8)

3.2. Concussion im Eishockey

Eishockey ist eine Sportart, die sich durch hohe Geschwindigkeiten der Spieler von bis zu 30 mph und Spielgeräten, insbesondere des Pucks, von bis zu 100 mph kennzeichnet. Dementsprechend ist das Verletzungsrisiko recht hoch. (24)

Ebenso gibt es eine hohe Inzidenz von Concussions. (25)

In der amerikanischen National Hockey League (NHL) verpassen mehr als die Hälfte der Spieler mindestens ein Spiel pro Saison aufgrund von Verletzungen. Die Concussion Rate wird zwischen 5.8 bis 6.1 pro 100 Spiele angegeben. Stürmer erleiden deutlich häufiger (65%) Concussions als Verteidiger (32%) oder Torhüter (3%). (26, 27) Concussions traten häufiger im ersten Drittel eines Spiels auf und gehäuft in der defensiven Zone. In 8% der Fälle waren Kämpfe zwischen den Spielern ursächlich für eine Concussion. (27) In einer prospektiven Studie über Concussion in der NHL wurden nach einer Concussion Kopfschmerzen als häufigstes Symptom (71%) genannt. Des Weiteren wurden Schwindel (34%), Übelkeit (24%), Nackenschmerzen (23%), reduzierte Leistungsfähigkeit oder Fatigue (22%) und Sehveränderungen (22%) angegeben. In 21% der Fälle kam es zu Amnesie (anterograd oder retrograd) und bei 18% der Fälle zu einem Bewusstseinsverlust. Kam es innerhalb der Studienzeit zu einer erneuten Concussion, so erhöhte sich der Zeitverlust in Tagen um den Faktor 2,25. Signifikante Prädiktoren für einen Zeitverlust über 10 Tagen waren Kopfschmerzen und reduzierte Leistungsfähigkeit oder Fatigue. (28)

In einer Studie von Marar et al. über die Häufigkeiten von Concussions im High School Sport zeigte sich, dass bei Eishockeyspielern die Concussion mit 22,2% prozentual den größten Anteil an Sportverletzungen ausgemacht hat. Im Vergleich mit den insgesamt 20 untersuchten Sportarten war der Anteil von Concussion an den Gesamtverletzungen beim Eishockey am größten. Außerdem waren Concussions 13-mal häufiger während des Wettkampfes als im Training. (8) Der häufigste Unfallmechanismus war Spieler-zu-Spieler-Kontakt wie z.B. beim "body checking". (8, 27)

Body checking wird in der Literatur oft als Ursache einer Concussion im Eishockey genannt. (12, 29, 30) Im Jugendbereich ist das allgemeine Verletzungsrisiko, sowie Risiko für schwere Verletzungen und Concussions aufgrund des body checkings zwei- bis dreifach erhöht. (29, 31, 32)

Gesichtschutz, insbesondere sog. "full facial protection", kann zwar die Anzahl an Kopfverletzungen reduzieren, hat bisher jedoch noch keinen Einfluss auf die Anzahl von Concussions gezeigt. (24, 33)

Laut einer metrischen Analyse von Buckley et al. zeigten Spieler in der NHL, nachdem sie eine Concussion hatten, keine schlechteren Leistungen im Verlauf der Saison. Dies könnte entweder dafür sprechen, dass die durch eine Concussion induzierten neurologischen Defizite sich nicht unmittelbar in einem Leistungsabfall darstellen, oder dass die metrischen Daten, die in dieser Studie genutzt wurden, mögliche Unterschiede nicht abbilden konnten. (26)

Auch in Deutschland haben Eishockeyspieler laut eines sportmedizinischen Experten ein hohes Risiko für Concussion. Alle Concussions seien während des Wettkampfes aufgetreten. Ursächlich waren Kollisionen, Schläge, Stöße oder Stürze, die auf den Kopf einwirkten. Teilweise seien Sportler für mehr als 6 Monate ausgefallen. Die Concussions werden in Anlehnung an das "4. Konsensus Statement der Concussion in Sports Group" diagnostiziert und behandelt. Es erfolgen regelmäßige Concussion-Basisuntersuchungen mittels SCAT-2/ 3 Testung. (1)

3.3. Untersuchungsmöglichkeiten der Concussion – welche "Tools" gibt es?

In der Literatur finden sich verschiedene Tests zur Beurteilung einer Concussion. An dieser Stelle können deshalb nur die am häufigsten verwendeten Test beschrieben werden. Auf das Sport Concussion Assessment Tool (SCAT) wird in Kapitel 2.4. genauer eingegangen.

Eine Concussion hat initial einen ausgeprägt negativen Effekt auf neurokognitive Funktionen, Symptomangaben und posturale Stabilität, weshalb diese Bereiche in den meisten Tests wiedergespiegelt werden. (20, 34, 35)

Neuropsychologische Tests, die unter anderem die Gedächtnisfunktion, die Reaktionszeit und die kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit messen, sind demnach nützlich, um eine Concussion zu identifizieren (Sensivität 71-88% bei Sportlern mit Concussion). (12)

Symptomfragebögen werden häufig zur Detektierung einer Concussion eingesetzt. Hier ist z.B. die Post-Concussion Symptom Scale (PCSS) zu erwähnen, die verschiedene für eine Concussion typischen Symptome abfragt; z.B. Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen. Hierbei muss der Sportler die Schwere der Symptome zwischen null bis sechs angeben. Sechs steht dabei für eine sehr starke Ausprägung der Symptome. Für die PCSS wird eine Sensitivität von 40,81% und Spezifität von 79,31% angegeben. Der positive Vorhersagewert wird mit 62,5% und der negative Vorhersagewert mit 61,33%

angegeben. Aufgrund der hohen Variabilität solcher Fragebögen sollten diese nicht alleine zur Diagnosestellung einer Concussion genutzt werden. (36)

Das Standardized Assessment of Concussion (SAC) kann erfolgreich in der Frühphase der Verletzung eine Concussion aufzeigen (Sensitivität 80-94%, Spezifität 76-91%). (12, 36) Eine Verschlechterung in diesem Test um einen Punkt kann bereits ein Anzeichen für eine Concussion sein. Die meisten Sportler erreichen meist nach bereits 48 hrs wieder die Werte ihrer Basistestung. (36, 37) Das SAC wurde entwickelt, um die kognitiven Funktionen zu testen, die am ehesten aufgrund einer Concussion beeinträchtigt sind. Darunter fallen das Kurz- und Langzeitgedächtnis und die Konzentration. (38) Der genaue Aufbau des SAC wird in Kapitel 3.2. ausführlich dargestellt.

Das Balance Error Scoring System hat eine niedrige bis mittlere Vorhersagekraft einer Concussion (Sensitivität 34-64%, Spezifität 91%). Es beinhaltet drei verschiedene Balance-Übungen, die genauer in Kapitel 3.2. dargestellt werden. (12, 39)

Der Sensory Organisation Test (SOT) identifiziert ebenfalls mit niedriger bis mittlerer Vorhersagekraft eine Concussion (Sensitivität 48-61%, Spezifität 85-90%). Hierbei wird eine sogenannte "force plate", also eine Messeinheit im Boden verwendet. Die zu untersuchende Person muss ihr Gleichgewicht während verschiedener Übungen versuchen zu halten, die das somatosensorische oder visuelle System unterschiedlich beanspruchen. Zum Beispiel werden Messungen mit offenen oder geschlossenen Augen gemacht. (12)

Der Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT) Test ist ein computerbasiertes Programm, das neurophysiologische Funktion und Symptome nach einer Concussion erfasst. Dieser Test dauert ungefähr 20 bis 25 Minuten.

Er besteht aus sechs verschiedenen Untertests, die die Bereiche Wortgedächtnis, das visuelle Gedächtnis, die visuell motorische Geschwindigkeit, die Reaktionszeit und die Impulskontrolle untersuchen. Des Weiteren gibt es einen Symptomfragebogen, der die Ausprägung von insgesamt 22 Symptomen erfragt. (36, 40) Der zuverlässigste Teilttest des ImPACT ist die Untersuchung der visuellen motorischen Geschwindigkeit auf mögliche Defizite aufgrund einer Concussion. (36)

Im ImPACT Test hatten Concussions einen negativen Effekt auf alle Testfelder. Unter anderem waren die Leistungen im Bereich der mathematischen Übung, des visuellen Gedächtnisses, der Verarbeitungszeit und der Gedächtnisfunktion verschlechtert. (41)

Um Lerneffekte zu vermeiden, nutzt ImPACT alternierende Werte in den einzelnen Übungen. Es wird eine Sensitivität von 81,9 bis 91,4% und eine Spezifität von 69,1 bis 89,4% angegeben. (36, 40, 42)

In einer Untersuchung mit High School Sportlern waren die Ergebnisse der ImPACT Basisuntersuchungen (engl. baselines scores) über mehrere Jahre relativ konstant. (40) Der ImPACT Test ist in der Akutphase einer Concussion, also in den ersten Tage nach einer Verletzung, in der Lage bei einem Großteil der Sportler mit einer Concussion Defizite aufzuzeigen. (36, 43) Der ImPACT Test sollte nur als Screening Tool eingesetzt werden. Auffälligkeiten sollten mittels weiterführender Untersuchungen durch einen Neuropsychologen abgeklärt werden. (43)

Beim King-Devick (KD) Oculomotor Test handelt es sich um eine Untersuchung der okulomotorischen Geschwindigkeit und der Augenbewegung. Laut Schätzungen sind okulomotorische Defizite bei 65 bis 90% der Sportler mit einer traumatischen Hirnverletzung zu finden. Unter anderem können die Sakkaden, Akkomodation, Fixierung oder das Lesen beeinträchtigt sein. Im King-Devick Test liest der Sportler einzelne Nummern auf insgesamt drei Karten. Die Zahlen auf den Karten sind jeweils besonderes angeordnet, sodass das Ablesen von Karte zu Karte schwieriger wird. Der Sportler hält die Karte in einem für ihn angenehmen Abstand und liest die Zahlen von links nach rechts und oben nach unten so schnell wie möglich vor ohne einen Fehler zu machen. Pro Karte hat er drei Versuche. Es wird jeweils die schnellste fehlerfreie Zeit festgehalten. Abschließend werden die drei Zeiten addiert, um eine Gesamtzeit zu erhalten. (36)

Für nicht-medizinische Helfer gibt es das Concussion Recognition Tool 5th Edition (CRT5), das sie dabei unterstützen soll, die Zeichen und Symptome einer Concussion zu erkennen. Mithilfe dieses Tools sollen Sportler rechtzeitig aus dem Wettkampf genommen und medizinischer Versorgung zugeführt werden. In diesem Test werden sichtbare Hinweise auf eine Concussion, z.B. Bewusstseinsverlust, Balanceprobleme, Verwirrung sowie typische Symptome wie z.B. Kopfschmerzen, Schwindel, Sehveränderungen abgefragt. Außerdem enthält er Fragen zur grob orientierenden Testung der Gedächtnisfunktion. Des Weiteren enthält der CRT5 Warnhinweise über ernsthafte Zustände wie z.B. epileptische Anfälle, aufgrund derer unmittelbar ein Transport in ein Krankenhaus veranlasst werden sollte. Zuguterletzt enthält der CRT5 Verfahrensanweisungen für den Umgang mit Sportlern, bei denen eine Concussion vermutet wird. (44)

Es wird intensiv an bildgebenden und alternativen diagnostischen Möglichkeiten einer Concussion geforscht. So gibt es Untersuchungen mit funktioneller Magnetresonanztomographie, mit Diffusionsgewichteter Magnetresonanztomographie mit Magnetresonanzspektroskopie oder auch mit Einzelphotonen-Emissionscomputertomografie (SPECT). Aktuell reicht die Evidenz aber nicht aus, um einen standardmäßigen Einsatz dieser Verfahren zu rechtfertigen. (1, 45)

Eine Kombination verschiedener Tests erhöht die korrekte Diagnosestellung einer Concussion. (12)

3.4. Das Sport Concussion Assessment Tool (SCAT)

Auf die Teiluntersuchungen des SCAT 2 wird ausführlich in Kapitel 3.2. eingegangen. In diesem Kapitel wird vor allem die historische Entwicklung des SCAT beschrieben.

Das ursprüngliche SCAT wurde von der Concussion in Sports Group (CISG) 2004 während einer Konferenz in Prag entwickelt. Es soll medizinisches Fachpersonal bei der genaueren Bewertung einer Sport related Concussion unterstützen.

Das SCAT kombinierte hierzu verschiedene Verfahren, die vorher einzeln verwendet worden waren, um eine Concussion zu untersuchen. Unter anderem wurde eine Symptom-Checkliste (PCSS – Post-Concussion Symptom Scale), Tests der kognitiven Fähigkeiten und Untersuchung der grob neurologischen Funktionen eingesetzt. (46)

2008 wurde eine überarbeitete Version, das SCAT 2, veröffentlicht. Dieser ist aktuell Standard der Deutschen Eishockey Liga und wurde auch in dieser Studie verwendet.

Das SCAT 2 beinhaltet insgesamt 8 verschiedene Tests, die Mediziner bei der genauen Untersuchung von Sportlern mit Verdacht auf eine Concussion unterstützen sollen.

Es wird weiterhin eine Symptom-Checkliste verwendet (PCSS). Außerdem gibt es eine Bewertung physischer Symptome einer Concussion. Die kognitive Funktion wird mittels Standardized Assessment of Concussion (SAC) bewertet. Die Maddocks Questions untersuchen in leicht abgewandelter Form die Orientierung des Sportlers. Grob neurologische Funktionen werden mittels des modified Balance Error Scoring Systems (mBESS), der Glasgow Coma Scale (GCS) und einer Koordinationstestung evaluiert.

Die verschiedenen Tests können unabhängig ausgewertet und abschließend zu einem Gesamtergebnis zusammen gerechnet werden. (46)

Wenn man die Ergebnisse von Sportlern mit Concussion und Sportlern ohne Concussion vergleicht, unterscheiden sich die Ergebnisse in allen oben genannten Subtests signifikant. Ein Unterschied von 3,5 Punkten im Gesamtergebnis des SCAT 2

im Vergleich zum Gesamtergebnis der Basisuntersuchung hat eine Sensitivität von 96% und eine Spezifität von 81%, um eine Concussion aufzuzeigen. (47)

2012 wurde während der 4. Internationalen Consensus Konferenz über Concussion im Sport in Zürich das SCAT 3 vorgestellt. Außerdem wurde ein neues Tool für Kinder, das "Child-SCAT 3", entwickelt. Die verschiedenen Tests des SCAT 3 beinhalten Indikatoren für eine notfallmäßige Versorgung, mögliche Zeichen einer Concussion, die GCS, Maddocks questions, anamnestische Fragen, eine Symptomevaluation, eine Untersuchung der kognitiven Fähigkeiten, Untersuchung des Nackens, einen Balance Test, einen Koordinationstest, Vorschläge für die medizinische Versorgung und Ratschläge über Concussion. Das Gesamtergebnis des SCAT 2 wurde aufgrund fehlender Evidenz für dessen Relevanz abgeschafft. Verbesserungen gegenüber des SCAT 2 waren unter anderem die Einführung von sichtbaren bzw. beobachtbaren Zeichen einer Concussion und die Nutzung eines Schaumkissens zur Erhöhung der Sensitivität der Balance-Testung. Außerdem wurde als Alternative zur Balance-Testung eine Ganguntersuchung hinzugefügt. Für nicht-medizinisches Personal wurde ein Concussion Recognition Tool (CRT) entwickelt, um Informationen über die Wichtigkeit der Erkennung einer Concussion und die rechtzeitige Entfernung eines Sportlers aus dem Wettkampf bei Verdacht auf eine Concussion zu erleichtern. (46)

Ein SCAT 4 existiert nicht. 2016 wurde die aktuellste Version, das SCAT 5, veröffentlicht, das größtenteils mit dem SCAT 3 übereinstimmt. Es wurde eine grob neurologische Untersuchung hinzugefügt und die Wortlisten des Standardized Assessment of Concussion (SAC) wurde auf 10 Wörter erhöht, um möglichen Lerneffekten vorzubeugen. Ihre Anwendung sollte randomisiert erfolgen während der Basisuntersuchung und nach Verletzung. Die Untersuchung des Langzeit-Gedächtnisses sollte frühestens nach fünf Minuten erfolgen. Die Untersuchung mittels SCAT sollte in Ruhe erfolgen. Dies bedeutet, dass ein Sportler ungefähr seinen Ruhepuls haben sollte, während die oben genannten Tests durchgeführt werden. (46)

Die Wichtigkeit des richtigen Untersuchungszeitpunktes wurde bereits untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass Sportler in Ruhe signifikant weniger Symptome angeben und signifikant weniger Fehler im mBESS gemacht haben als nach körperlicher Anstrengung. (48)

Das SCAT 5 ist für Sportler entwickelt, die mindestens 13 Jahre alt sind. Für Sportler im Alter von 5-12 Jahren gibt es ein Child-SCAT 5.

Insgesamt betrachtet haben sich die Symptom-Checkliste, das SAC und der mBESS als nützlichste Tests zur Unterscheidung von Sportlern mit Concussion und Sportlern ohne Concussion erwiesen, wenn die Ergebnisse mit den Werten einer Basisuntersuchung oder Normwerten verglichen wurden. (46, 49)

Die diagnostische Wertigkeit des SCAT und seiner Teiluntersuchungen nimmt drei bis fünf Tage nach einer Concussion signifikant ab. Daher ist das Tool nützlich, um Kontrolluntersuchungen und die Diagnosestellung einer Concussion zu erleichtern. Jedoch kann es nur bedingt genutzt werden, um die Genesung eines Sportlers zu bewerten und die Entscheidung über die Wiedererlangung der Einsatzfähigkeit eines Sportlers zu fällen. (46)

Das SCAT wird unter anderem von der Federation of International Football Associations (FIFA), der World Rugby Union, der Federacion Equestre Internationale, dem Olympischen Komitee und in abgewandelter Form von der National Football League (NFL) verwendet. (1)

3.5. Zielsetzung

Mit dieser Studie am Institut für Sportmedizin der Humboldt-Universität zu Berlin sollen Eishockeyspieler mit dem SCAT 2 (Sport Concussion Assessment Tool 2) evaluiert und mit einer weiteren Gruppe Sportler (Feldhockey) und einer Kontrollgruppe verglichen werden.

Hierbei liegt der Fokus auf folgenden Fragen:

1. Spiegeln sich die jahrelange starke Belastung und das hohe Risiko für das Erleiden einer oder mehrerer Concussions in einer intensiven Kontaktsportart (wie zum Beispiel Eishockey) in diesem Untersuchungsinstrument wieder?
2. Inwiefern lassen sich Gesamt- und Teilergebnisse des SCAT 2 in der Verlaufsdiagnostik nutzen?

Demnach ist das Ziel dieser Dissertation eine genaue Bewertung des SCAT 2 und seiner Subtests. Dadurch soll eine Einschätzung erarbeitet werden, inwiefern sich das SCAT 2 als Verlaufsbeobachtung des neurologischen bzw. neurokognitiven Zustandes von Leistungssportlern eignet. Da aktuell die Langzeitfolgen einer Concussion noch Gegenstand intensiver Forschung sind, sind eine Bewertung und ein besseres Verständnis aktuell genutzter Test umso wichtiger, um zukünftig eine bestmögliche medizinische Betreuung der Sportler aus Risikosportarten zu ermöglichen. Wenn die Möglichkeiten der Verlaufsbeobachtung und Testung nach Concussion optimiert

werden, kann man Sportler zielführender aus dem aktiven Wettkampf nehmen, um schwere neurologische und neurokognitive Langzeitfolgen zu vermeiden.

4. Material und Methodik

4.1. Studiendesign und Probanden

Bei dieser Studie handelt es sich um eine Querschnittsstudie, mit der untersucht werden soll, ob sich das Sport Concussion Assessment Tool 2 (SCAT 2) als präventive, neurologische Verlaufsdagnostik von Leistungssportlern eignet. Es wurden drei verschiedenen Gruppen mit dem SCAT 2 getestet: professionelle Leistungssportler aus der Sportart Eishockey (n=31), Amateursportler aus der Sportart Feldhockey (n=25) und eine zweite Kontrollgruppe von Nicht-Sportlern (n=25). Die Ein- bzw. Ausschlusskriterien sind in Tabelle 1 zu sehen.

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien

<u>Einschlusskriterien</u>	
Eishockey- und Feldhockeyspieler	Nicht-Sportler
<ul style="list-style-type: none"> • Aufklärung und Einwilligung • ein ausreichend guter Gesundheitszustand der Teilnehmer • männliche Probanden • Alter: 18-40 Jahre 	<ul style="list-style-type: none"> • betreiben keine Sportart mit erhöhtem Risiko für Schädel-Hirn-Traumata (SHT) (z.B. Fußball, Handball, Boxen, Kampfsport, etc.) • kein SHT in der Vorgeschichte (v.a. Gehirnerschütterung) • keine Vorerkrankungen, die das Gleichgewicht, die Konzentrations- oder die Gedächtnisfähigkeit beeinflussen • treiben < 5 Stunden Sport/ Woche
<u>Ausschlusskriterien</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • fehlendes Einverständnis des Probanden 	

Im Falle der Leistungssportler erfolgte die SCAT 2 Testung im Rahmen einer jährlichen Grunduntersuchung in der Abteilung für Sportmedizin der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Die Probanden der Feldhockey-Gruppe und der Nicht-Sportler-Gruppe wurden ebenfalls in dieser Abteilung getestet (Ethikvotum HU-KSBF-EK_2018_0012).

Sowohl den Probanden der Feldhockey- als auch der Nicht-Sportler-Gruppe wurden Studieninformationen mindestens 24 Stunden vor dem Untersuchungstermin zur Verfügung gestellt und von allen Probanden wurde eine Einwilligungserklärung zur Studienteilnahme unterschrieben. Die Untersuchungen fanden im Zeitraum vom 05.04.2019 bis 01.08.2019 statt. Von einem Teil der Leistungssportler lagen ältere Untersuchungen aus dem Jahr 2017 vor, die mit den 2019 erhobenen Daten derselben Sportler verglichen werden sollen. Im Falle der Leistungssportler handelt es sich um eine retrospektive, pseudonyme Auswertung von Institutsdaten (Ethikkommission HU-KSBF-EK_2018_0004).

4.2. Variablen und Messmethoden

4.2.1. Populationsbeschreibung

Angaben zu Alter, Geschlecht, Anzahl der wöchentlichen Trainingsstunden, Zeitraum der sportlichen Betätigung und Anzahl der Jahre im Profisport wurden mittels eines standardisierten Fragebogens teilweise mündlich erhoben oder selbstständig von den Probanden ausgefüllt (Anlage 1). Angaben zu Gehirnerschütterungen wie deren Anzahl in der Vorgeschichte der Probanden, den Beschwerdezeitraum und Sportpausen wurde als Teil desselben Fragebogens erhoben.

4.2.2. Das Sport Concussion Assessment Tool 2

Das Sport Concussion Assessment Tool 2 (Anlage 2) wurde in der Version verwendet, wie sie im Sportmedizinischen Untersuchungsbogen für Spieler der Deutschen Eishockey Liga (Stand 10/2013, Artikelnummer: 24-11-5450-9) zu finden ist, da dies der festgelegte Standard für die Leistungssportler ist. (50) Dieselbe Version wurde auch für die beiden Kontrollgruppen verwendet, um eine Vergleichbarkeit zwischen allen Gruppen herzustellen. Bei einem Teil der Probanden, insbesondere aus der Gruppe der Leistungssportler, wurde das SCAT 2 auf Englisch durchgeführt, da dies die Muttersprache dieser Sportler ist. Hierbei wurde dieselbe, deutschsprachige Version des SCAT 2 benutzt wie bei allen anderen Probanden. Jedoch wurden die verschiedenen Erläuterungen der Tests in Anlehnung an den englischsprachigen

Original-Score übersetzt. (51) Wenn Erläuterungen zu einem genauen Testablauf fehlten, wurde das englischsprachige Original SCAT 2 zu Rate gezogen.

Folgende Untersuchungen sind Teile dieser Version des SCAT 2:

- eine Symptom Evaluation, die in Form eines Fragebogens die Ausprägung von 24 Symptomen abfragt
- zwei Fragen zu klinischen Zeichen einer Gehirnerschütterung
- die Glasgow Coma Scale
- das Standard Assessment of Concussion (SAC), das Fragen zur Orientierung, einen Test des primären Erinnerungsvermögens, einen Test der Konzentration und einen Test des Langzeit-Erinnerungsvermögens beinhaltet
- ein Koordinationstest
- ein Gleichgewichtsscore

Diese verschiedenen Tests wurden bei allen Probanden auf gleiche Art und Weise durchgeführt und ihnen mit den im Score zu findenden Texten standardisiert erklärt. Die Erhebung des SCAT 2 dauert ca. 15 Minuten pro Proband.

Die Symptom Evaluation und die klinischen Zeichen (siehe Abbildung 1) wurden entweder von den Probanden selbst ausgefüllt oder durch den Untersucher abgefragt.

VERBLEIB
 Untersuchender Sportarzt

SYMPTOM EVALUATION

Wie geht es Ihnen?

Sie sollen die folgenden Symptome bei sich einschätzen, wie sie aktuell vorliegen. Nach dem Durchlesen jedes Symptoms, kreisen Sie bitte die Nummer ein, die am besten beschreibt, wie Sie sich heute fühlen. Eine Bewertung von 0 bedeutet, dass dieses Symptom heute nicht vorliegt. Eine Bewertung von 6 bedeutet, dass dieses Symptom Sie heute erheblich beeinträchtigt.

SYMPTOME	keine	leicht		mittel		stark	
Ich fühle mich „nicht richtig“	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Kopfschmerzen	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe das Gefühl, dass der Kopf „drückt“	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Nacken-Schmerzen	0	1	2	3	4	5	6
ich habe Übelkeit/Erbrechen	0	1	2	3	4	5	6
Ich bin verwirrt oder durcheinander	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Gleichgewichtsprobleme	0	1	2	3	4	5	6
Mir ist schwindelig	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich müde oder erschöpft	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Schwierigkeiten einzuschlafen	0	1	2	3	4	5	6
Mir ist schläfrig zu Mute	0	1	2	3	4	5	6
Ich reagiere empfindlich auf Licht	0	1	2	3	4	5	6
Ich reagiere empfindlich auf Lärm	0	1	2	3	4	5	6
Ich bin reizbar	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich traurig	0	1	2	3	4	5	6
Ich bin nervös oder ängstlich	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich erregbarer	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich „nebelig“	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Konzentrationsschwierigkeiten	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Seh-Probleme	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle Taubheit oder Kribbeln im Körper	0	1	2	3	4	5	6
Ich schlafe mehr als üblich	0	1	2	3	4	5	6
Ich schlafe weniger als üblich	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich verlangsamt	0	1	2	3	4	5	6

Waren Sie bewusstlos oder nicht ansprechbar? _____

Falls ja, wie lange? _____

Lag eine Gleichgewichtsstörung/Unsicherheit vor? _____

Abbildung 1 aus (50): Symptom Evaluation und klinische Fragen

Da die Probanden bei vollem Bewusstsein waren, wurde die Glasgow Coma Scale in ihren einzelnen Teilen mit der Maximalpunktzahl versehen.

Das Standard Assessment of Concussion umfasst insgesamt vier Teilübungen. An erster Stelle stehen fünf Fragen zur Orientierung; genauer zu Monat, Datum, Wochentag, Jahr und Uhrzeit. Zweitens erfolgt eine Testung des primären Erinnerungsvermögens durch das Vorlesen und dann direkte Abfragen von drei unterschiedlichen Listen mit jeweils fünf verschiedenen Begriffen. Drittens erfolgt ein Konzentrationstest mittels Abfragen von vier jeweils um eine Zahl länger werdende Zahlenreihen, die von den Probanden rückwärts wiederholt werden müssen. Dabei besteht die erste Reihe aus drei Zahlen. Bei einem Fehler wird den Probanden eine zweite, andere Zahlenreihe als zweiter Versuch eingeräumt. Wird diese erneut fehlerhaft wiederholt, ist das Abfragen der Zahlenreihen beendet und die verbliebenen Zahlenreihen werden als fehlerhaft gewertet. Als letzten Teil des Konzentrationstests werden in jedem Fall die Monate des Jahres in umgekehrter Reihenfolge aufgezählt. Viertens erfolgt ein Test des Langzeit-Erinnerungsvermögens, der aber erst nach Beendigung der restlichen Übungen erfolgt. Die Probanden werden darum gebeten, alle Wörter aus den vorherigen drei Listen zu nennen, an die sie sich noch erinnern können. Hierbei ist ein Zielwert von fünf richtigen Begriffen vorgegeben. Um mögliche Lerneffekte, vor allem bei den Probanden der Eishockeygruppe zu erfassen, wurde zusätzlich die tatsächliche Anzahl der richtig erinnerten Begriffe erfasst. Bei den oben genannten Tests wurden alle richtigen oder falschen Antworten in den dafür vorgesehenen Kästen mittels Haken markiert (siehe Abbildungen 2 und 3).

VERBLEIB
 Untersuchender Sportarzt

STANDARDIZED ASSESSMENT OF CONCUSSION

ORIENTIERUNG (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /5

- Welcher Monat ist gerade? 0 1
- Welches Datum ist heute? 0 1
- Welcher Wochentag ist heute? 0 1
- In welchem Jahr befinden wir uns? 0 1
- Wie spät ist es jetzt etwa? (innerhalb 1h) 0 1

PRIMÄRES ERINNERUNGSVERMÖGEN (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /15

„Ich werde jetzt Ihr Gedächtnis testen. Ich lese Ihnen eine Liste von Wörtern vor und wenn ich fertig bin, wiederholen Sie so viele Wörter wie Sie sich erinnern können, in beliebiger Reihenfolge.“

Versuch 2 und 3: „Ich wiederhole jetzt diese Wörter. Wiederholen Sie in beliebiger Reihenfolge so viele verschiedene Wörter wie möglich, auch wenn Sie das Wort schon einmal gesagt haben.“

Füllen Sie nun alle drei Testabläufe aus, unabhängig von der Punktzahl bei Test 1 und 2. Lesen Sie die Worte in je einer Sekunde. Markieren Sie „1“ für jede richtige Antwort. Die Gesamtpunktzahl ergibt sich aus der Summe aller drei Tests. Informieren Sie den Spieler nicht, dass die Wörter später, nach der Konzentrations- und Koordinationstestung, nochmals abgefragt werden.

Variante A	Variate B	Variante C	Variante D	Test 1	Test 2	Test 3
Ellenbogen	Kerze	Baby	Affe	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Apfel	Papier	Affe	Cent	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Teppich	Zucker	Parfüm	Decke	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Sattel	Brot	Sonne	Limone	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Blase	Wagen	Eisen	Insekt	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

LANGZEIT-ERINNERUNGSVERMÖGEN (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /5

„Erinnern Sie sich an die Wörter von vorhin? Sagen Sie mir so viele Wörter wie möglich in beliebiger Reihenfolge. Markieren Sie jedes richtig genannte Wort.“

Variante A	Variate B	Variante C	Variante D	Test 1	Test 2	Test 3
Ellenbogen	Kerze	Baby	Affe	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Apfel	Papier	Affe	Cent	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Teppich	Zucker	Perfüm	Decke	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Sattel	Brot	Sonne	Limone	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Blase	Wagen	Eisen	Insekt	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

Abbildung 2 aus (50): Standardized Assessment of Concussion

VERBLEIB

Untersuchender Sportarzt

KONZENTRATION (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /5

Ziffern rückwärts:

„I am going to read you a string of numbers and when I am done, you repeat them back to me backwards, in reverse order of how I read them to you. For example, if I say 7-1-9, you would say 9-1-7.“

If correct, go to next string length. If incorrect, read trial 2. One point possible for each string length. Stop after incorrect on both trials. The digits should be read at the rate of one per second.

„Ich lese Ihnen eine Reihe von Zahlen vor und wenn ich fertig bin, wiederholen Sie diese in umgekehrter Reihenfolge. Zum Beispiel, wenn ich 7-1-9 sage, würden Sie 9-1-7 sagen.“

Bei richtigem Ergebnis, wird die nächstlängere Zahlenreihe getestet. Bei falschem Ergebnis erfolgt ein 2. Versuch mit Variante B. Für jede richtige Zahlenfolge wird 1 Punkt gegeben. Wenn 2 gleiche Ziffernfolgen falsch waren, endet der Test. Die Ziffern sollen mit einer Sekunde Abstand vorgelesen werden.

Variante A	Variate B	Variante C	Variante D
4-9-3	6-2-9	5-2-6	4-1-5
3-8-1-4	3-2-7-9	1-7-9-5	4-9-6-8
6-2-9-7-1	1-5-2-8-6	3-8-5-2-7	6-1-8-4-3
7-1-8-4-6-2	5-3-9-1-4-8	8-3-1-9-6-4	7-2-4-8-5-6

Test

0 1

0 1

0 1

0 1

Monate in umgekehrter Reihenfolge:

„Nun sagen Sie mir die Monate des Jahres in umgekehrter Reihenfolge auf. Beginnen Sie mit dem letzten Monat, beginnend mit Dezember.“ (1 Punkt für eine korrekte Sequenz)

Dez-Nov-Okt-Sept-Aug-Jul-Jun-Mai-Apr-Mär-Feb-Jan

0 1

KOORDINATION

WERT: /1

Note for testers: Athletes fail the test if they do not touch their nose, do not fully extend their elbow or do not perform five repetitions. Failure should be scored as 0.

Finger-Nase-Test (FNT): „Ich werde jetzt Ihre Koordination testen. Setzen Sie sich bitte bequem auf den Stuhl mit offenen Augen und ausgestrecktem Arm (rechts oder links, Schulter um 90° gebeugt, Ellenbogen und Finger gestreckt). Wenn ich ein Startsignal gebe, sollen Sie fünfmal nacheinander den Zeigefinger so schnell und so genau wie möglich auf der Nasenspitze aufsetzen.“

Wertung: 5 richtige Wiederholungen in <4 Sekunden = 1

Hinweis für Tester: Sportler bestehen die Prüfung nicht, wenn sie ihre Nase nicht berühren, den Ellenbogen nicht voll strecken oder keine fünf Wiederholungen schaffen. Fehler werden als 0 gewertet.

Welcher Arm wurde getestet? l r

Abbildung 3 aus (50): Standardized Assessment of Concussion und Koordinationstest

Beim bereits erwähnten Koordinationstest (siehe Abbildung 3) handelt es sich um einen Finger-Nase-Test, bei dem in fünf Wiederholungen unter vier Sekunden der Zeigefinger bei gestrecktem Ellenbogen und zur Seite gerichteten Arm so schnell und akkurat wie möglich zur Nase geführt und diese berührt werden muss. Benötigt ein Proband länger als vier Sekunden für das Erfüllen dieses Tests, wird dieser als nicht erfolgreich bewertet und dies im entsprechend Kasten vermerkt.

Als letzter Teil des SCAT 2 wurde ein Gleichgewichtsscore erhoben. Dieser besteht aus drei verschiedenen Gleichgewichtsübungen: dem Zweibeinstand, dem Einbeinstand und dem Tandem-Stand. Zu diesen Übungen gibt es sowohl Abbildungen (siehe Abbildung 4) als auch Erläuterungen, mit deren Hilfe sie den Probanden standardisiert erklärt und vorgemacht werden können. Sowohl der Einbein- als auch der Tandem-Stand werden unter Berücksichtigung des nicht-dominanten Beines durchgeführt. Bei allen Übungen werden die Probanden gebeten die genaue Position einzunehmen und diese dann mit geschlossenen Augen für 20 Sekunden zu halten. Die Zeiten wurden mit einer einfachen Stoppuhr-App auf einem Smartphone gemessen (iPhone 8, Apple Inc., Cupertino, USA). Mögliche Fehler bei der Ausführung der Gleichgewichtsübungen wie das Abheben der Hände, Öffnen der Augen, das Vollziehen eines Ausfallschrittes oder einer Fallbewegung, das Abduzieren der Hüfte über 30°, das Heben von Vorfuß oder Ferse und das Verlassen der Position über fünf Sekunden wurden für die jeweiligen Übungen gezählt und schriftlich festgehalten. Die Probanden wurden instruiert beim möglichen Verlassen der Position immer so schnell wie möglich in diese zurück zu kehren.

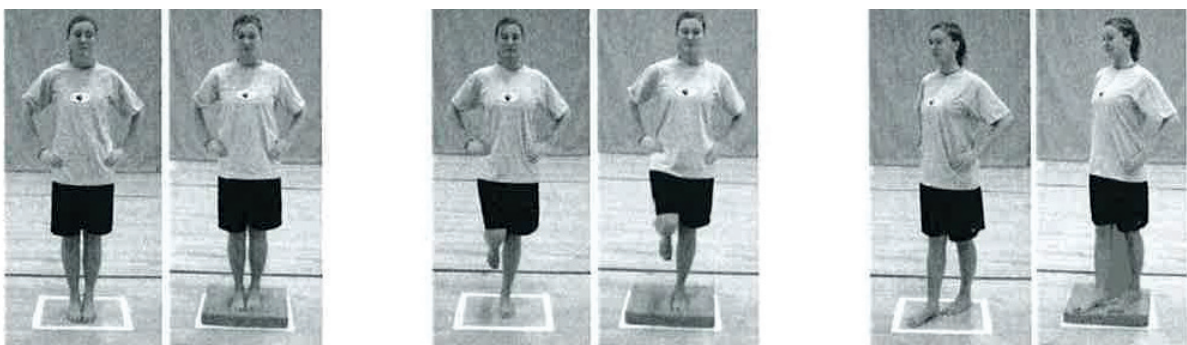


Abbildung 4 aus (50): Abbildungen zu den drei verschiedenen Gleichgewichtsübungen

4.3. Auswertung der Fragebögen und des Sport Concussion Assessment Tools 2

Bei den Fragebögen zu Gehirnerschütterungen wurde die Gesamtzahl der bereits aufgetretenen Gehirnerschütterungen summiert. Der Zeitraum von nach einer Gehirnerschütterung auftretenden Beschwerden wurde als arithmetischer Mittelwert der jeweiligen von den Probanden angegebenen Zeiträume errechnet. Gleiches gilt für den Zeitraum der nach der jeweiligen Gehirnerschütterung aufgetretenen Sportpause. Beim Sport Concussion Assessment Tool wurden die Ergebnisse der einzelnen Teiltests summiert und auf dem Deckblatt eingetragen. So konnte am Ende der Auswertung der Gesamtwert des SCAT 2 bestimmt werden. Hierbei war ein maximaler Wert von 102 zu erreichen. Bei der Symptom Evaluation wurden die Anzahl der von den Probanden angegebenen Symptomen von der Gesamtzahl der Symptome, also 24, subtrahiert. Außerdem wurde der Symptom-Schwere-Score errechnet, in dem die Ausprägung der von den Probanden angegebenen Symptome auf der Skala von Null bis Sechs für alle Symptome addiert wurde. Dieser Symptom-Schwere-Score wird aber nicht mit in den Gesamtwert des SCAT 2 einbezogen, sondern dient einer zusätzlicher Einschätzung der Symptomausprägung. Bei den zwei Fragen zu klinischen Zeichen einer Gehirnerschütterung wurde bei allen Probanden die maximale Punktzahl von zwei Punkten erhoben, da bei keinem der Probanden eine akute Gehirnerschütterung vorlag und die Fragen somit verneint wurden. Diese zwei Punkte sind Teil des Gesamtwertes des SCAT 2. Hierzu kommen 15 Punkte der Glasgow Coma Scale, die wie oben bereits erwähnt logischerweise bei allen Probanden den Maximalwert ergab, da alle Probanden bei vollem Bewusstsein waren. Das Symptom Assessment of Concussion wurde durch Summierung der Ergebnisse in den vier hierzu gehörigen Tests berechnet. Bei den Fragen zur Orientierung waren demnach maximal fünf Punkte, bei der Testung des primären Erinnerungsvermögens 15 Punkte, bei der Testung des Langzeit-Erinnerungsvermögens 5 Punkte und beim Konzentrationstest ebenfalls 5 Punkte möglich. Folglich war hierbei ein Maximalwert von insgesamt 30 Punkten möglich, der in den Gesamtwert des SCAT 2 mit eingeflossen ist. Falls die Probanden bei der Testung des Langzeiterinnerungsvermögens mehr als 5 Begriffe nennen konnten, wurde der Wert der tatsächlich erinnerten Begriffe zusätzlich notiert. Der Gleichgewichtsscore wurde durch Subtraktion der summierten Fehlerzahl der drei verschiedenen Gleichgewichtsübungen von der maximalen Punktzahl bei fehlerfreier Durchführung von 30 Punkten errechnet und in den Gesamtwert des SCAT 2 einbezogen. Schließlich gab es für die erfolgreiche Durchführung des Koordinationstest einen Punkt und

dementsprechend für die nicht erfolgreiche keinen Punkt, was auch in den Gesamtwert des SCAT 2 einbezogen wurde. Bei der hier verwendeten Version des SCAT 2 wird das Verständnis der Berechnung des Gesamtwertes beim Untersucher vorausgesetzt, sodass Erläuterungen dazu auf dem Untersuchungsbogen fehlen. Um eine korrekte Berechnung der Ergebnisse des SCAT 2 zu gewährleisten, wurden deshalb die Erläuterungen aus dem englischsprachigen Original-SCAT 2 genutzt (51). Dadurch konnten die Berechnungen in der Version der Deutschen Eishockeyliga standardisiert durchgeführt werden.

4.4. Statistische Analysen

Die statistischen Analysen wurden mithilfe von SPSS 25 für Mac (SPSS Inc., Chicago, Illinois/USA) und Microsoft Excel für Windows (Excel 2016 für Windows, Redmond, Washington/USA) durchgeführt. Für alle Variablen werden als Deskriptivstatistiken neben Gruppenstärken Maße der zentralen Tendenz, (arithmetischer Mittelwert), sowie Streuungsmaße (Standardabweichungen, Minimum, Maximum) berichtet. Alle Variablen wurden sowohl visuell als auch mit dem Shapiro-Wilk-Test auf eine Normalverteilung untersucht, die bei keiner der Variablen gegeben war. Folglich wurden die Variablen mit nicht-parametrischen Tests miteinander verglichen. Im Falle von drei zu vergleichenden Gruppen wurde der Kruskal-Wallis-Test und für zwei Gruppen der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Im Einklang mit gängigen internationalen Forschungsstandards wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0,05$ festgelegt. Für die Variable „Koordination“ wurden mit Excel (Excel 2016 für Windows, Redmond, Washington/USA) Konfidenzintervalle nach Clopper-Pearson berechnet, um so mögliche signifikante Unterschiede aufzeigen oder ausschließen zu können (52). Denn bei der Variable „Koordination“ handelt es sich um die einzige dichotome Variable (mit zwei möglichen Werten: 1 = bestehen; 2 = nicht bestehen) des SCAT 2. Die restlichen Variablen sind metrisch. Mit Ausnahme der Variable „Koordination“ wurde für die Gruppenvergleiche aller Variablen die Effektstärke Cohen's d berechnet. Dies war durch eine Transformation der Werte aus den nicht-parametrischen Tests mit einem im Internet zugänglichen Rechenprogramm möglich (53-55). Cohen's d kann als kein (< 0.2), kleiner (≥ 0.2), mittlerer (≥ 0.5) oder großer (≥ 0.8) Effekt interpretiert werden (55). Boxplots wurden mittels SPSS 25 für Mac (SPSS Inc., Chicago, Illinois/USA) und Tabellen mit Microsoft Word bzw. Excel für Mac (Microsoft Word bzw. Excel 2011 für Mac, Redmond, Washington/USA) erstellt.

5. Ergebnisse

5.1. Populationsbeschreibung

Die Probanden der drei Gruppen – Eishockey (n=31), Feldhockey (N=25) und Nicht-Sportler (n=25) – füllten alle, vollständig einen standardisierten Fragebogen zur Gehirnerschütterung aus und wurden mittels der oben bereits beschriebenen Version des SCAT 2 untersucht. Demnach gab es sowohl 81 Fragebögen als auch 81 SCAT 2 Bögen, die statistisch ausgewertet werden konnten. Im Falle der Eishockeygruppe gab es für einen Teil der Spieler (n=12) SCAT 2 Bögen von einer Grunduntersuchung aus dem Jahr 2017, die mit den Werten derselben 12 Spieler aus der SCAT 2 Untersuchung aus 2019 verglichen werden konnten. Die Mittelwerte der drei Gruppen zu den Variablen Alter, Geschlecht, Anzahl der wöchentlichen Trainingsstunden, Zeitraum der sportlichen Betätigung und Anzahl der Jahre im Profisport, Anzahl der bereits absolvierten SCAT 2-Untersuchungen und Anzahl der Probanden mit Gehirnerschütterungen in der Vorgeschichte, sind in Tabelle 2 zu finden.

Tabelle 2: Populationsbeschreibung (Mittelwerte \pm SD)

	Eishockey	Feldhockey	Nicht-Sportler
Alter (Jahre)	26.26 (\pm 5.64)	23.32 (\pm 3.44)	25.20 (\pm 3.92)
Geschlecht	männlich	männlich	männlich
Sport pro Woche (Stunden)	15.71 (\pm 3.73)	6.40 (\pm 1.58)	-
Sport (Jahre)	21.00 (\pm 5.28)	17.64 (\pm 3.19)	-
Profisport (Jahre)	7.26 (\pm 5.16)	-	-
Gehirnerschütterung in der Vorgeschichte (Prozentualer Anteil der Probanden)	61%	32%	-
vorherige SCAT 2 Testung	5.29 (\pm 4.22)	-	-
	n=31	n=25	n=25

Bei der genaueren Analyse der Fragen zu Gehirnerschütterungen der Probanden der Eishockey- und der Feldhockeygruppen sind signifikante Unterschiede bei der Anzahl der Gehirnerschütterungen in der Vorgeschichte, der Beschwerdedauer nach einer

Gehirnerschütterung und der Anzahl an Tagen der Sportpause festgestellt worden. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Daten zu Gehirnerschütterungen

	Gehirnerschütterungen insgesamt		Beschwerden (Tage)		Sportpause (Tage)	
	Eishockey	Feldhockey	Eishockey	Feldhockey	Eishockey	Feldhockey
Mittelwert (± SD)	1.13 (± 1.34)	0.44 (± 0.77)	9.81 (± 16.03)	0.76 (± 1.67)	13.32 (± 15.82)	1.61 (± 3.71)
Probandenanzahl	31	25	18	24	19	24
Signifikanz	p=0.019		p<0.001		p<0.001	
Effektstärke Cohen's <i>d</i>	0.6		1.167		1.292	

5.2. Hauptwerte des SCAT 2

Zwischen den drei Gruppen waren für die Werte der Tests, die zum Gesamtwert des SCAT 2 addiert werden, keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Für die Symptom Evaluation ($p=0,074$) wird dies in Abbildung 5 erkenntlich.

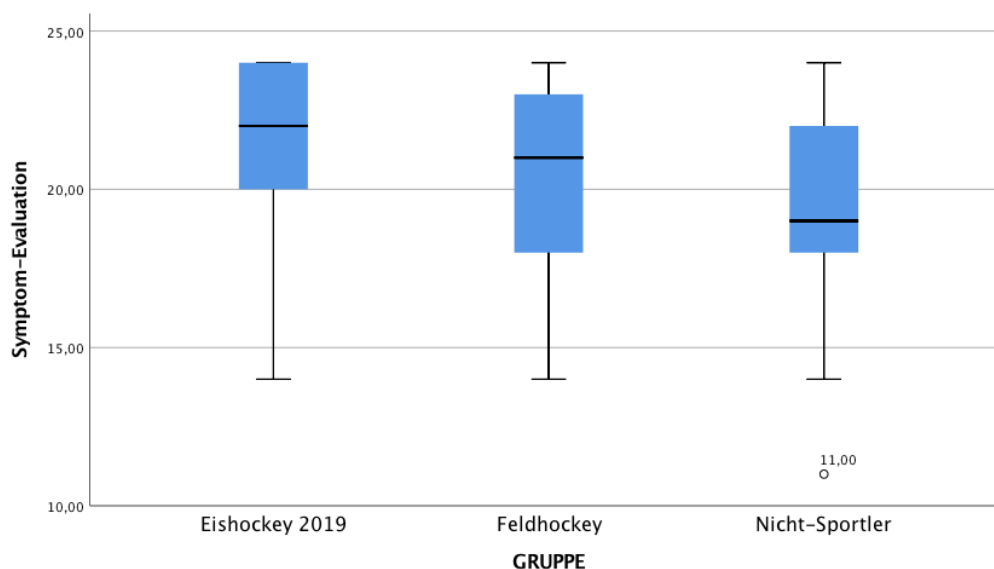


Abbildung 5: Boxplot der Symptom Evaluation

Sowohl bei den klinischen Fragen (maximal zwei Punkte möglich) als auch der Glasgow Coma Scale (maximal 15 Punkte möglich) erhielten alle getesteten Probanden die Maximalpunktzahl, sodass sich statistische Vergleiche erübrigten. Demnach sind bei allen Probanden diese 17 Punkte in das Gesamtergebnis des SCAT 2 eingeflossen.

Die Ergebnisse des Gleichgewichtsscores ($p=0,818$) sind in Abbildung 6 zu finden.

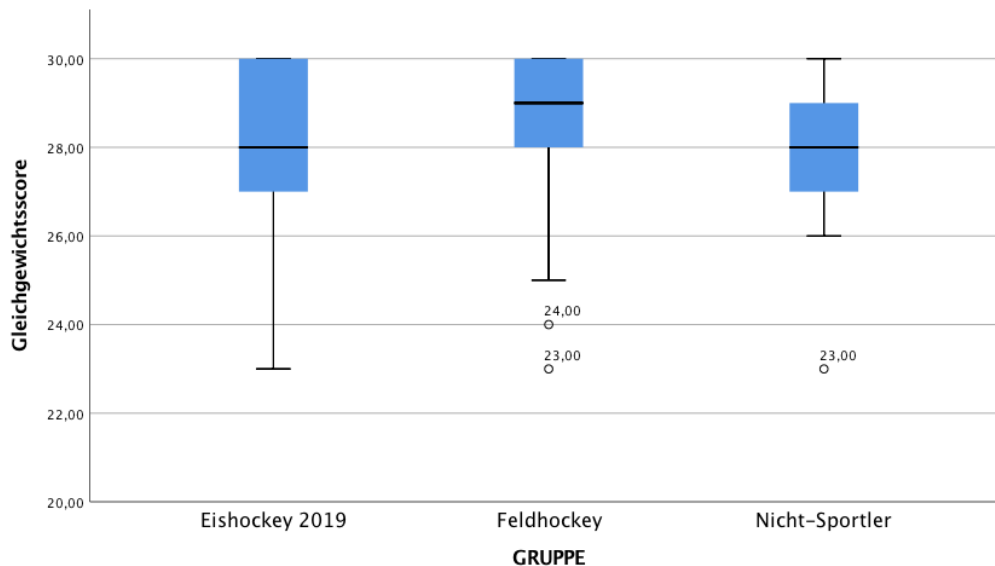


Abbildung 6: Boxplot des Gleichgewichtsscores

Das Gesamtergebnis des Standard Assessment of Concussion (SAC, $p=0,217$) ist in Abbildung 7 dargestellt.

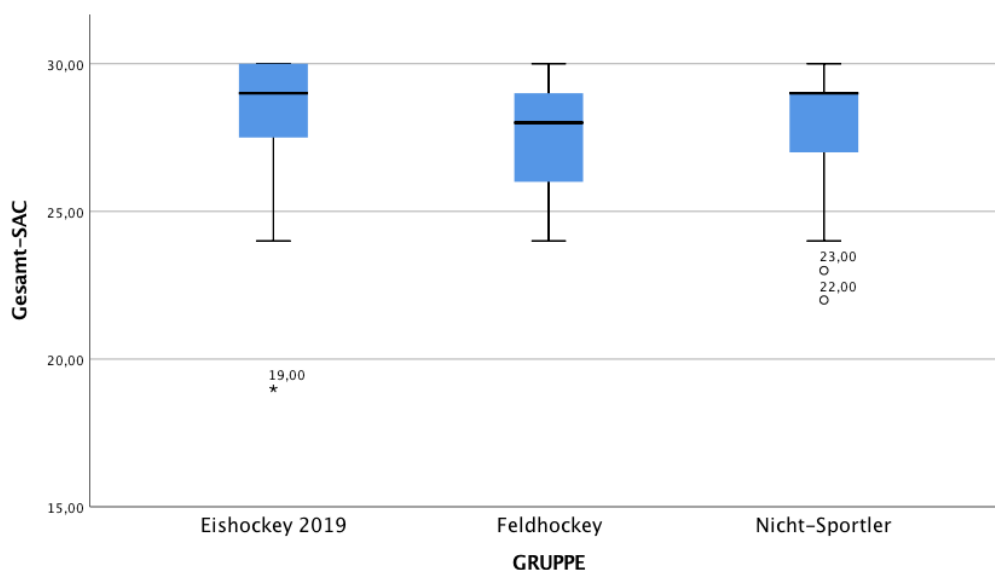


Abbildung 7: Boxplot des Standard Assessment of Concussion (SAC)

Für den Koordinationstest wurden Konfidenzintervalle der Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Durchführens des Tests durch einen Probanden berechnet. Hiermit konnte gezeigt werden, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen für das erfolgreiche Durchführen des Koordinationstests bestehen. Dies ist in Tabelle 4 aufgezeigt.

Tabelle 4: Wahrscheinlichkeit für erfolgreichen Koordinationstest

	Koordinationstest erfolgreich	Stichprobengröße	95%-Konfidenzintervall für die Wahrscheinlichkeit	
			untere Grenze	obere Grenze
Eishockey (n=31)	22	31	0.52	0.86
Feldhockey (n=25)	14	25	0.35	0.76
Nicht-Sportler (n=25)	19	25	0.55	0.91

Auch das Gesamtergebnis des SCAT 2 unterschied sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen ($p=0,056$). Dies ist in Abbildung 8 erkenntlich.

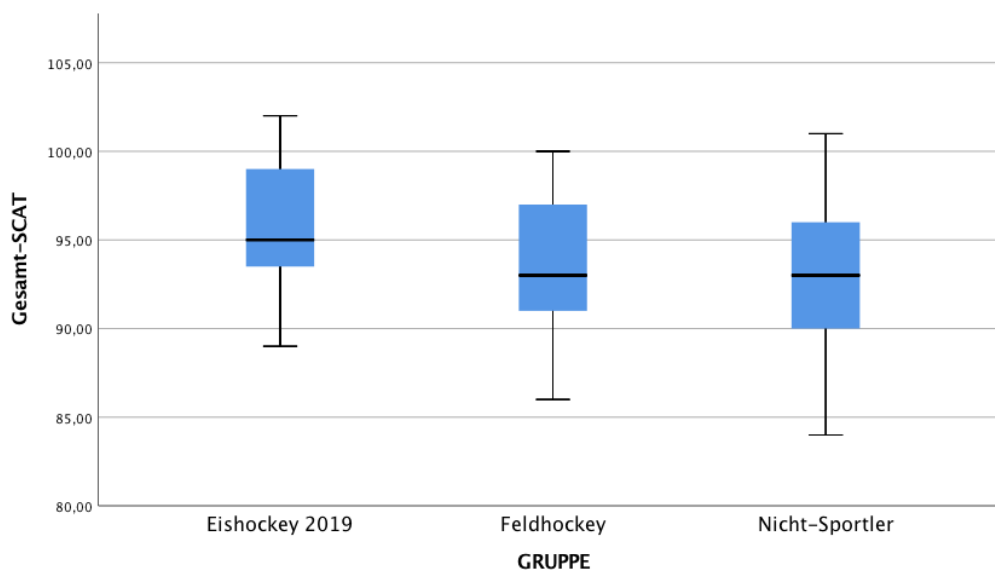


Abbildung 8: Boxplot für das Gesamtergebnis des SCAT 2

Eine zusammenfassende Übersicht der wichtigsten statistischen Kennzahlen der Hauptwerte des SCAT 2 finden sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Übersicht der Hauptwerte des SCAT 2

Hauptwert des SCAT 2	Probanden- gruppe	Mittelwert (± SD)	Minimum	Maximum	Signifikanz	Cohen's <i>d</i>
Symptom Evaluation	Eishockey (n=31)	21.52 (± 2.66)	14	24	p=0.074	d=0.413
	Feldhockey (n=25)	20.08 (± 3.29)	14	24		
	Nicht-Sportler (n=25)	19.6 (± 3.54)	11	24		
Klinische Fragen	Eishockey (n=31)	2	-	-	-	-
	Feldhockey (n=25)	2	-	-	-	-
	Nicht-Sportler (n=25)	2	-	-	-	-
Glasgow Coma Scale	Eishockey (n=31)	15	-	-	-	-
	Feldhockey (n=25)	15	-	-	-	-
	Nicht-Sportler (n=25)	15	-	-	-	-
Gleichgewichts- score	Eishockey (n=31)	28.13 (± 1.82)	23	30	p=0.818	d=0.289
	Feldhockey (n=25)	28.08 (± 2.06)	23	30		
	Nicht-Sportler (n=25)	28 (± 1.66)	23	30		
Gesamtwert SAC	Eishockey (n=31)	28.19 (± 2.23)	19	30	p=0.217	d=0.234
	Feldhockey (n=25)	27.72 (± 1.65)	24	30		
	Nicht-Sportler (n=25)	27.52 (± 2.26)	22	30		
Koordinations- test	Eishockey (n=31)	0.71 (± 0.46)	0	1	p>0,05	-
	Feldhockey (n=25)	0.56 (± 0.51)	0	1		
	Nicht-Sportler (n=25)	0.76 (± 0.44)	0	1		

Gesamtergebnis SCAT 2	Eishockey (n=31)	95.55 (± 3.62)	89	102	p=0.056	d=0.45
	Feldhockey (n=25)	93.44 (± 4.37)	86	100		
	Nicht-Sportler (n=25)	92.88 (± 4.33)	84	101		

5.3. Subanalyse der einzelnen Tests des SCAT 2

5.3.1. Symptom Evaluation und Symptom-Schwere-Score

Die Symptom Evaluation wurde mittels deskriptiver Statistik genauer betrachtet, um festzustellen, welche Symptome in welcher Häufigkeit von den Probanden (n=81) angegeben wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Für den Symptom-Schwere-Score, der als Maß dafür dient, wie stark die jeweiligen Symptome bei einem Probanden ausgeprägt sind, wurden zwischen den drei Gruppen keine signifikanten Unterschiede gefunden (p=0,143). Dies wird in Abbildung 9 ersichtlich.

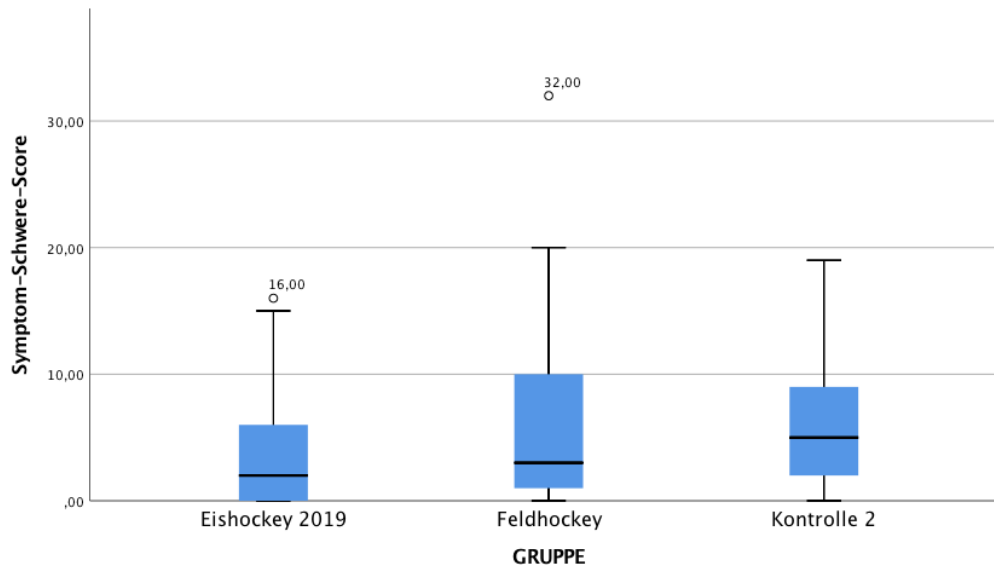


Abbildung 9: Boxplot des Symptom-Schwere-Scores

Tabelle 6: Analyse der Symptom Evaluation

	Symptom	Mittelwert (\pm SD)	Minimum	Maximum	Symptom verneint von
1	Ich fühle mich "nicht richtig"	0.17 (\pm 0.44)	0	2	85.2%
2	Ich habe Kopfschmerzen	0.06 (\pm 0.24)	0	1	93.8%
3	Ich habe das Gefühl, dass der Kopf "drückt"	0.14 (\pm 0.38)	0	2	87.7%
4	Ich habe Nacken-Schmerzen	0.32 (\pm 0.77)	0	4	79%
5	Ich habe Übelkeit/ Erbrechen	0	0	0	100%
6	Ich bin verwirrt oder durcheinander	0.07 (\pm 0.35)	0	2	95.1%
7	Ich habe Gleichgewichtsprobleme	0.02 (\pm 0.16)	0	1	97.5%
8	Mir ist schwindelig	0.02 (\pm 0.16)	0	1	97.5%
9	Ich fühle mich müde oder erschöpft	1.04 (\pm 1.03)	0	4	37%
10	Ich habe Schwierigkeiten einzuschlafen	0.51 (\pm 1.00)	0	4	74.1%
11	Mir ist schläfrig zu Mute	0.4 (\pm 0.61)	0	2	66.7%
12	Ich reagiere empfindlich auf Licht	0.11 (\pm 0.42)	0	3	91.4%
13	Ich reagiere empfindlich auf Lärm	0.27 (\pm 0.69)	0	4	81.5%
14	Ich bin reizbar	0.23 (\pm 0.58)	0	3	82.7%
15	Ich fühle mich traurig	0.19 (\pm 0.55)	0	3	87.7%
16	Ich bin nervös oder ängstlich	0.21 (\pm 0.56)	0	3	85.2%
17	Ich fühle mich erregbarer	0.19 (\pm 0.57)	0	3	87.7%
18	Ich fühle mich "nebelig"	0.04 (\pm 0.19)	0	1	96.3%
19	Ich habe Konzentrationsschwierigkeiten	0.22 (\pm 0.63)	0	4	85.2%
20	Ich habe Seh-Probleme	0.04 (\pm 0.19)	0	1	96.3%
21	Ich fühle Taubheit oder Kribbeln im Körper	0.02 (\pm 0.22)	0	2	98.8%
22	Ich schlafe mehr als üblich	0.31 (\pm 1.01)	0	5	88.9%
23	Ich schlafe weniger als üblich	0.57 (\pm 0.93)	0	3	66.7%
24	Ich fühle mich verlangsamt	0.21 (\pm 0.61)	0	3	86.4%

n=81

5.3.2. Standard Assessment of Concussion (SAC)

Beim Vergleich der Teilttests des Standard Assessments of Concussion fielen keine signifikanten Unterschiede auf. So war die Orientierung zwischen den drei Gruppen nicht signifikant unterschiedlich ($p=0,322$). Dies ist in Abbildung 10 zu sehen.

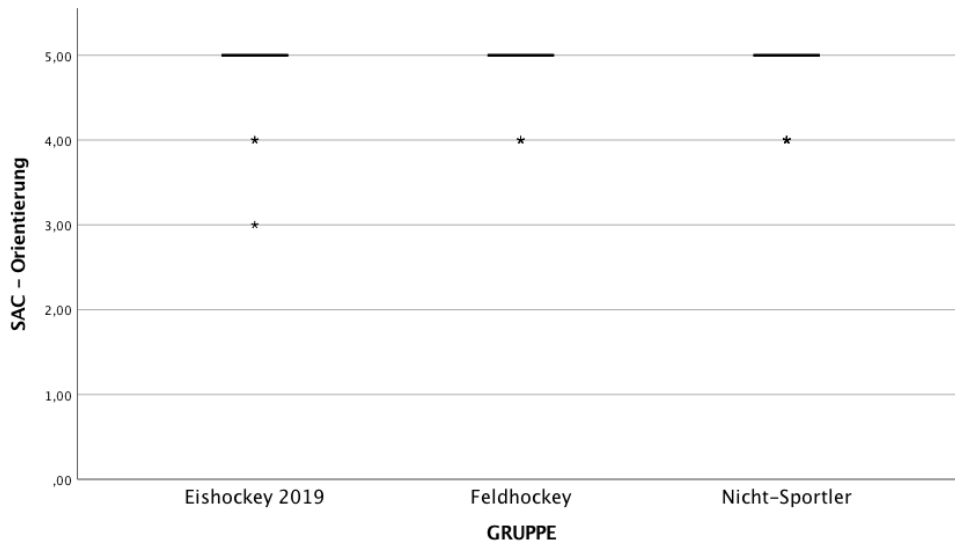


Abbildung 10: Boxplot der Orientierung (SAC)

Auch die Resultate der Testung des primären Erinnerungsvermögens zeigten zwischen den drei Gruppen keine signifikanten Differenzen ($p=0,84$), was in Abbildung 11 wiedergespiegelt wird.

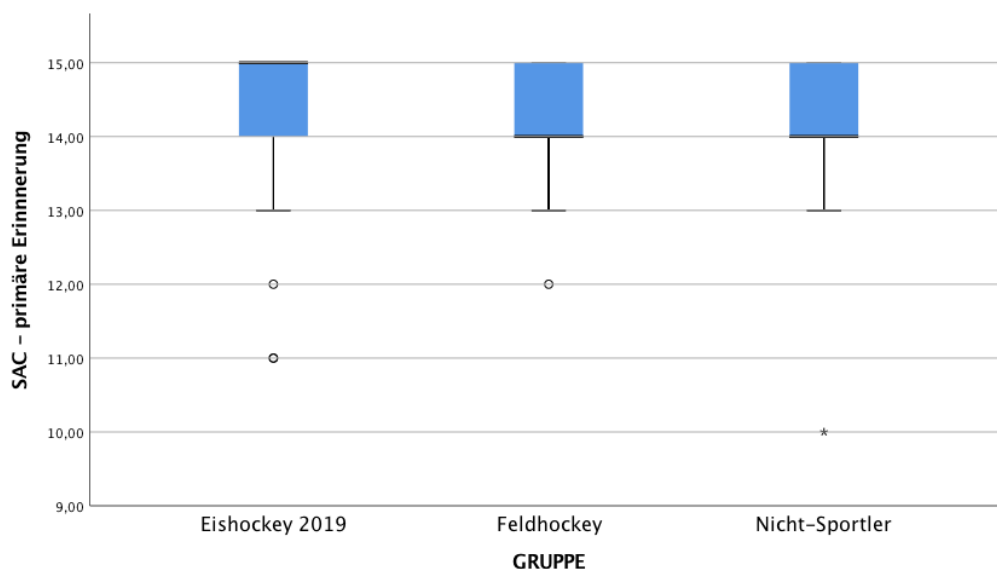


Abbildung 11: Boxplot des primären Erinnerungsvermögens (SAC)

Ebenso die Konzentration unterschied sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen ($p=0,673$). Dies wird in Abbildung 12 deutlich.

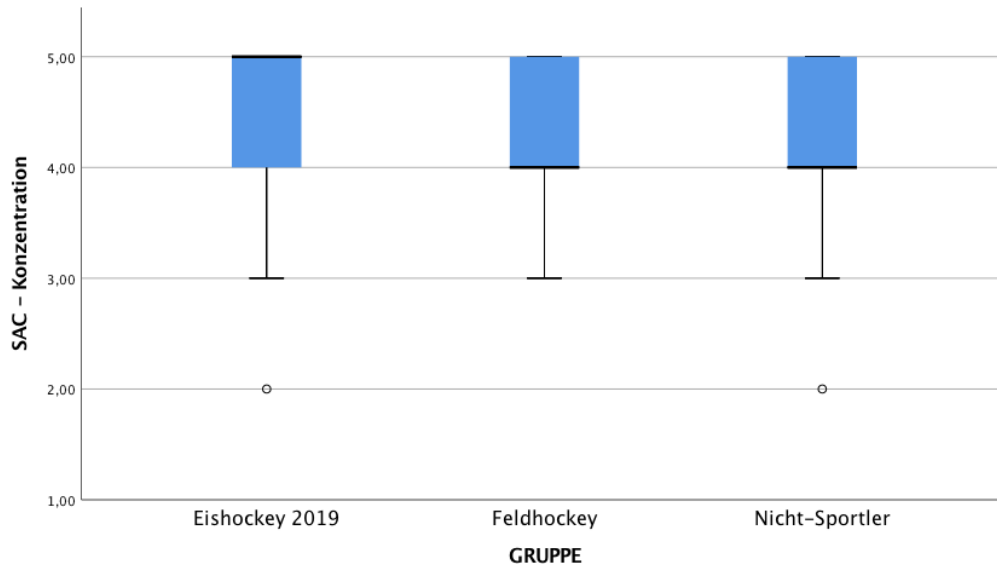


Abbildung 12: Boxplot der Konzentration (SAC)

Schließlich wichen die Ergebnisse der Testung des Langzeiterinnerungsvermögens nicht signifikant voneinander ab. Dies ist sowohl für den im SCAT 2 berücksichtigten Wert, der ein Maximum von 5 hat (Abbildung 13, $p=0,178$), als auch für die tatsächlich erinnerte Anzahl an Begriffen (Abbildung 14, $p=0,087$) der Fall.

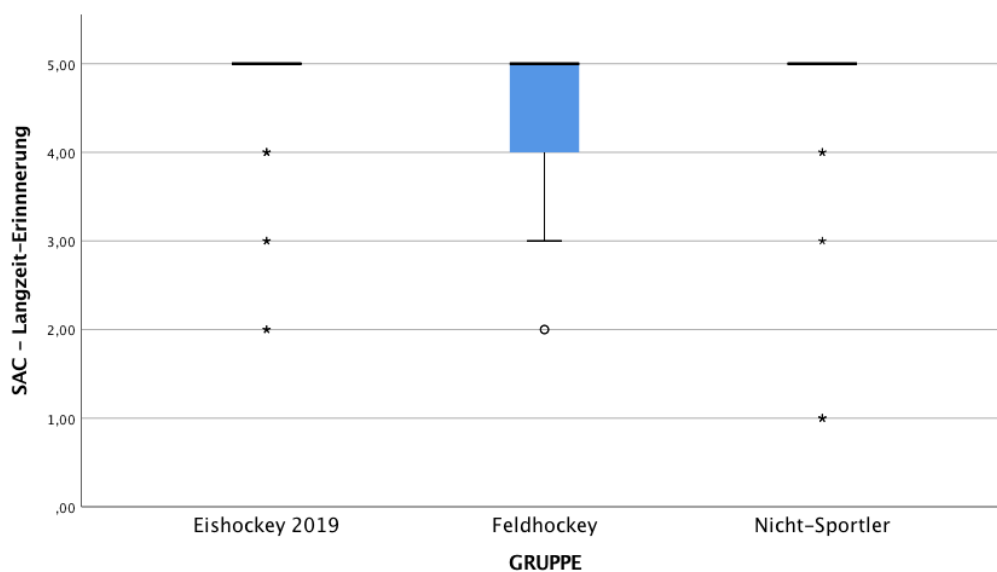


Abbildung 13: Boxplot der Langzeiterinnerung (SAC)

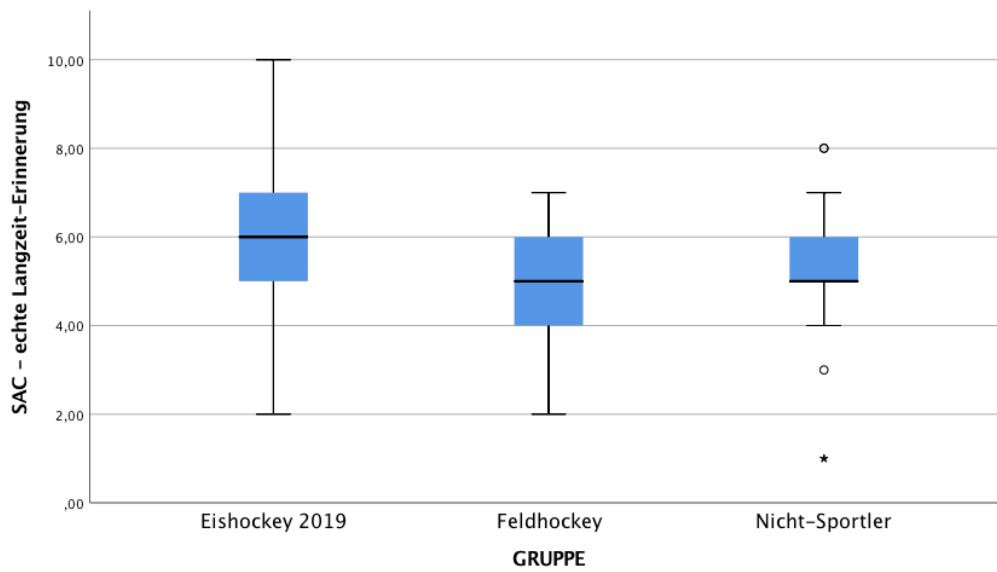


Abbildung 14: Boxplot der echten Langzeiterinnerung (SAC)

Eine zusammenfassende Übersicht der wichtigsten statistischen Werte der Subanalyse sowohl der Symptom Evaluation und des Symptom-Schwere-Scores als auch des Standard Assessments of Concussion ist in Tabelle 7 zu finden.

Tabelle 7: Übersicht der Ergebnisse der Subanalyse des SCAT 2

Subanalyse des SCAT 2	Probanden- gruppe	Mittelwert (\pm SD)	Minimum	Maximum	Signifikanz	Cohen's <i>d</i>
Symptom- Schwere- Score	Eishockey (n=31)	3.74 (\pm 4.53)	0	16	p=0.143	d=0.315
	Feldhockey (n=25)	6.36 (\pm 7.48)	0	32		
	Nicht-Sportler (n=25)	6.36 (\pm 5.63)	0	19		
SAC Orientierung	Eishockey (n=31)	4.87 (\pm 0.43)	3	5	p=0.322	d=0.117
	Feldhockey (n=25)	4.88 (\pm 0.33)	4	5		
	Nicht-Sportler (n=25)	4.76 (\pm 0.44)	4	5		
SAC primäre Erinnerung	Eishockey (n=31)	14.23 (\pm 1.15)	11	15	p=0.84	d=0.294
	Feldhockey (n=25)	14.28 (\pm 0.84)	12	15		
	Nicht-Sportler (n=25)	14.16 (\pm 1.11)	10	15		
SAC Konzentration	Eishockey (n=31)	4.39 (\pm 0.88)	2	5	p=0.673	d=0.251
	Feldhockey (n=25)	4.28 (\pm 0.79)	3	5		
	Nicht-Sportler (n=25)	4.24 (\pm 0.88)	2	5		
SAC Langzeit- Erinnerung	Eishockey (n=31)	4.58 (\pm 0.89)	2	5	p=0.178	d=0.275
	Feldhockey (n=25)	4.28 (\pm 0.94)	2	5		
	Nicht-Sportler (n=25)	4.36 (\pm 1.35)	1	5		
SAC echte Langzeit- Erinnerung	Eishockey (n=31)	5.84 (\pm 2.05)	2	10	p=0.087	d=0.392
	Feldhockey (n=25)	4.8 (\pm 1.47)	2	7		
	Nicht-Sportler (n=25)	4.84 (\pm 1.82)	1	8		

5.3.3. Gleichgewichtsscore

Bei keiner der drei Gleichgewichtsübungen sind signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen festgestellt worden. Auffällig war hier, dass alle Probanden die erste Übung, den Zweibeinstand, fehlerfrei absolviert haben ($p=1$). Obwohl es bei der zweiten Übung, dem Einbeinstand, keine signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen gab ($p=0.466$, Cohen's $d=0.156$), ist erkennbar, dass es sich hierbei um die Übung handelt, bei der die Probanden am häufigsten Fehler machen. Auch bei der dritten Übung, dem Tandem-Stand, divergieren die Ergebnisse nicht untereinander ($p=0.19$, Cohen's $d=0.263$), aber es sind ebenso Fehler gemacht worden, wenngleich deutlich weniger als beim Einbeinstand. Dies wird mittels Tabelle 8 veranschaulicht.

Tabelle 8: Fehlerzahlen der untersuchten Gleichgewichtsübungen

	Zweibeinstand			Einbeinstand			Tandem-Stand		
	Eishockey	Feldhockey	Nicht-Sportler	Eishockey	Feldhockey	Nicht-Sportler	Eishockey	Feldhockey	Nicht-Sportler
Mittelwert der Fehlerzahl (\pm SD)	0	0	0	1.19 (\pm 1.33)	1.6 (\pm 1.71)	1.52 (\pm 1.33)	0.74 (\pm 1.09)	0.32 (\pm 0.69)	0.48 (\pm 0.77)
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	0	0	0	4	5	5	4	2	2
Stichproben	31	25	25	31	25	25	31	25	25

5.4. Vergleich der Eishockeygruppe 2017 vs. 2019

Von den 2019 untersuchten Eishockeyspielern ($n=31$) gab es 12 Spieler, die bereits 2017 im Kader waren und im Rahmen der jährlichen Grunduntersuchungen eine SCAT 2 Testung absolvierten. Folglich konnten die Ergebnisse jener 12 Spieler aus dem Jahr 2017 mit ihren aktuellen SCAT 2 Testergebnissen aus dem Jahr 2019 verglichen werden. Die Hauptwerte unterschieden sich nicht signifikant. Genauer zeigten sich bei der Symptom Evaluation 2017 (Mittelwert \pm SD = 20.58 ± 3.32) und der Symptom Evaluation 2019 (21.42 ± 3.23) keine signifikanten Abweichungen ($p=0.378$, Cohen's $d=0.372$). Ebenso divergierten die Ergebnisse des Symptom-Schwere-Score 2017 (5.33 ± 5.02) nicht signifikant gegenüber 2019 (4.00 ± 5.27 , $p=0.378$, Cohen's $d=0,372$).

Die klinischen Fragen und die Glasgow Coma Scale wurden auch 2017 logischerweise mit der Maximalpunktzahl gewertet. Die Punktzahl des Gleichgewichtsscores 2017 (26.33 ± 5.47) unterschied sich nicht signifikant von der des Gleichgewichtsscores 2019 (27.83 ± 1.80 , $p=1$, Cohen's $d=0.012$). Das Gesamtergebnis des Standard Assessment of Concussion (SAC) war 2017 (28.33 ± 2.19) nicht signifikant unterschiedlich zu 2019 (28.83 ± 1.11 , $p=0.932$, Cohen's $d=0.047$). Ebenso wichen die Ergebnisse der Koordinationstestung von 2017 vs. 2019 nicht signifikant voneinander ab, was an den in Tabelle 9 dargestellten Konfidenzintervallen zu erkennen ist.

Tabelle 9: Wahrscheinlichkeit für erfolgreichen Koordinationstest der Eishockeyspieler

		Koordinationstest erfolgreich	Stichprobengröße	95%-Konfidenzintervall für die Wahrscheinlichkeit	
				untere Grenze	obere Grenze
Eishockey	2017 (n=12)	11	12	0.62	0.99
Eishockey	2019 (n=12)	8	12	0.35	0.9

Dementsprechend variierte auch das Gesamtergebnis des SCAT 2 von 2017 (93.08 ± 7.62) nicht signifikant gegenüber 2019 (95.75 ± 3.93 , $p=0.713$, Cohen's $d=0.166$). Bei der Subanalyse der einzelnen Tests des SCAT 2 traten ebenso keine signifikanten Differenzen aus. Beim Sport Assessment of Concussion waren die 12 Probanden sowohl 2017 als auch 2019 voll orientiert und erhielten demnach alle die Maximalpunktzahl von 5 Punkten. Die Ergebnisse der Testung des primären Erinnerungsvermögens waren nahezu identisch: 2017 (14.33 ± 1.33) vs. 2019 (14.67 ± 0.65 , $p=0.671$, Cohen's $d=0.177$). Auch beim Konzentrationstest schnitten die Probanden 2017 (4.25 ± 0.87) sehr ähnlich gegenüber 2019 (4.17 ± 1.03 , $p=0.932$, Cohen's $d=0.035$) ab. Das Langzeit-Erinnerungsvermögen zeigte 2017 (4.67 ± 0.89) keine signifikanten Unterschiede zu 2019 ($5 \pm 0,00$, $p=0.514$, Cohen's $d=0.286$). Hierbei erreichten alle 12 Probanden 2019 die vom Test festgelegte Maximalpunktzahl von fünf Punkten. Betrachtet man hingegen die von den Probanden tatsächlich erinnerten Begriffe so zeigt sich 2017 (4.92 ± 1.08) ein signifikanter Unterschied zu 2019 ($6.67 \pm$

1.37, $p=0.005$, Cohen's $d=1.372$). Bei den Übungen des Gleichgewichtsscores zeigten sich keine signifikanten Unterschiede: so machte sowohl 2017 als auch 2019 keiner der 12 Probanden beim Zweibeinstand einen Fehler. Die Fehlerzahl beim Einbeinstand unterschied sich von 2017 (2.17 ± 2.82) vs. 2019 (1.25 ± 1.42 , $p=0.59$, Cohen's $d=0.225$) nicht signifikant. Auch die Fehlerzahl beim Tandem-Stand wich 2017 (0.83 ± 1.27) nicht signifikant von der Fehlerzahl 2019 (0.92 ± 1.16 , $p=0.713$, Cohen's $d=0.166$) ab.

6. Diskussion

6.1. Zentrale Erkenntnisse

Wenn man die Populationsbeschreibung genauer betrachtet, so kann man im Folgenden erläuterte, erwartbare Schlüsse ziehen. Die Leistungssportler (Eishockey) betreiben im Durchschnitt fast zweieinhalb Mal so viele Stunden Sport pro Woche wie die Amateursportler (Feldhockey).

Es zeigt sich in dieser kleinen Stichprobe bereits, dass Eishockey die Sportart mit einem deutlich höheren Risiko für das Erleiden einer Concussion ist. Denn 61% der Leistungssportler gaben an in der Vergangenheit bereits eine Concussion gehabt zu haben - im Vergleich zu 32% der Amateursportler. Interessanterweise praktizierten beide Gruppen im Durchschnitt ähnlich lang ihre Sportart. So übten Feldhockeyspieler bereits seit knapp 17 Jahren ihren Sport aus, während es bei den Eishockeyspielern 21 Jahre waren. Unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Alters der Gruppen ist demnach von einem vergleichbaren Zeitraum auszugehen.

Auch wenn die Leistungssportler in Bezug auf die wöchentliche Stundenzahl deutlich häufiger ihren Sport ausüben, sprechen diese rudimentäre Erhebungen für das höhere Risiko einer Concussion im Eishockey.

Betrachtet man die Daten zur Concussion in diesen Gruppen genauer, so zeigt sich, dass die Eishockeyspieler mit durchschnittlich 1,13 Concussions pro Spieler insgesamt mehr Concussions in der Vorgeschichte hatten als die Feldhockeyspieler mit 0,44 Concussions pro Spieler. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Deutlich signifikante Unterschiede mit hoher Effektstärke zeigten sich jedoch bei der Beschwerdedauer und der Länge der Sportpause der zwei Gruppen. Die Eishockeyspieler gaben demnach deutlich länger an, Beschwerden gehabt zu haben, nämlich im Durchschnitt 9,81 Tage, im Vergleich zu den Feldhockeyspielern, die 0,76

Tageangaben. Die Eishockeyspieler gaben durchschnittlich 13,32 Tage Sportpause an, während es bei den Feldhockeyspielern 1,61 Tage waren.

In Zusammenschau dieser Werte liegt die Vermutung nahe, dass die Eishockeyspieler stärkere Concussions erlitten haben als die Feldhockeyspieler. Dies könnte auch in Zusammenhang mit den höheren Geschwindigkeiten dieser Sportart stehen. (24)

Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die medizinische Betreuung und Überwachung im Leistungssport deutlich intensiver als im Amateursport ist.

Dies könnte vor allem die längeren Sportpausen erklären.

Die Hauptwerte der SCAT 2 Testung unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht signifikant. Dies spricht dafür, dass die SCAT 2 Testung als Basisuntersuchung bei Probanden ohne eine akute Concussion sowohl im Gesamtergebnis als auch in den Teilbereichen zu sehr ähnlichen Ergebnissen führt.

Betrachtet man nun die einzelnen Teile des SCAT 2 genauer, finden sich einige interessante Ergebnisse.

So gaben die Untersuchten aller drei Gruppen bei der Symptomevaluation am häufigsten das Symptom "Ich fühle mich müde oder erschöpft" an. Außerdem wurden "Mir ist schläfrig zu Mute" und "Ich schlafe weniger als üblich" häufig angegeben. Die restlichen Symptome wurden deutlich seltener genannt. Demnach sind diese drei Symptome bereits in der Basisuntersuchung recht ausgeprägt vorhanden. Dies spricht dafür, dass es sich um sehr allgemeine Beschwerden handelt, die wenig spezifisch für eine Concussion sind. Die Intensität der Symptome unterschied sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen. Der Großteil der Symptome wurde nur in geringer Ausprägung von den Probanden angegeben.

Die einzelnen Teile des Standard Assessment of Concussion (SAC) unterschieden sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen. Demnach erzielten die Probanden ähnliche Ergebnisse im Bereich der Orientierung, des primären Erinnerungsvermögens, der Konzentration und des Langzeit-Erinnerungsvermögens. Dies bestätigt erneut die Erkenntnis, dass Probanden ohne eine Concussion ähnliche Ergebnisse erzielen. Nicht nur in den Hauptwerten des SCAT 2, sondern auch in den Teilkategorien der einzelnen Tests.

Interessanterweise fand sich ein weiterer Anhalt für einen gewissen Lerneffekt seitens der Eishockeyspieler, die in der Untersuchung der Langzeit-Erinnerung absolut betrachtet die meisten Begriffe erinnerten, nämlich durchschnittlich 5,84 Begriffe im Vergleich zu 4,8 der Feldhockeyspieler und 4,84 der Nicht-Sportler.

Demnach erinnerten sich die Eishockeyspieler im Schnitt an ein ganzes Wort mehr. Die naheliegendste Erklärung hierfür ist, dass die Eishockeyspieler die einzigen sind, die bereits mehrfach eine SCAT 2 Testung in der Vergangenheit gemacht haben und daher zum einen wussten, dass die Langzeit-Erinnerung getestet werden würde und zum anderen die Möglichkeit hatten, sich an die Wörter ihrer letzten SCAT 2 Testung zu erinnern.

Schaut man abschließend den Gleichgewichtsscore an, so finden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Interessanterweise führten alle Probanden den Test im Zweibeinstand fehlerfrei durch. Der Einbeinstand führte in allen drei Gruppen zu den meisten Fehlern. Hierbei machten die Eishockeyspieler im Durchschnitt die wenigsten Fehler. Jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant. Dies könnte an dem aufgrund der Sportart sehr gut ausgeprägten Gleichgewichtsgefühl liegen oder aber erneut ein Anzeichen für einen gewissen Lerneffekt sein. Auch in der Literatur wird ein möglicher Lerneffekt bei neurokognitiven oder Balance-Übungen beschrieben. (20)

Im Gegensatz hierzu schnitten sowohl die Feldhockeyspieler als auch die Nicht-Sportler beim Tandem-Stand besser ab als die Eishockeyspieler, was die oben genannte Annahme wiederum entkräften würde. Insgesamt betrachtet wurden auch beim Gleichgewichtsscore vergleichbare Ergebnisse in allen drei Gruppen erzielt, was dafür spricht, dass Probanden ohne eine Concussion ähnliche Ergebnisse erzielen.

Aus der Gruppe der Eishockeyspieler gab es 12 Probanden, von denen Werte einer SCAT 2 Basisuntersuchung aus dem Jahr 2017 vorlagen. Dies wurden mit den Werten der aktuellen SCAT 2 Testung von 2019 verglichen. Sowohl die Hauptwerte des SCAT 2 als auch dessen einzelne Teile unterschieden sich nicht signifikant zwischen 2017 und 2019. Hieraus lässt sich schließen, dass die Sportler vergleichbare Ergebnisse bei der Basisuntersuchung 2017 und 2019 erzielten. Der einzige signifikante Unterschied zeigte sich bei der Testung der absoluten Langzeit-Erinnerung. 2019 erinnerten sich diese zwölf Spieler an deutlich mehr Begriffe, nämlich durchschnittlich 6,67, im Vergleich zu 4,92 Begriffen in 2017. Erneut ist die naheliegensten Erklärung hierfür, dass ein gewisser Lerneffekt vorhanden sein könnte und dass die Spieler bereits wussten, dass ihre Langzeit-Erinnerung untersucht werden würde.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das SCAT 2 bei Probanden unterschiedlicher Gruppen ohne eine akute Gehirnerschütterung zu sehr ähnlichen Ergebnissen führt. Dies ist sowohl für die Hauptwerte als auch für die einzelnen Teiltests der Fall.

Da alle Gruppen durchschnittliche Gesamtwerte von über 90 Punkten hatten und dementsprechend sehr nah an der maximal zu erreichenden Punktzahl lagen, ist davon auszugehen, dass gesunde Probanden in einer SCAT 2 Testung sehr geringe Fehlerzahlen haben, unabhängig davon, ob sie Leistungssport betreiben oder nicht. In Anbetracht dieses Ergebnisses kann diskutiert werden, ob eine regelmäßige Basisuntersuchung sinnvoll ist oder ob Normwerte für eine SCAT 2 Untersuchung im Falle einer Concussion ausreichend sind.

Für diese Vermutung gibt es bereits erste Hinweise in der Literatur. So fanden Schmidt et al. 2012, dass Normwerte durchaus geeignet sein könnten anstatt individueller Basisuntersuchung, um Tools wie das SCAT 2 zu nutzen. Insbesondere ist dies der Fall, wenn dem Untersucher nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung stehen und es organisatorisch schwierig ist, bei allen Athleten eine Basisuntersuchung durchzuführen. In dieser Studie wurde zwar nicht das SCAT 2 untersucht, aber sehr ähnliche Instrumente zu diesem Tool. (56)

6.2. Kritische Einschätzung zur Eignung des SCAT 2 in der Verlaufsdagnostik

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen.

Damit kann nicht sicher gesagt werden, ob das SCAT 2 in der Lage ist, mögliche Unterschiede des neurokognitiven bzw. neurologischen Zustandes der Leistungssportler im Vergleich zur Normalbevölkerung aufzuzeigen. Inwiefern solche Unterschiede zwischen diesen Gruppen bestehen, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden. Bei genauerer Betrachtung der Hauptwerte des SCAT 2 fanden sich Tendenzen für einen gewissen Lerneffekt oder eventuell auch eine Gewöhnung an diese Untersuchung. So gaben die Leistungssportler im Schnitt weniger Symptome an als die Amateursportler und die Nicht-Sportler. Es ist möglich, dass Leistungssportler generell eine andere Wahrnehmung der im SCAT 2 abgefragten Symptomen haben. Ebenso kann es aber sein, dass sie diesen Fragebogen mit weniger Aufmerksamkeit bearbeiten als die Amateur- oder Nicht-Sportler, da sie diesen bereits mehrfach in der Vergangenheit ausfüllen mussten. Da die Leistungssportler durchschnittlich ein, wenn auch nicht signifikant, höheres Gesamtergebnis im SCAT 2 erzielten als die Amateur- oder Nicht-Sportler, ist zu vermuten, dass ein gewisser Lerneffekt vorhanden ist. Ebenso zeigte sich wie bereits in Kapitel 5.1. erörtert, dass die Leistungssportler tendenziell mehr Begriffe in der Untersuchung der Langzeit-Erinnerung nennen konnten als die Amateur- oder Nicht-Sportler. Demnach ist die

Neuerung im SCAT 5 mit längeren Wortlisten von zehn anstatt wie im SCAT 2 fünf Wörtern im Standard Assessment of Concussion (SAC) eine sinnvolle Änderung. (46)

Auch in dieser Studie fanden sich für das Gesamtergebnis der SCAT 2 Testung keine zielführenden Konsequenzen, sodass die Entfernung dieses Wertes ab dem SCAT 3 nachvollziehbar ist.

Insgesamt betrachtet hat sich in dieser Studie bestätigt, dass eine SCAT 2 Testung im Akutfall durchaus sinnvoll sein kann, um die Diagnostik einer Concussion zu erleichtern. Jedoch fanden sich keine Anzeichen dafür, dass das SCAT 2 dazu genutzt werden kann, um den neurokognitiven Status von Leistungssportlern zu eruieren. Demnach ist es nicht zielführend, ein solches Tool in der Kontrolluntersuchung von Sportlern nach einer Concussion einzusetzen, insbesondere wenn kein vergleichbarer Ausgangsbefund vorliegt. Ebenso sollte es nicht genutzt werden, um eine Entscheidung über die Rückkehr eines Sportlers nach Concussion in den Spielbetrieb oder das Training zu unterstützen. (20, 46)

Dementsprechend sollte ein Tool wie das SCAT 2 eher nicht in der Verlaufsbeobachtung von Sportlern eingesetzt werden, um deren neurokognitiven oder neurologischen Zustand zu bewerten.

In der Literatur wird diese Erkenntnis bestätigt. Bisher konnten in den meisten Studien mittels der gängig eingesetzten klinischen Concussion Assessment Tools keine Unterschiede der kognitiven Leistung zwischen Sportlern mit einer Concussion in der Vorgeschichte und Sportlern ohne eine vorangegangene Concussion aufgezeigt werden. (57) Trotzdem gibt es Anzeichen dafür, dass es subklinische Unterschiede in kognitiven und motorischen Untersuchungen zwischen Sportlern mit einer Concussion in der Vorgeschichte und Sportlern ohne Concussion gibt. (57) Außerdem gibt es bereits erste Studien, die ein erhöhtes Risiko für einen frühzeitigen Krankheitsbeginn von Alzheimer Demenz, milder kognitiver Funktionseinschränkung oder Depression bei ehemaligen professionellen American Football Spielern festgestellt haben. Jedoch ist aktuell noch unklar, inwiefern die akuten metabolischen und neurophysiologischen Änderungen aufgrund einer Concussion zu pathologischen Langzeit-Veränderungen des Hirngewebes führen. (57)

6.3. Ausblick und Optimierungsansätze für die Verlaufsdagnostik

Es gibt erste Anzeichen dafür, dass bei Sportlern mit mehreren Concussions in der Vorgeschichte ein kumulativer Effekt besteht, der sich unter anderem bei einer erneuten Concussion durch die Entwicklung schwererer Symptome äußern kann. (21-23)

So fanden Collins et al. 2002, dass Sportler mit drei oder mehr Concussions in der Vorgeschichte eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten, Bewusstlosigkeit, anterograde Amnesie und Verwirrung bei einer erneuten Concussion zu entwickeln. Es existiert die Hypothese, dass aufgrund mehrerer vorheriger Concussions bei den Sportlern eine erhöhte Verletzlichkeit bzw. eine erniedrigte Verletzungsschwelle besteht. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass manche Sportler möglicherweise eine individuell höhere Wahrscheinlichkeit für das Erleiden einer Concussion aufgrund ihrer neurologischen Voraussetzungen haben oder dass sie nach einer Concussion eine stärkere Ausprägung der Symptome zeigen. (21)

Guskiewicz et al. fanden 2003, dass Spieler mit einer vorherigen Concussion eine erhöhte Wahrscheinlichkeit haben, eine weitere Concussion zu erleiden. Außerdem hatten Spieler mit vorherigen Concussions häufiger länger als eine Woche anhaltende Symptome als Sportler ohne vorherige Concussions. (22)

Des Weiteren erzielten Spieler mit mehreren vorherigen Concussions nach einer erneuten Concussion signifikant schlechtere Ergebnisse in Gedächtnistests als Sportler ohne vorherige Concussion. (23)

Diese Ergebnisse zeigen deutlich auf, warum eine Verlaufsdagnostik und regelmäßige Kontrolle des neurokognitiven Zustandes von Sportlern aus Risikosportarten sinnvoll ist und zukünftig einen höheren Stellenwert bekommen sollte. Gerade weil die Langzeitfolgen einer Concussion bzw. mehrerer Concussions noch Gegenstand intensiver Forschung sind, scheint es umso sinnvoller zu sein, gründlichere Verlaufsuntersuchungen durchzuführen. Dies würde mehrere Vorteile mit sich bringen: zum einen könnten Sportler rechtzeitig geschützt werden, wenn sie neurokognitive Einschränkungen aufgrund mehrerer Concussions zeigen. Zum anderen würden diese Verlaufsuntersuchungen zu einem größeren Datensatz führen, mit dessen Hilfe mögliche Langzeitfolgen einer Concussion gefunden werden könnten.

Unabhängig von den Langzeitfolgen gibt es viele Ansatzpunkte dafür, wie man Sport related Concussions besser versorgen kann.

In einer australischen Studie zeigte sich, dass die Erkenntnisse aus der sportmedizinischen Forschung und die bereits vorhandenen Leitlinien zum korrekten

Umgang mit einer Concussion nicht ausreichend bis auf die Ebene der Trainer in verschiedenen Sportarten durchgedrungen sind. 90% der Befragten konnten einen Großteil der typischen Concussion Symptome richtig nennen. Jedoch fanden sich weit verbreitete Fehlvorstellungen, wie zum Beispiel, dass ein Kopfschutz das Risiko einer Concussion vermindert. Außerdem ging der Großteil der Trainer fälschlicherweise davon aus, dass Spieler wieder am normalen Training teilnehmen können, sobald sie keine Symptome mehr haben. Eine Freigabe zur Wiederaufnahme des Trainings sollte aber erst nach ärztlicher Freigabe erfolgen. (58) In einer weiteren Studie mit amerikanischen Hochschulsportlern fanden sich Tendenzen dafür, dass einige Sportler bereits wieder in ihrer Sportart partizipierten, obwohl sie noch nach einer Concussion symptomatisch waren. Des Weiteren wurden die Symptome oft nicht adäquat mitgeteilt. Unter anderem war hierfür ursächlich, dass bei den Sportlern kein ausreichendes Wissen über die Folgen einer Kopfverletzung vorhanden war. (59) In einer englischen Studie wurden das Wissen sowohl von Sportlern als auch von Trainern aus verschiedenen Sportarten untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass das Wissen über das Erkennen einer Concussion und die Wiederaufnahme des Trainings nach einer Concussion nicht ausreichend war. Immerhin ein Fünftel der befragten Sportler hatten falsche Vorstellungen darüber, was genau eine Concussion ist. Außerdem waren sie der Meinung, dass einem Sportler erlaubt sein sollte, erst ein Spiel zu beenden und anschließend medizinische Hilfe wahrzunehmen. (60)

Dies zeigt, wie wichtig es ist sowohl Trainer als auch Spieler aus Risikosportarten besser über Concussions und mögliche damit verbundene Folgen zu informieren. Wenn es gelänge, das wissenschaftlich gesicherte Wissen besser an die betroffenen Personengruppen weiterzugeben, würde dies höchstwahrscheinlich zu einer besseren Versorgung führen. Auf der einen Seite würde die Ernsthaftigkeit dieser aktuell in der Gesellschaft tendenziell unterschätzten Verletzung stärker betont werden. Auf der anderen Seite würden Concussions schneller erkannt und dadurch besser behandelt werden können, wenn die Betroffenen detaillierter über diese Verletzung Bescheid wissen.

Des Weiteren gibt es auch Möglichkeiten, das Risiko einer Concussion in den verschiedenen Sportarten zu reduzieren. Bisher gibt es zwar noch keinen Anhalt dafür, dass gewisse Schutzmaßnahmen wie Helme, Mundschütze oder Gesichtsschütze das Risiko einer Concussion reduzieren. (61-63) Dies heißt jedoch nicht, dass dies zukünftig durch moderne Materialien und Neuentwicklungen nicht möglich sein kann.

Regeländerungen sind eine weitere Option, um das Risiko für eine Concussion zu reduzieren. So gibt es Untersuchungen, die zeigen, dass ein Verbot des body checkings im Eishockey bei Jugendlichen und "Fair play" Regeln geeignete präventive Mittel sind. Insbesondere das body checking gilt als signifikanter Risikofaktor für Verletzungen im Eishockey und ist häufig die Ursache einer Concussion. (29, 31, 32, 64-66) Im High School Eishockey konnte eine neue Regelung bezüglich der Strafzeiten effektiv die Anzahl an Verletzungen während einer Saison reduzieren. So wurden Spieler nach kumulativ 50 Minuten Strafzeit für insgesamt zwei Spiele gesperrt. Kamen anschließend weitere 20 Minuten Strafzeit hinzu wurden die betroffenen Spieler für den Rest der Saison gesperrt. (67)

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass ein Hockey-spezifisches Bildungsprogramm mit dem Ziel der Gewaltreduktion und der stärkeren Betonung von Fairness und technischen Fähigkeiten im Jugendbereich zu einer deutlichen Reduktion von potentiell gefährlichen Regelbrüchen führte. (64) Ähnliche Ergebnisse gibt es auch im Jugendbereich des American Footballs. Durch ein Bildungsprogramm, das unter anderem auf die richtige Schutzausrüstung, die korrekte Angriffstechnik beim sogenannten "tackling" und sportmedizinische Themen wie Concussion eingegangen ist, und eine neue Richtlinie, die Spieler-zu-Spieler-Kontakt reduzieren sollte, konnte eine Reduktion der Verletzungsrate erzielt werden. (68)

Ein gutes Beispiel für einen positiven Effekt von Regeländerungen ist die Einführung der Helmpflicht und des Gesichtsschutzes im Eishockey, durch die die Inzidenz von sogenannten katastrophalen Verletzungen im Eishockey wie eines subduralen Hämatoms oder Erblindung in den Jahren 1963-1991 deutlich gesunken sind. (69)

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Verbesserung der Versorgung einer Concussion ist eine ausreichende Ruhezeit eines verletzten Sportlers. Es konnte gezeigt werden, dass Sportler mit erhöhter kognitiver Aktivität nach einer Concussion einen längeren Zeitraum benötigen, um wieder vollständig beschwerdefrei zu sein. Daher lautet die aktuelle Empfehlung, dass Sportler nach einer Concussion kognitive Stimuli, wie zum Beispiel Lesen, Nachrichten schreiben, Videospiele oder Arbeit, vermeiden sollen, um schneller zu genesen. (70-73)

Inwiefern regelmäßige Basisuntersuchungen zielführend sind, wird aktuell in der Literatur kontrovers diskutiert. Es gibt erste Untersuchungen, die davon ausgehen, dass in einem Großteil der Fälle eine Untersuchung nach einer Concussion in der Lage ist kognitive Veränderungen aufzuzeigen, auch wenn keine Daten einer

Basisuntersuchung vorhanden sind. (74) Diesbezüglich werden weitere Untersuchungen benötigt. Es ist dennoch wichtig, auch zukünftig den Stellenwert von Basisuntersuchungen in der Verlaufsdagnostik regelmäßig zu prüfen, um ggf. Ressourcen anderweitig besser zu nutzen.

Mit Sicherheit ist die Bildgebung zukünftig einer der wichtigsten Forschungsbereiche, um nicht nur die Verlaufsdagnostik, sondern primär vor allem auch die Diagnostik einer Concussion zu verbessern. Sollte eine Form der Bildgebung gefunden werden, mit der die Diagnose einer Concussion sicher und objektivierbar gestellt werden kann, würde dies die Versorgung dieser Verletzung revolutionieren. So gibt es zum Beispiel Untersuchungen mit funktioneller Magnetresonanztomographie, die den Blutfluss und den neuronalen Metabolismus darstellen und so Veränderungen aufgrund einer Concussion aufzeigen sollen. (75)

Zusätzlich gibt es weitere Technologien, die in der Verlaufsdagnostik oder Diagnostik einer Concussion zukünftig eingesetzt werden können. Hierzu zählt die Elektroenzephalografie, die physiologische Dysfunktion aufgrund einer Concussion darstellen kann und insbesondere in der Erholungsphase nach einer Concussion eingesetzt werden könnte. (75) Des Weiteren werden insbesondere in der Erforschung der pathophysiologischen Grundlagen einer Concussion moderne Messsysteme wie zum Beispiel Beschleunigungssensoren in American Football Helmen zu neuen Erkenntnissen führen. Längerfristig wäre es auch vorstellbar, dass diese Sensoren eine Warnmeldung bei zu hohen Krafteinwirkungen aussenden, um eine frühzeitige klinische Untersuchung des Sportlers einzuleiten. (75)

Weiterhin könnten zukünftig verstärkt Mobilgeräte, wie Smartphones, eingesetzt werden, um verschiedene Aspekte der Versorgung einer Concussion zu verbessern. Unter anderem könnten die Risikogruppen durch entsprechende Anwendungen mehr über Concussions und deren korrekter Behandlung informiert bzw. ausgebildet werden. Außerdem könnten wichtige Informationen, wie Verletzungshergang, Symptome und deren Beginn, Ausprägung und Ende, wichtige Marker der Erholung und medizinische Kontrolltermine übersichtlich dargestellt werden. Ebenso könnten diagnostische Untersuchungstools wie das SCAT sehr einfach mittels Mobilgeräten dokumentiert bzw. durchgeführt werden. (75)

Ein weitere Möglichkeit der Verbesserung der Verlaufsdagnostik wäre die Etablierung von nationalen und internationalen Registern für Sport related Concussions. Mittels einer systematisierten Erfassung aller Sport related Concussions könnte nicht nur die

Inzidenz der Concussion in verschiedenen Sportarten genauer bestimmt werden, sondern es würden mit Sicherheit auch weitere Forschungsmöglichkeiten aufgrund dieses Datensatzes entstehen. (76)

Auch in der Akutdiagnostik einer Concussion besteht Verbesserungsbedarf. So fanden Meehan et al. 2013, dass bei über 480 befragten Sportler knapp ein Drittel eine Concussion angaben, die vorher nicht diagnostiziert worden war. (77) Auch wenn es sich hierbei um eine Stichprobe handelt, zeigt diese Zahl eindrucksvoll, dass die Aktuversorgung einer Concussion weiterhin optimiert werden kann.

Ein Ansatzpunkt zur Verbesserung der Akutdiagnostik ist, insbesondere im professionellen Bereich wie zum Beispiel der amerikanischen NFL oder NHL, der Einsatz von Videoaufnahmen zur genaueren Bewertung einer Concussion. Videos können genutzt werden, um den Unfallhergang zu rekonstruieren und so den Untersucher bei der Diagnosestellung zu unterstützen. Des Weiteren können sie bei der Entscheidung zu Rate gezogen werden, ob ein Spieler weiter am Wettkampf teilnehmen darf oder ob weitere Diagnostik und genauere Untersuchungen folgen sollten. (78)

In Risikosportarten sollte das Regelwerk die Möglichkeit einer gründlichen Untersuchung bei Verdacht auf eine Concussion berücksichtigen, damit die Versorgung der Spieler nicht aufgrund regelbedingtem Wettkampfdruks beeinträchtigt wird. Demnach sollte es entsprechende Wechselmöglichkeiten geben, damit ein Spieler mit Verdacht auf Concussion gründlich untersucht werden kann. (78)

Nicht zu vernachlässigen in der Diskussion über die Optimierung der Verlaufsdiagnostik sind die finanziellen Aspekte in den verschiedenen Sportarten. Teilweise existiert enormer finanzieller Druck, der nicht zuletzt auf den Spielern, Trainern und Funktionären der jeweiligen Ligen und Vereinen lastet. In einer Studie von Donaldson et al. wurde die wirtschaftliche Belastung oder auch der wirtschaftliche Schaden berechnet, der in der NHL aufgrund verletzungsbedingter Ausfälle von Spielern entstehen kann. Es verpassten ungefähr die Hälfte aller Spieler mindestens ein Spiel pro Saison und die Gehaltskosten der verletzten Spieler lagen bei ungefähr US \$ 218 Millionen. Allein durch Concussions bedingte Ausfälle summierten sich auf fast US \$ 43 Millionen Gehaltskosten pro Jahr. Diese Zahlen deuten an, um welche finanziellen Volumina es in dieser Sportart gehen kann. Dies ist einer der Gründe, warum Spieler und Verantwortliche dieser Eishockeyliga teilweise Regeländerungen sehr zurückhaltend gegenüber stehen, da sie die Attraktivität der Liga bedroht sehen und damit finanzielle Einbußen fürchten. Die Kämpfe zwischen Eishockeyspielern sind für 8-

9% aller Concussions in der NHL verantwortlich. Trotzdem wurden sie bisher noch nicht verboten. (79)

Zusammenfassend ist in Bezug auf die Verlaufsdiagnostik nach einer Concussion festzustellen, dass ein stark ausgeprägter Forschungsbedarf besteht und es eine Vielzahl an Verbesserungsmöglichkeiten gibt.

In der Forschung sollte zunehmend eine Vereinheitlichung der Definition einer Concussion verfolgt werden, um die Heterogenität der Forschungsergebnisse zu reduzieren. Des Weiteren ist die Einführung internationaler Datenbanken zu Sport Related Concussions sinnvoll. Die aktuellen Erkenntnisse sollten durch entsprechende Bildungsprogramme besser in den jeweiligen Risikosportarten verbreitet werden.

Es sollte weiterhin verstärkt nach einem diagnostischen Goldstandard der Concussion gesucht werden. Dies würde auch einen großen Einfluss auf die Verlaufsdiagnostik haben. Wenn zum Beispiel eine Bildgebung gefunden würde, die eine Concussion aufzeigen kann, könnte man die Sportler solange beobachten und ggf. vom Wettkampf ausschließen wie bildmorphologische Auffälligkeiten bestehen bzw. bis eine deutliche Befundverbesserung aufgezeigt werden kann. Sollte der Sportler dann symptomfrei sein, könnte er seinen Sport wieder aufnehmen.

Solange die Diagnose einer Concussion klinisch zu stellen ist, sollten die aktuellen Assessment Tools genutzt werden, für die am meisten Evidenz vorliegt. In der Akutsituation ist das SCAT 5 empfehlenswert. (78) Um die diagnostische Aussagekraft zu erhöhen, können ggf. Basisuntersuchungen durchgeführt werden. (1)

Zusätzlich sollten mehrere Untersuchungsmethoden kombiniert werden, um zum einen die Diagnose einer Concussion zu stellen und zum anderen die Entscheidung über die Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität nach einer Concussion zu treffen. Die Langzeitfolgen einer Concussion sollten weiterhin verstärkt untersucht werden. So könnte auch klarer werden, wie die Relevanz einzelner Untersuchungen in der Verlaufsdiagnostik einzuschätzen ist.

Zuguterletzt sollte in den einzelnen Risikosportarten regelmäßig überprüft werden, ob Regeländerungen und die Einführung oder Verbesserung der Schutzkleidungen möglich sind, um das Risiko einer Concussion zu reduzieren.

6.4. Limitationen

Eine Limitation dieser Studie ist die Nutzung einer älteren Version des Sport Concussion Assessment Tools. Zwar sind im Kern die Untersuchungen im SCAT 2 und SCAT 5 sehr ähnlich geblieben und man kann davon ausgehen, dass der Großteil der in dieser Studie beobachteten zentralen Erkenntnisse ähnlich ausfallen dürften. Jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass mittels SCAT 5 Testung zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden könnten.

Des Weiteren ist bei einem Teil der hier verwendeten Version des SCAT 2, genauer der Symptom Evaluation, eine Diskrepanz aufgetreten. Denn in dieser Version des SCAT 2 werden insgesamt 24 Symptome während der Symptom Evaluation abgefragt und nicht 22, wie es in anderen Versionen des SCAT 2, zum Beispiel der englischsprachigen Version, der Fall ist (51). Warum die Symptom Evaluation in der deutschsprachigen Version modifiziert wurde, ist in der Literatur nicht nachzuvollziehen, stellt aber eine Limitation dar, weil dementsprechend die Vergleichbarkeit mit Ergebnissen von Studien, die das Original englischsprachige SCAT 2 verwenden, nicht vollständig möglich ist. Aus statistischer Sicht besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die hier untersuchte Stichprobe nicht groß genug ist, um minimale, subklinische Effekte zwischen den drei Gruppen aufzuzeigen. Beispielhaft ist in Tabelle 7 bei der Variable SAC echte Langzeit-Erinnerung ein fast signifikanter Unterschied festzustellen bei kleiner bis mittlerer Effektstärke ($p=0.087$; $d=0.392$). Demnach ist es wahrscheinlich, dass bei einer größeren Stichprobe signifikante Unterschiede aufgezeigt werden könnten. Die Effektstärke weist hierbei auf einen Unterschied hin, der von praktischer Relevanz sein könnte. Demnach wäre ein zukünftiger Forschungsansatz eine Replikation dieser Studie mit deutlich größerer Stichprobe. Zum Beispiel könnte die gesamte Deutsche Eishockeybundesliga untersucht werden.

Des Weiteren kann ggf. die Vorerfahrung der Eishockeyspieler mit einer SCAT 2 Testung als Limitation gesehen werden. Im Durchschnitt hatten die Eishockeyspieler bereits fünf Untersuchungen mittels SCAT 2 in der Vorgeschichte.

Für die Feldhockeyspieler und Nicht-Sportler war es die erste SCAT 2 Testung. Alle Untersuchungen erfolgten in Ruhe unter Minimierung möglicher Störfaktoren.

Jedoch konnte nicht immer dieselbe Räumlichkeit zur Untersuchung genutzt werden, was eine weitere Limitation darstellt.

7. Literatur

1. Reinsberger C, Stengel D. Schädel-Hirn-Verletzungen im Deutschen Spitzensport: Präsentation Der Expertise [Internet]. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 2016. [cited 2021 Apr 14]. Available from: <https://www.bisp-surf.de/Record/PU201610007079>.
2. McCrory P, Meeuwisse W, Dvorak J, Aubry M, Bailes J, Broglio S, Cantu RC, Cassidy D, Echemendia RJ, Castellani RJ, Davis GA, Ellenbogen R, Emery C, Engebretsen L, Feddermann-Demont N, Giza CC, Guskiewicz KM, Herring S, Iverson GL, Johnston KM, Kissick J, Kutcher J, Leddy JJ, Maddocks D, Makdissi M, Manley GT, McCrea M, Meehan WP, Nagahiro S, Patricios J, Putukian M, Schneider KJ, Sills A, Tator CH, Turner M, Vos PE. Consensus statement on concussion in sport-the 5(th) international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *Br J Sports Med.* 2017;51(11):838-47.
3. Hentsch S. Commotio cerebri [Internet]. Pschyrembel Online, 04/2016. [cited 2021 Apr 14]. Available from: [https://www.pschyrembel.de/Commotio cerebri/K055H](https://www.pschyrembel.de/Commotio_cerebri/K055H).
4. McCrory P, Feddermann-Demont N, Dvorak J, Cassidy JD, McIntosh A, Vos PE, Echemendia RJ, Meeuwisse W, Tarnutzer AA. What is the definition of sports-related concussion: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2017;51(11):877-87.
5. Harmon KG, Drezner J, Gammons M, Guskiewicz K, Halstead M, Herring S, Kutcher J, Pana A, Putukian M, Roberts W, American Medical Society for Sports M. American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport. *Clin J Sport Med.* 2013;23(1):1-18.
6. Katayama Y, Becker DP, Tamura T, Hovda DA. Massive increases in extracellular potassium and the indiscriminate release of glutamate following concussive brain injury. *J Neurosurg.* 1990;73(6):889-900.
7. Takahashi H, Manaka S, Sano K. Changes in extracellular potassium concentration in cortex and brain stem during the acute phase of experimental closed head injury. *J Neurosurg.* 1981;55(5):708-17.
8. Marar M, McIlvain NM, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of concussions among United States high school athletes in 20 sports. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):747-55.
9. Guskiewicz KM, Mihalik JP, Shankar V, Marshall SW, Crowell DH, Oliaro SM, Ciocca MF, Hooker DN. Measurement of head impacts in collegiate football players:

relationship between head impact biomechanics and acute clinical outcome after concussion. *Neurosurgery*. 2007;61(6):1244-52; discussion 52-3.

10. Duma SM, Manoogian SJ, Bussone WR, Brolinson PG, Goforth MW, Donnenwerth JJ, Greenwald RM, Chu JJ, Crisco JJ. Analysis of real-time head accelerations in collegiate football players. *Clin J Sport Med*. 2005;15(1):3-8.

11. Broglio SP, Eckner JT, Kutcher JS. Field-based measures of head impacts in high school football athletes. *Curr Opin Pediatr*. 2012;24(6):702-8.

12. Giza CC, Kutcher JS, Ashwal S, Barth J, Getchius TS, Gioia GA, Gronseth GS, Guskiewicz K, Mandel S, Manley G, McKeag DB, Thurman DJ, Zafonte R. Summary of evidence-based guideline update: evaluation and management of concussion in sports: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2013;80(24):2250-7.

13. Hanson E, Stracciolini A, Mannix R, Meehan WP, 3rd. Management and prevention of sport-related concussion. *Clin Pediatr (Phila)*. 2014;53(13):1221-30.

14. Koh JO, Cassidy JD, Watkinson EJ. Incidence of concussion in contact sports: a systematic review of the evidence. *Brain Inj*. 2003;17(10):901-17.

15. Pfister T, Pfister K, Hagel B, Ghali WA, Ronksley PE. The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2016;50(5):292-7. 2016;50(5):292-7.

16. Lincoln AE, Caswell SV, Almquist JL, Dunn RE, Norris JB, Hinton RY. Trends in concussion incidence in high school sports: a prospective 11-year study. *Am J Sports Med*. 2011;39(5):958-63.

17. Putukian M, D'Alonzo BA, Campbell-McGovern CS, Wiebe DJ. The Ivy League-Big Ten Epidemiology of Concussion Study: A Report on Methods and First Findings. *Am J Sports Med*. 2019;47(5):1236-47.

18. Hrysomallis C. Injury incidence, risk factors and prevention in Australian rules football. *Sports Med*. 2013;43(5):339-54.

19. Manley G, Gardner AJ, Schneider KJ, Guskiewicz KM, Bailes J, Cantu RC, Castellani RJ, Turner M, Jordan BD, Randolph C, Dvorak J, Hayden KA, Tator CH, McCrory P, Iverson GL. A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *Br J Sports Med*. 2017;51(12):969-77.

20. Broglio SP, Puetz TW. The effect of sport concussion on neurocognitive function, self-report symptoms and postural control : a meta-analysis. *Sports Med*. 2008;38(1):53-67.

21. Collins MW, Lovell MR, Iverson GL, Cantu RC, Maroon JC, Field M. Cumulative effects of concussion in high school athletes. *Neurosurgery*. 2002;51(5):1175-9; discussion 80-1.
22. Guskiewicz KM, McCrea M, Marshall SW, Cantu RC, Randolph C, Barr W, Onate JA, Kelly JP. Cumulative effects associated with recurrent concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. *JAMA*. 2003;290(19):2549-55.
23. Iverson GL, Gaetz M, Lovell MR, Collins MW. Cumulative effects of concussion in amateur athletes. *Brain Inj*. 2004;18(5):433-43.
24. Asplund C, Bettcher S, Borchers J. Facial protection and head injuries in ice hockey: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2009;43(13):993-9.
25. Ruhe A, Gansslen A, Klein W. The incidence of concussion in professional and collegiate ice hockey: are we making progress? A systematic review of the literature. *Br J Sports Med*. 2014;48(2):102-6.
26. Buckley TA, Bryk KN, Van Pelt KL, Broglio SP, East SA, Zuckerman SL, Kuhn AW. Concussion and National Hockey League Player Performance: An Advanced Hockey Metrics Analysis. *J Athl Train*. 2019;54(5):527-33.
27. Hutchison MG, Comper P, Meeuwisse WH, Echemendia RJ. A systematic video analysis of National Hockey League (NHL) concussions, part I: who, when, where and what? *Br J Sports Med*. 2015;49(8):547-51.
28. Benson BW, Meeuwisse WH, Rizos J, Kang J, Burke CJ. A prospective study of concussions among National Hockey League players during regular season games: the NHL-NHLPA Concussion Program. *CMAJ*. 2011;183(8):905-11.
29. Council on Sports Medicine and Fitness, Brooks A, Loud KJ, Brenner JS, Demorest RA, Halstead ME, Kelly AK, Koutures CG, LaBella CR, LaBotz M, Martin SS, Moffatt K. Reducing injury risk from body checking in boys' youth ice hockey. *Pediatrics*. 2014;133(6):1151-7.
30. Tegner Y, Lorentzon R. Ice hockey injuries: incidence, nature and causes. *Br J Sports Med*. 1991;25(2):87-9.
31. Emery CA, Kang J, Shrier I, Goulet C, Hagel BE, Benson BW, Nettel-Aguirre A, McAllister JR, Hamilton GM, Meeuwisse WH. Risk of injury associated with body checking among youth ice hockey players. *JAMA*. 2010;303(22):2265-72.
32. Macpherson A, Rothman L, Howard A. Body-checking rules and childhood injuries in ice hockey. *Pediatrics*. 2006;117(2):e143-7.

33. Benson BW, Mohtadi NG, Rose MS, Meeuwisse WH. Head and neck injuries among ice hockey players wearing full face shields vs half face shields. *JAMA*. 1999;282(24):2328-32.
34. Guskiewicz KM, Perrin DH, Gansneder BM. Effect of mild head injury on postural stability in athletes. *J Athl Train*. 1996;31(4):300-6.
35. Guskiewicz KM, Ross SE, Marshall SW. Postural Stability and Neuropsychological Deficits After Concussion in Collegiate Athletes. *J Athl Train*. 2001;36(3):263-73.
36. Dessy AM, Yuk FJ, Maniya AY, Gometz A, Rasouli JJ, Lovell MR, Choudhri TF. Review of Assessment Scales for Diagnosing and Monitoring Sports-related Concussion. *Cureus*. 2017;9(12):e1922.
37. Yengo-Kahn AM, Hale AT, Zalneraitis BH, Zuckerman SL, Sills AK, Solomon GS. The Sport Concussion Assessment Tool: a systematic review. *Neurosurg Focus*. 2016;40(4):E6.
38. McCrea M. Standardized mental status assessment of sports concussion. *Clin J Sport Med*. 2001;11(3):176-81.
39. Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA. Systematic review of the balance error scoring system. *Sports Health*. 2011;3(3):287-95.
40. Brett BL, Smyk N, Solomon G, Baughman BC, Schatz P. Long-term Stability and Reliability of Baseline Cognitive Assessments in High School Athletes Using ImPACT at 1-, 2-, and 3-year Test-Retest Intervals. *Arch Clin Neuropsychol*. 2016.
41. Kontos AP, Braithwaite R, Dakan S, Elbin RJ. Computerized neurocognitive testing within 1 week of sport-related concussion: meta-analytic review and analysis of moderating factors. *J Int Neuropsychol Soc*. 2014;20(3):324-32.
42. Schatz P, Sandel N. Sensitivity and specificity of the online version of ImPACT in high school and collegiate athletes. *Am J Sports Med*. 2013;41(2):321-6.
43. Koehl LM, Walls BD, Brothers SL, Morris SN, Glueck AC, Schmitt FA, Berry DTR, Han DY. Convergent and discriminant validity of the Immediate Postconcussion Assessment and Cognitive Testing Battery (ImPACT) in young athletes. *Appl Neuropsychol Child*. 2019;8(3):253-63.
44. Echemendia RJ, Meeuwisse W, McCrory P, Davis GA, Putukian M, Leddy J, Makdissi M, Sullivan SJ, Broglio SP, Raftery M, Schneider K, Kissick J, McCrea M, Dvorak J, Sills AK, Aubry M, Engebretsen L, Loosemore M, Fuller G, Kutcher J, Ellenbogen R, Guskiewicz K, Patricios J, Herring S. The Concussion Recognition Tool 5th Edition (CRT5): Background and rationale. *Br J Sports Med*. 2017;51(11):870-1.

45. Gardner A, Iverson GL, Stanwell P. A systematic review of proton magnetic resonance spectroscopy findings in sport-related concussion. *J Neurotrauma*. 2014;31(1):1-18.
46. Echemendia RJ, Meeuwisse W, McCrory P, Davis GA, Putukian M, Leddy J, Makdissi M, Sullivan SJ, Broglio SP, Raftery M, Schneider K, Kissick J, McCrea M, Dvorak J, Sills AK, Aubry M, Engebretsen L, Loosemore M, Fuller G, Kutcher J, Ellenbogen R, Guskiewicz K, Patricios J, Herring S. The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale. *Br J Sports Med*. 2017;51(11):848-50.
47. Putukian M, Echemendia R, Dettwiler-Danspeckgruber A, Duliba T, Bruce J, Furtado JL, Murugavel M. Prospective clinical assessment using Sideline Concussion Assessment Tool-2 testing in the evaluation of sport-related concussion in college athletes. *Clin J Sport Med*. 2015;25(1):36-42.
48. Lee JH, Howell DR, Meehan WP, 3rd, Iverson GL, Gardner AJ. Effects of Exercise on Sport Concussion Assessment Tool-Third Edition Performance in Professional Athletes. *Orthop J Sports Med*. 2017;5(9):2325967117727261.
49. Downey RI, Hutchison MG, Comper P. Determining sensitivity and specificity of the Sport Concussion Assessment Tool 3 (SCAT3) components in university athletes. *Brain Inj*. 2018;32(11):1345-52.
50. Sportmedizinischer Untersuchungsbogen für Spieler der Deutschen Eishockey Liga. Stand: 10/2013 [Internet]. [cited 2021 Apr 14]. Available from: http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Faltblatt/Branchen/Sport/fi_untersuchbogen_prof_i_eishockey_sportvereine.pdf?__blob=publicationFile&v=8.
51. McCrory P, Meeuwisse W, Johnston K, Dvorak J, Aubry M, Molloy M, Cantu R. Consensus statement on concussion in sport - The 3rd international conference on concussion in sport held in Zurich, November 2008. *PM R*. 2009;1(5):406-20.
52. Hedderich J, Sachs, L. *Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R*. 16. Auflage. Berlin: Springer Spektrum; 2018.
53. Lenhard W, Lenhard A. Calculation of Effect Sizes [Internet]. Dettelbach, 2016 [cited 2021 Apr 14]. Available from: https://www.psychometrica.de/effect_size.html.
54. Cohen B. *Explaining psychological statistics*. 2008; 3rd ed. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.
55. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 1988; Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.

56. Schmidt JD, Register-Mihalik JK, Mihalik JP, Kerr ZY, Guskiewicz KM. Identifying Impairments after concussion: normative data versus individualized baselines. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(9):1621-8.
57. Broglio SP, Eckner JT, Paulson HL, Kutcher JS. Cognitive decline and aging: the role of concussive and subconcussive impacts. *Exerc Sport Sci Rev.* 2012;40(3):138-44.
58. White PE, Newton JD, Makdissi M, Sullivan SJ, Davis G, McCrory P, Donaldson A, Ewing MT, Finch CF. Knowledge about sports-related concussion: is the message getting through to coaches and trainers? *Br J Sports Med.* 2014;48(2):119-24.
59. Kaut KP, DePompei R, Kerr J, Congeni J. Reports of head injury and symptom knowledge among college athletes: implications for assessment and educational intervention. *Clin J Sport Med.* 2003;13(4):213-21.
60. Kirk B, Pugh JN, Cousins R, Phillips SM. Concussion in University Level Sport: Knowledge and Awareness of Athletes and Coaches. *Sports (Basel).* 2018;6(4).
61. Benson BW, Hamilton GM, Meeuwisse WH, McCrory P, Dvorak J. Is protective equipment useful in preventing concussion? A systematic review of the literature. *Br J Sports Med.* 2009;43 Suppl 1:i56-67.
62. Trojian TH, Mohamed N. Demystifying preventive equipment in the competitive athlete. *Curr Sports Med Rep.* 2012;11(6):304-8.
63. Mihalik JP, McCaffrey MA, Rivera EM, Pardini JE, Guskiewicz KM, Collins MW, Lovell MR. Effectiveness of mouthguards in reducing neurocognitive deficits following sports-related cerebral concussion. *Dent Traumatol.* 2007;23(1):14-20.
64. Benson BW, McIntosh AS, Maddocks D, Herring SA, Raftery M, Dvorak J. What are the most effective risk-reduction strategies in sport concussion? *Br J Sports Med.* 2013;47(5):321-6.
65. Emery CA, Black AM, Kolstad A, Martinez G, Nettel-Aguirre A, Engebretsen L, Johnston K, Kissick J, Maddocks D, Tator C, Aubry M, Dvorak J, Nagahiro S, Schneider K. What strategies can be used to effectively reduce the risk of concussion in sport? A systematic review. *Br J Sports Med.* 2017;51(12):978-84.
66. Emery C, Palacios-Derflingher L, Black AM, Eliason P, Krolikowski M, Spencer N, Kozak S, Schneider KJ, Babul S, Mrazik M, Lebrun CM, Goulet C, Macpherson A, Hagel BE. Does disallowing body checking in non-elite 13- to 14-year-old ice hockey leagues reduce rates of injury and concussion? A cohort study in two Canadian provinces. *Br J Sports Med.* 2019.

67. Kriz PK, Staffa SJ, Zurakowski D, MacAskill M, Kirchberg T, Robert K, Baird J, Lockhart G. Effect of Penalty Minute Rule Change on Injuries and Game Disqualification Penalties in High School Ice Hockey. *Am J Sports Med.* 2019;47(2):438-43.
68. Kerr ZY, Yeargin S, Valovich McLeod TC, Nittoli VC, Mensch J, Dodge T, Hayden R, Dompier TP. Comprehensive Coach Education and Practice Contact Restriction Guidelines Result in Lower Injury Rates in Youth American Football. *Orthop J Sports Med.* 2015;3(7):2325967115594578.
69. Biasca N, Wirth S, Tegner Y. The avoidability of head and neck injuries in ice hockey: an historical review. *Br J Sports Med.* 2002;36(6):410-27.
70. Brown NJ, Mannix RC, O'Brien MJ, Gostine D, Collins MW, Meehan WP, 3rd. Effect of cognitive activity level on duration of post-concussion symptoms. *Pediatrics.* 2014;133(2):e299-304.
71. Majerske CW, Mihalik JP, Ren D, Collins MW, Reddy CC, Lovell MR, Wagner AK. Concussion in sports: postconcussive activity levels, symptoms, and neurocognitive performance. *J Athl Train.* 2008;43(3):265-74.
72. Moser RS, Glatts C, Schatz P. Efficacy of immediate and delayed cognitive and physical rest for treatment of sports-related concussion. *J Pediatr.* 2012;161(5):922-6.
73. Lishchynsky JT, Rutschmann TD, Toomey CM, Palacios-Derflingher L, Yeates KO, Emery CA, Schneider KJ. The Association Between Moderate and Vigorous Physical Activity and Time to Medical Clearance to Return to Play Following Sport-Related Concussion in Youth Ice Hockey Players. *Front Neurol.* 2019;10:588.
74. Echemendia RJ, Bruce JM, Bailey CM, Sanders JF, Arnett P, Vargas G. The utility of post-concussion neuropsychological data in identifying cognitive change following sports-related MTBI in the absence of baseline data. *Clin Neuropsychol.* 2012;26(7):1077-91.
75. Kutcher JS, McCrory P, Davis G, Ptito A, Meeuwisse WH, Broglio SP. What evidence exists for new strategies or technologies in the diagnosis of sports concussion and assessment of recovery? *Br J Sports Med.* 2013;47(5):299-303.
76. Smith AM, Alford PA, Aubry M, Benson B, Black A, Brooks A, Burke C, D'Arcy R, Dodick D, Eaves M, Eickhoff C, Erredge K, Farrell K, Finnoff J, Fraser DD, Giza C, Greenwald RM, Hoshizaki B, Huston J, Jorgensen J, Joyner M, Krause D, LaVoi N, Leaf M, Leddy J, Margarucci K, Margulies S, Mihalik J, Munce T, Oeur A, Prideaux C, Roberts WO, Shen F, Soma D, Tabrum M, Stuart MB, Wethe J, Whitehead J, Wiese-

Bjornstal D, Stuart MJ. Proceedings From the Ice Hockey Summit III: Action on Concussion. *Clin J Sport Med*. 2019.

77. Meehan WP, 3rd, Mannix RC, O'Brien MJ, Collins MW. The prevalence of undiagnosed concussions in athletes. *Clin J Sport Med*. 2013;23(5):339-42.

78. Patricios JS, Arden CL, Hislop MD, Aubry M, Bloomfield P, Broderick C, Clifton P, Echemendia RJ, Ellenbogen RG, Falvey EC, Fuller GW, Grand J, Hack D, Harcourt PR, Hughes D, McGuirk N, Meeuwisse W, Miller J, Parsons JT, Richiger S, Sills A, Moran KB, Shute J, Raftery M. Implementation of the 2017 Berlin Concussion in Sport Group Consensus Statement in contact and collision sports: a joint position statement from 11 national and international sports organisations. *Br J Sports Med*. 2018;52(10):635-41.

79. Donaldson L, Li B, Cusimano MD. Economic burden of time lost due to injury in NHL hockey players. *Inj Prev*. 2014;20(5):347-9.

8. Anlagen

8.1. Fragebogen in Ergänzung zur SCAT 2 Testung

Name:

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



Fragebogen in Ergänzung zur SCAT 2 - Testung

1. Bitte unterstreichen Sie Ihr Geschlecht!

Männlich weiblich anderes

2. Wie alt sind Sie?

Jahre

3. Wie lange spielen Sie insgesamt schon Eishockey?

Jahre

4. Wie viele Jahre spielen Sie professionell Eishockey?

Jahre

5. Wie viele Stunden Sport treiben Sie insgesamt pro Woche?

Stunden/Woche

6. Wie viele Stunden davon sind Vereinstraining?

Stunden/Woche

7. Wie viele Stunden davon sind individuelles Training?

Stunden/Woche



Lehrstuhl und Abteilung für Sportmedizin

1

Univ. – Prof. Dr. Bernd Wolfarth

Lehrstuhl Sportmedizin Humboldt-Universität zu Berlin
Abteilung Sportmedizin Charité Universitätsmedizin Berlin

Postanschrift + Sitz:

Humboldt-Universität zu Berlin
Charité Universitätsmedizin Berlin
Philipppstr. 13, Haus 11
10115 Berlin
Telefon: +49 30 2093-46053
Telefax: +49 30 2093-46054
bernd.wolfarth@hu-berlin.de
bernd.wolfarth@charite.de

Definition der Gehirnerschütterung:

„Leichtes Schädelhirntrauma (SHT I) mit traumatisch bedingter, reversibler, funktioneller Schädigung des Gehirns [...]. Klinisch zeigen sich Bewusstseinsstörung, Benommenheit, Amnesie, Kopfschmerz, Schwindel, Kreislaufstörung, Übelkeit und Erbrechen. [...]“¹

¹ Hentsch, Stefan. Pschyrembel Online. Zuletzt eingesehen am 04.02.2019 um 17 Uhr unter: <https://www.pschyrembel.de/Gehirnersch%C3%BCtterung/K055H/doc/>.

6. Wie viele Gehirnerschütterungen hatten Sie bereits in Ihrem Leben und wann?

Anzahl	Jahr

7. Wie viele Tage hatten Sie nach der jeweiligen Gehirnerschütterung noch Beschwerden?

Datum der Gehirnerschütterung	Zeitraum in Tagen

8. Wie viele Tage durften Sie nach der jeweiligen Gehirnerschütterung keinen Sport machen?

Datum der Gehirnerschütterung	Zeitraum in Tagen

9. Hatten Sie schon einmal eine schwere Kopfverletzung?

Dabei treten normalerweise eine Bewusstlosigkeit länger als 15 Minuten und Ausfälle wie etwa Lähmungen auf.²

JA	
-----------	--

NEIN	
-------------	--

Wenn ja, wie oft?

--

Welche Verletzung ist aufgetreten?

² Vgl. Menche, Nicole. Zuletzt eingesehen am 04.02.2019 um 17:30 Uhr unter: <https://www.apotheken.de/krankheiten/4714-schaedel-hirn-trauma>.

8.2. Sport Concussion Assessment Tool 2

Entnommen aus dem Sportmedizinischen Untersuchungsbogen für Spieler der Deutschen Eishockey Liga. (50)

Artikelnummer: 24-115450-9

VERBLEIB
Untersuchender Sportarzt

SCAT 2 - EVALUATION

Name des Spielers: _____

Unfall-Datum /Unfallzeit: _____

Untersuchungsdatum /Untersuchungszeit: _____

Anzahl Jahre im Eishockey: _____

Untersuchung: _____

Symptom Evaluation (Gesamtzahl von Symptomen (22))

Symptom-Schwere-Score (Summe aller Scores, maximal möglich: $22 \times 6 = 132$) _____

Verschlechtern sich die Symptome unter körperlicher Belastung? _____

Verschlechtern sich die Symptome unter mentaler Belastung? _____

Klinische Zeichen (2) _____

Glasgow Coma Scale (15) _____

Gleichgewichts-Score (30) _____

Gesamt-Wert SAC (30) _____

Orientierungs-Score _____ von 5

Primäres Erinnerungsvermögen _____ von 5

Konzentrations-Score _____ von 5

Langzeit-Erinnerungsvermögen _____ von 5

Koordination (1) _____

GESAMTWERT SCAT 2:

VERBLEIB
 Untersuchender Sportarzt

SYMPTOM EVALUATION

Wie geht es Ihnen?

Sie sollen die folgenden Symptome bei sich einschätzen, wie sie aktuell vorliegen. Nach dem Durchlesen jedes Symptoms, kreisen Sie bitte die Nummer ein, die am besten beschreibt, wie Sie sich heute fühlen. Eine Bewertung von 0 bedeutet, dass dieses Symptom heute nicht vorliegt. Eine Bewertung von 6 bedeutet, dass dieses Symptom Sie heute erheblich beeinträchtigt.

SYMPTOME	keine	leicht		mittel		stark	
Ich fühle mich „nicht richtig“	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Kopfschmerzen	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe das Gefühl, dass der Kopf „drückt“	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Nacken-Schmerzen	0	1	2	3	4	5	6
ich habe Übelkeit/Erbrechen	0	1	2	3	4	5	6
Ich bin verwirrt oder durcheinander	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Gleichgewichtsprobleme	0	1	2	3	4	5	6
Mir ist schwindelig	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich müde oder erschöpft	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Schwierigkeiten einzuschlafen	0	1	2	3	4	5	6
Mir ist schläfrig zu Mute	0	1	2	3	4	5	6
Ich reagiere empfindlich auf Licht	0	1	2	3	4	5	6
Ich reagiere empfindlich auf Lärm	0	1	2	3	4	5	6
Ich bin reizbar	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich traurig	0	1	2	3	4	5	6
Ich bin nervös oder ängstlich	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich erregbarer	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich „nebelig“	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Konzentrationsschwierigkeiten	0	1	2	3	4	5	6
Ich habe Seh-Probleme	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle Taubheit oder Kribbeln im Körper	0	1	2	3	4	5	6
Ich schlafe mehr als üblich	0	1	2	3	4	5	6
Ich schlafe weniger als üblich	0	1	2	3	4	5	6
Ich fühle mich verlangsamt	0	1	2	3	4	5	6

Waren Sie bewusstlos oder nicht ansprechbar? _____

Falls ja, wie lange? _____

Lag eine Gleichgewichtsstörung/Unsicherheit vor? _____

VERBLEIB
 Untersuchender Sportarzt

GLASGOW COMA SCALE (GCS)

AUGEN ÖFFNEN

WERT:

	Erwachsener	1–5 Jahre	0–1 Jahre
4	spontan	spontan	spontan
3	auf Aufforderung	auf Aufforderung	auf Rufen
2	auf Schmerzreiz	auf Schmerzreiz	auf Schmerzreiz
1	fehlend	fehlend	fehlend

BESTE SPRACHLICHE REAKTION

WERT:

5	orientiert	angemessene Worte	gurr, plappert, lächelt
4	desorientiert	inadäquate Worte	weint
3	inadäquate Worte	weint, schreit	inadäquates Weinen
2	unverständlich	grunzend	grunzend
1	keine	keine	keine

BESTE MOTORISCHE REAKTION

WERT:

6	spontan	spontan	spontan
5	gezielt auf Schmerz	gezielt auf Schmerz	gezielt auf Schmerz
4	normale Beugung	normale Beugung	normale Beugung
3	abnormale Beugung	abnormale Beugung	abnormale Beugung
2	Streckmechanismen	Streckmechanismen	Streckmechanismen
1	keine	keine	keine

GESAMTWERT GCS:

VERBLEIB
 Untersuchender Sportarzt

STANDARDIZED ASSESSMENT OF CONCUSSION

ORIENTIERUNG (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /5

- Welcher Monat ist gerade? 0 1
- Welches Datum ist heute? 0 1
- Welcher Wochentag ist heute? 0 1
- In welchem Jahr befinden wir uns? 0 1
- Wie spät ist es jetzt etwa? (innerhalb 1h) 0 1

PRIMÄRES ERINNERUNGSVERMÖGEN (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /15

„Ich werde jetzt Ihr Gedächtnis testen. Ich lese Ihnen eine Liste von Wörtern vor und wenn ich fertig bin, wiederholen Sie so viele Wörter wie Sie sich erinnern können, in beliebiger Reihenfolge.“

Versuch 2 und 3: „Ich wiederhole jetzt diese Wörter. Wiederholen Sie in beliebiger Reihenfolge so viele verschiedene Wörter wie möglich, auch wenn Sie das Wort schon einmal gesagt haben.“

Füllen Sie nun alle drei Testabläufe aus, unabhängig von der Punktzahl bei Test 1 und 2. Lesen Sie die Worte in je einer Sekunde. Markieren Sie „1“ für jede richtige Antwort. Die Gesamtpunktzahl ergibt sich aus der Summe aller drei Tests. Informieren Sie den Spieler nicht, dass die Wörter später, nach der Konzentrations- und Koordinationstestung, nochmals abgefragt werden.

Variante A	Variate B	Variante C	Variante D	Test 1	Test 2	Test 3
Ellenbogen	Kerze	Baby	Affe	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Apfel	Papier	Affe	Cent	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Teppich	Zucker	Parfüm	Decke	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Sattel	Brot	Sonne	Limone	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Blase	Wagen	Eisen	Insekt	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

LANGZEIT-ERINNERUNGSVERMÖGEN (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /5

„Erinnern Sie sich an die Wörter von vorhin? Sagen Sie mir so viele Wörter wie möglich in beliebiger Reihenfolge. Markieren Sie jedes richtig genannte Wort.“

Variante A	Variate B	Variante C	Variante D	Test 1	Test 2	Test 3
Ellenbogen	Kerze	Baby	Affe	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Apfel	Papier	Affe	Cent	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Teppich	Zucker	Perfüm	Decke	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Sattel	Brot	Sonne	Limone	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
Blase	Wagen	Eisen	Insekt	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

VERBLEIB

Untersuchender Sportarzt

KONZENTRATION (0= falsch, 1 = richtig)

WERT: /5

Ziffern rückwärts:

„I am going to read you a string of numbers and when I am done, you repeat them back to me backwards, in reverse order of how I read them to you. For example, if I say 7-1-9, you would say 9-1-7.“

If correct, go to next string length. If incorrect, read trial 2. One point possible for each string length. Stop after incorrect on both trials. The digits should be read at the rate of one per second.

„Ich lese Ihnen eine Reihe von Zahlen vor und wenn ich fertig bin, wiederholen Sie diese in umgekehrter Reihenfolge. Zum Beispiel, wenn ich 7-1-9 sage, würden Sie 9-1-7 sagen.“

Bei richtigem Ergebnis, wird die nächstlängere Zahlenreihe getestet. Bei falschem Ergebnis erfolgt ein 2. Versuch mit Variante B. Für jede richtige Zahlenfolge wird 1 Punkt gegeben. Wenn 2 gleiche Ziffernfolgen falsch waren, endet der Test. Die Ziffern sollen mit einer Sekunde Abstand vorgelesen werden.

Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
4-9-3	6-2-9	5-2-6	4-1-5
3-8-1-4	3-2-7-9	1-7-9-5	4-9-6-8
6-2-9-7-1	1-5-2-8-6	3-8-5-2-7	6-1-8-4-3
7-1-8-4-6-2	5-3-9-1-4-8	8-3-1-9-6-4	7-2-4-8-5-6

Test

0 1

0 1

0 1

0 1

Monate in umgekehrter Reihenfolge:

„Nun sagen Sie mir die Monate des Jahres in umgekehrter Reihenfolge auf. Beginnen Sie mit dem letzten Monat, beginnend mit Dezember.“ (1 Punkt für eine korrekte Sequenz)

Dez-Nov-Okt-Sept-Aug-Jul-Jun-Mai-Apr-Mär-Feb-Jan

0 1

KOORDINATION

WERT: /1

Note for testers: Athletes fail the test if they do not touch their nose, do not fully extend their elbow or do not perform five repetitions. Failure should be scored as 0.

Finger-Nase-Test (FNT): „Ich werde jetzt Ihre Koordination testen. Setzen Sie sich bitte bequem auf den Stuhl mit offenen Augen und ausgestrecktem Arm (rechts oder links, Schulter um 90° gebeugt, Ellenbogen und Finger gestreckt). Wenn ich ein Startsignal gebe, sollen Sie fünfmal nacheinander den Zeigefinger so schnell und so genau wie möglich auf der Nasenspitze aufsetzen.“

Wertung: 5 richtige Wiederholungen in <4 Sekunden = 1

Hinweis für Tester: Sportler bestehen die Prüfung nicht, wenn sie ihre Nase nicht berühren, den Ellenbogen nicht voll strecken oder keine fünf Wiederholungen schaffen. Fehler werden als 0 gewertet.

Welcher Arm wurde getestet? l r

VERBLEIB
 Untersuchender Sportarzt

BALANCE ERROR SCORING SYSTEM (BESS)

WERT: /30

a) Zwei-Bein-Stand

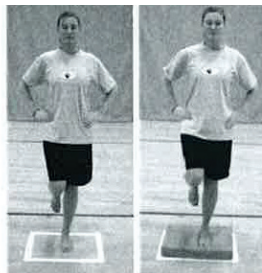
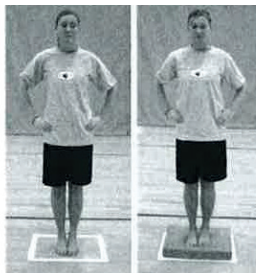
„Zuerst stehen Sie mit beiden Füßen nebeneinander und den Händen an den Hüften und mit geschlossenen Augen. Sie sollen versuchen, diese Position für 20 Sekunden zu halten. Ich werde zählen, wie oft Sie sich aus dieser Position heraus bewegen. Ich werde die Zeitmessung starten, wenn Sie die Position eingenommen und die Augen geschlossen haben.“

b) Ein-Bein-Stand

„Welches Bein würden Sie zum Schießen beim Fußball nehmen? (Das ist dann der dominante Fuß) Stehen Sie jetzt auf dem nicht-dominanten Fuß. Das dominante Bein soll in 30° Hüftbeugung und 45° Knieflexion gehalten werden. Auch hier sollen Sie versuchen, die Stabilität für 20 Sekunden zu halten, mit den Händen auf den Hüften und geschlossenen Augen. Ich werde zählen, wie oft Sie sich aus dieser Position heraus bewegen. Falls Sie stolpern, öffnen Sie Ihre Augen, kehren Sie zur Startposition zurück und halten Sie weiter das Gleichgewicht. Ich starte die Zeitmessung, wenn Sie die Position eingenommen und die Augen geschlossen haben.“

c) Tandem-Stand

„Stellen Sie ihr nicht-dominantes Bein hinter das andere Bein, so dass sich Ferse und Zehen berühren. Ihr Gewicht sollte gleichmäßig auf beide Füße verteilt sein. Auch hier sollen Sie versuchen, die Stabilität und die Position mit den Händen auf den Hüften und geschlossenen Augen für 20 Sekunden zu halten. Ich zähle, wie oft Sie sich aus dieser Position heraus bewegen. Falls Sie stolpern, öffnen Sie Ihre Augen, kehren Sie zur Startposition zurück und halten Sie weiter das Gleichgewicht. Ich starte die Zeitmessung, wenn Sie die Position eingenommen und die Augen geschlossen haben.“



Fehler-Typen

- 1. Hand abheben vom Becken
- 2. Augen öffnen
- 3. Ausfallschritt, stolpern/fallen
- 4. Hüftabduktion >30°
- 5. Heben von Vorfuß oder Ferse
- 6. Verlassen der Position >5 Sek.

Für jede 20-Sekunden-Testung wird die Anzahl der Fehler nach Beginn der Testung und Einnahme der richtigen Position gezählt. Der modifizierte BESS errechnet sich durch Summation der Fehler pro Test-Situation. Die maximale Gesamtzahl der Fehler für jede einzelne Testung beträgt 10. Wenn mehrere Fehler gleichzeitig gesehen werden, wird nur ein Fehler gewertet. Bei Spielern, die nicht in der Lage sind, die Position für mindestens 5 Sekunden zu halten, wird die maximale Punktzahl (10) für diesen Test zugeordnet.

Welches Bein wurde getestet (Test des nicht-dominanten Beines)? l r

Fehler-Gesamtzahl

Zwei-Bein-Stand _____/10 Ein-Bein-Stand _____/10 Tandem-Stand _____/10

9. Eidesstattliche Erklärung

„Ich, Tilman Jasper Pulst Caliman, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

„Das Sport Concussion Assessment Tool 2 in der Verlaufsdiagnostik von Leistungssportlern – Sinn oder Unsinn?“/ „The Sport Concussion Assessment Tool 2 as a longitudinal diagnostic instrument for professional athletes – sense or nonsense?“, selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

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

Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

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

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

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

10. Lebenslauf

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

11. Danksagung

Ich bedanke mich ganz herzlich bei Univ.-Prof. Dr.med. Bernd Wolfarth für das Ermöglichen und die Betreuung dieser Promotion über ein so spannendes und äußerst interessantes Thema.

Des Weiteren möchte ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung für Sportmedizin der Charité- Universitätsmedizin Berlin für die stets unkomplizierte und freundliche Zusammenarbeit bedanken.

Dipl.-Math. Arno Schroll bin ich für die Unterstützung bezüglich aller statistischen Fragestellungen und Analysen zu Dank verpflichtet.

Außerdem möchte ich an dieser Stelle alle Probanden würdigen, ohne deren vorbildliche Partizipation diese Promotion nicht möglich gewesen wäre. Zuguterletzt gilt mein Dank meiner Familie und meinen Freunden ohne deren konstante und bedingungslose Unterstützung diese Dissertation nicht möglich gewesen wäre. Insbesondere möchte ich für die vielen guten Ratschläge und Unterstützung meinen Eltern, Dr. med. Gerlinde Inge Pulst und Dr. med. Sebastian-Andreas Pulst, meiner Verlobten Julia Maria Caliman und meinen Freunden Dr. med. Maximilian Grummt und Friedrich Martin Götz danken.