

Bachelorarbeit:

Neurokognitive Leistungsfähigkeit nach einem Schädel-Hirn- Trauma im Sport und die darauf folgende Reintegration

Autorin: Valeria Gallin
Streulistrasse 14
8032 Zürich

Departement: Gesundheit
Institut: Institut für Physiotherapie
Studienjahr: 2007
Eingereicht am: 21. Mai 2010
Betreuende Lehrperson: Frau Sandra Schächtelin

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Abstract | 3 |
| 2. Einleitung | 5 |
| 2.1 Einführung | 5 |
| 2.2 Fragestellung | 6 |
| 3. Hauptteil | 7 |
| 3.1 Methodik | 7 |
| 3.2 Begründung der Wahl | 8 |
| 3.3 Definition | 8 |
| 3.4 Einteilungen der Schweregrade der Schädel-Hirn-Traumata | 10 |
| 3.5 Pathophysiologie des Schädel-Hirn-Traumas | 11 |
| 3.6 Prozess der verzögerten Axotomie | 12 |
| 3.7 Second Impact Syndrom (SIS) / Chronic Traumatic Brain Injury (CTBI) .. | 13 |
| 3.8 Anatomisch betroffene Strukturen bei einem Schädel-Hirn-Trauma | 14 |
| 3.9 Was ist ImpACT? (Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing) | 15 |
| 3.10 Sensitivität und Spezifität von ImpACT | 21 |
| 3.11 Reliable Change Index (RCI) | 21 |
| 3.12 Neurokognitive Leistungen nach einem SHT im Sport (Zusammenfassung der verwendeten Studien) | 22 |
| Erste Studie | 22 |
| Zweite Studie | 25 |
| Dritte Studie | 27 |
| Vierte Studie | 29 |
| Fünfte Studie | 31 |
| 4. Diskussion | 35 |
| 5. Schlussteil | 39 |
| 5.1 Theorie – Praxis – Transfer | 39 |
| 5.2 Eigene Meinung | 39 |
| 5.3 Grenzen dieser Arbeit | 40 |
| 6 Verzeichnisse | 41 |
| 6.1 Literaturverzeichnis | 41 |

| | | |
|-----------|----------------------------------|-----------|
| 6.2 | Abbildungsverzeichnis..... | 45 |
| 6.3 | Tabellenverzeichnis..... | 46 |
| 6.4 | Andere Quellen | 47 |
| 6.5 | Abkürzungsverzeichnis..... | 47 |
| 6.6 | Glossar | 48 |
| 7. | Weiteres..... | 55 |
| 7.1 | Eigenständigkeitserklärung | 55 |
| 7.2 | Danksagung | 55 |
| 7.3 | Anhang..... | 55 |

Hinweis:

Unterstrichene Wörter im Text werden im Glossar (6.6) genau erläutert.

1. Abstract

In dieser Arbeit wird gezeigt, wie neuere Forschungen zum Thema Schädel-Hirn-Trauma (SHT) zu einem Diagnoseverfahren geführt haben, welches dank des Einsatzes eines computergestützten Erfassungssystems (ImPACT) viel zuverlässigere Diagnosen liefert als frühere Verfahren. Entscheidend war die Einsicht, dass die Beobachtung der neurokognitiven Leistungsfähigkeit viel reliabler ist als das Erfassen rein physiologischer Symptome und subjektiver Einschätzungen.

Methodik: Fünf Studien, die sich mit dem Thema neurokognitive Leistungsfähigkeit befassen, wurden ausgewählt und miteinander bezüglich der betroffenen Komponenten verglichen.

Resultate: Bei vier von fünf Studien ist die Komponente „Verbal Memory“ nach einem SHT am meisten betroffen. Zusätzlich ist „Visual Memory“ und „Reaction Time“ sensibel für neurokognitive Beeinträchtigungen.

Schlussfolgerung: Bei der „3rd International Conference on Concussion in Sport Held in Zurich, November 2008“ wurde ein einheitlicher Leitfaden für den Umgang nach einem SHT im Sport erstellt. Es wird empfohlen, vor der Saison einen Basistest mittels ImPACT für jeden Athleten durchzuführen. Im Falle eines SHTs sollte man den verletzten Athleten sofort vom Spielfeld nehmen und ihn noch einmal demselben Test unterziehen. Für die Reintegration in den Sport wird das Schema der schrittweisen, symptomfreien Aktivitätssteigerung der CIS-Group empfohlen.

2. Einleitung

2.1 Einführung

Van Kampen, Lovell, Pardini, Collins und Fu (2006) erwähnen, dass das sportbedingte Schädel-Hirn-Trauma (SHT, sog. Gehirnerschütterung, engl. minor Traumatic Brain Injury, „mTBI“) eine häufige Verletzung ist und dass die Inzidenzrate in den USA bei American-Football-Spielern bei 1.5 Millionen jährlich liegt. Obwohl die Mehrheit der SHTta bei Autounfällen und Stürzen entstehen, sind laut Gennarelli (1991; zit. nach Biasca et al., 2005) 15-25% der SHTta dem Sport zuzuschreiben. Man darf annehmen, dass diese Zahlen tief geschätzt sind, da viele SHTta aus verschiedenen Gründen nicht diagnostiziert werden.

Dass Athleten und deren Trainer oder Teamärzte die Symptome eines SHTs sofort erkennen und entsprechend handeln, ist nicht immer der Fall. Hinton-Bayre, Geffen G.M., Geffen L.B., McFarland und Friis (1999) sowie Lovell, Vollins und Iverson (2003) erläutern, dass auch milde SHTta ausgeprägte Erinnerungsdefizite für mindestens sieben Tage posttraumatisch mit sich führen können. Lovell und Delaney (2000 und 2004; zit. nach Van Kampen et al. 2006) beobachten, dass die Athleten häufig die Symptome nicht beachten oder ihre Schwere untertreiben. Meist spielt dabei die Angst, vom Spiel herausgenommen zu werden, oder die Befürchtung, sein Team hängen zu lassen, eine grosse Rolle. Spielt ein Athlet weiter oder wird er zu früh wieder im Spiel eingesetzt, besteht ein erhöhtes Risiko einer weiteren Verletzung oder einer Verschlimmerung des ersten SHTs (sog. Second Impact Syndrom, siehe 3.7).

2.2 Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist zu zeigen, wie anhand von ImPACT die signifikanten Zusammenhänge zwischen einem SHT im Sport, die darauf folgenden neurokognitiven Leistungsfähigkeit und die zugehörigen Symptome ermittelt werden. Die Fragestellung lautet demzufolge:

Welche neurokognitiven Leistungsfähigkeiten sind nach einem SHT im Sport beeinträchtigt und wie läuft eine optimale Reintegration in den Sport ab?

3. Hauptteil

3.1 Methodik

Die Literaturrecherche fand von September 2009 bis März 2010 statt. Die Recherche der Primärliteratur wurde auf den Datenbanken CINAHL, Medline und Pubmed vorgenommen. Nach der Eingrenzung durch die Keywords („Concussion in sports“, „Return to play“, „Assessment“, „Management“, „ImPACT“, Neurocognitive Performance“) und Kombinationen mit „AND“, wurde die Liste mit den erhaltenen Ergebnissen durch die Analyse der Titel und der

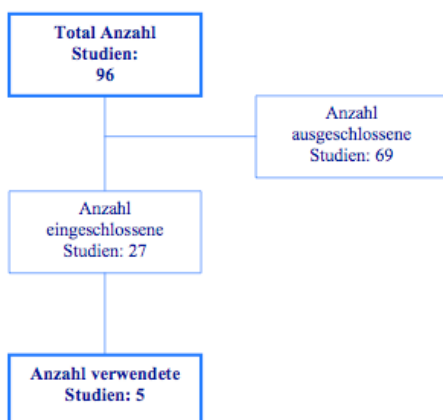


Abbildung 1: Selektion der Studien

Abstracts aussortiert. Bei den verwendeten Studien handelt es sich um solche ab dem Jahr 2005. Es ist deutlich bemerkbar, dass auf Grund lückenhafter Forschung ältere Studien viel mehr Fragen offen lassen. Der Autorin war es wichtig, Studien zu benutzen, die sich auf SHT im Sport beziehen, aber nicht alle Traumaursachen eines SHTs untersuchen. Ein weiteres Ausschlusskriterium war die Untersuchung bei Kindern, weil in diesem Fall andere Faktoren beachtet werden müssen. Weitere Studien konnten

durch das Studium von Literaturverzeichnissen bereits verwendeter Literatur auffindig gemacht werden. Die verwendete Sekundärliteratur stammt aus der Hochschulbibliothek der ZHAW (Departement Gesundheit) in Winterthur und der Bibliothek an der ETH in Zürich. Zusätzlich wurde auf Empfehlung von Hr. Dr. med. dent. Stephan Trabold die Studie von Biasca, N.

et al. (2006) in der Zeitschrift „Schweizerisches Medizinisches Forum“ gefunden.

Die Studien, die durch die Literatursuche gefunden wurden, hat die Autorin durchgelesen und anhand der Guidelines for Critical Review Form for Quantitative Studies der Autoren Law, Stewart, Pollock, Bosch & Westmorland (1998) beurteilt. Anhand dieser Beurteilung wurde entschieden, welche Studien definitiv für die Arbeit benutzt werden.

Um die Lesbarkeit dieser Arbeit zu verbessern, wird bei Personen ausschliesslich die männliche Schreibweise verwendet. Obwohl auf die zusätzliche weibliche Formulierung verzichtet wird, beziehen sich die Angaben jeweils auf beide Geschlechter.

3.2 Begründung der Wahl

Zuerst wollte die Autorin die verschiedenen Tools für das Assessment und das Management miteinander vergleichen, welche Trainer und Ärzte von Sportteams zu gebrauchen pflegen. Während der Literatursuche hat sich aber gezeigt, dass der Immediate Postconcussion and Cognitive Test (ImPACT) reliabel und valide in der Befundung von SHTta ist. Zugleich weist ImPACT eine gute Sensitivität und Spezifität bei Athleten auf (Schatz, Pardini, Lovell, Collins, Podell 2005). Auf Grund der guten Resonanz bei den Sportteams wird für den Befund grösstenteils ImPACT benutzt. Daher erübrigt sich ein Vergleich mit anderen Verfahren (Covassin et al. 2009). Infolgedessen beschliesst die Autorin, auf die neurokognitive Leistungsfähigkeit und Symptome nach einem oder mehreren sportbedingten SHTta auszuweichen, die anhand von ImPACT evaluiert werden.

3.3 Definition

Der Artikel „Consensus Statement on Concussion in Sport: The 3rd International Conference on Concussion in Sport Held in Zurich“ von McCrory et

al. (2008) definiert das Schädelhirntrauma (SHT) als einen komplexen, pathophysiologischen Prozess im Gehirn, der von traumatisch bedingten biomechanischen Kräften hervorgerufen wird. Folgende Punkte gehören zur Definition:

1. „Concussion may be caused by a direct blow to the head, face, neck, or elsewhere on the body with an ‘impulsive’ force transmitted to the head.“
2. „Concussion typically results in the rapid onset of short-lived impairment of neurologic function that resolves spontaneously.“
3. „Concussion may result in neuropathologic changes, but the acute clinical symptoms largely reflect a functional disturbance rather than a structural injury.“
4. „Concussion results in a graded set of clinical symptoms that may or may not involve loss of consciousness. Resolution of the clinical and cognitive symptoms typically follows a sequential course; however, it is important to note that in a small percentage of cases, postconcussive symptoms may be prolonged.“
5. „No abnormality on standard structural neuroimaging studies is seen in concussion.“

3.4 Einteilungen der Schweregrade der Schädel-Hirn-Traumata

| | American Academy of Neurology Guidelines (AAN) | Colorado Medical Society Guidelines | Cantu Guidelines |
|---------|--|--|--|
| Grade 1 | Transient Confusion, Symptoms < 15 minutes, no loc | Transient confusion, Symptoms that resolve within 15 minutes, no loc | < 30 minutes amnesia, no loc |
| Grade 2 | Transient Confusion, Symptoms > 15 minutes, no loc | Transient confusion, symptoms that require > 15 minutes to resolve, no loc | Amnesia for between 30 minutes and 24 hours, loc < 5 minutes |
| Grade 3 | Any loc, either brief (seconds) or prolonged (minutes) | Loc for any period | Amnesia > 24 hours, loc > 5 minutes |

Tabelle 1: Einteilungen der SHTta

Loc = loss of consciousness

Harmon (1999) erläutert, dass es mindestens 16 verschiedene Unterteilungen von SHT gibt, wovon drei in der Tabelle 1 einander gegenübergestellt werden. Dadurch, dass keine evidenzbasierten Daten zum damaligen Zeitpunkt vorhanden waren, ist es unmöglich Übereinstimmungen zwischen den Unterteilungen aufzuzeigen.

Das Gremium an der „2nd International Conference on Concussion in Sport Held in Prague, 2004“ hat daher beschlossen, die verschiedenen Unterteilungen aufzulösen, damit der Fokus mehr auf den individuellen Krankheitsverlauf des Athleten gelegt werden kann und damit man sich im Hinblick auf den Behandlungsverlauf und in der Kontrolle nicht durch den vordefinierten Schweregrad beeinflussen lässt. Es schlug vor, ein Schädel-Hirn-Trauma als „simple“ oder „complex“ zu unterscheiden. Eine genaue Definition dieser Unterscheidung wird in dieser Arbeit nicht beschrieben. Sie wurde bei der „3rd International Conference on Concussion in Sport Held in Zurich, November 2008“ verworfen, da der Vorschlag das gesamte Krankheitsbild SHT nicht beschreiben konnte. Es wurde jedoch aus dem Vorschlag einstimmig das

Konzept beibehalten, dass die Symptome der Mehrheit aller SHTta (80-90%) innerhalb von 7 bis 10 Tagen abklingen. Die verwendeten Studien in dieser Arbeit basieren noch auf den Einteilungen Grad 1 bis Grad 3 der „American Academy of Neurology Guidelines“ (Tabelle 1), weil diese Studien bereits vor der letzten Konferenz 2008 in Zürich durchgeführt worden sind.

Broglio et al. (2007) haben festgestellt, dass der Schweregrad eines SHTs erst retrospektiv bestimmt werden kann. Erst wenn alle Symptome abgeklungen sind, der neurologische Befund normal ist und die kognitiven Funktionen wieder gleich gut sind wie beim Basistest, kann man das Ausmass des SHTs mit grosser Sicherheit feststellen.

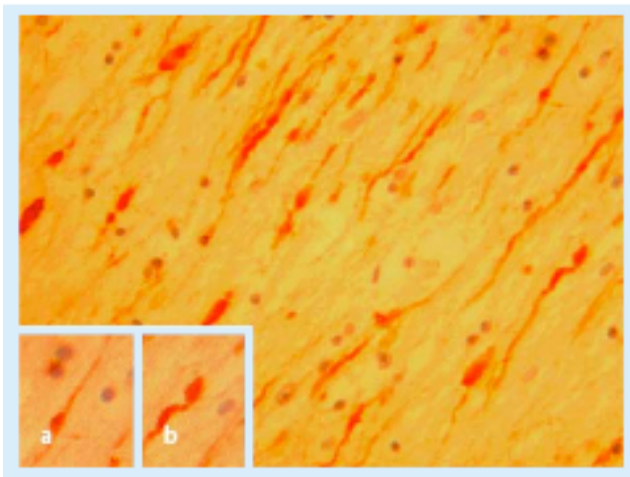
3.5 Pathophysiologie des Schädel-Hirn-Traumas

Primäre Schädel-Hirn-Traumata (auch Hirnkontusionen genannt) werden direkt durch einen Unfall verursacht und geschehen innert wenigen Millisekunden durch einen Aufprall. Durch eine extrem starke Beschleunigung (Akzeleration / Dezeleration) werden Gewebedehnungen, -kompressionen und/oder -scherungen hervorgerufen. Der Schweregrad der Verletzung hängt stark von der Grösse der einwirkenden Energie, der Zeitdauer, der einwirkenden Richtung und des Aufprallpunktes ab. Wirkt der Aufprall zum Beispiel vertikal auf den Schädel ein, gibt es meist einen Impuls auf den Hirnstamm, was mortale Folgen haben kann. (Bretschneider 2002)

Bretschneider (2002) erklärt, dass ganz früh in der ersten Phase nach dem SHT eine Oxygenierung und Substratversorgung des Gehirns von sehr grosser Bedeutung sind, um Folgeschäden zu verhindern. Das heisst, dass eine Hypoxämie möglichst zu vermeiden ist und ein Blutdruck von mindestens 90 mmHg systolisch aufrechterhalten werden sollte. Die auf das Gehirn einwirkende Energie führt öfter zu einer Veränderung der Zellmembrandurchlässigkeit für Ionen, seltener zu einem Zerreißen der Neuronen.

Das Gehirn gewinnt die Energie von aerober oder anaerober Glykolyse. Da es aber nicht, wie zum Beispiel im Muskel, lokale Glukose oder Sauerstoffspeicher besitzt, kann es durch Unterbrechung der Energiezufuhr zu irreversiblen Störungen des Funktionsstoffwechsels und folglich zu irreversiblen Störungen des Basalstoffwechsels kommen.

Beim Zusammenbruch des Membranpotentials, also bei einer Depolarisation, steigt der Laktatwert durch anaerobe Glykolyse an und es folgt eine intrazelluläre Azidose (Plasma-PH-Wert fällt unter 7.37). Der intrazelluläre Kaliumgehalt nimmt ab und Natrium strömt in die Zelle ein. Die Kalziumkonzentration steigt intrazellulär ebenfalls an und durch die passive Einströmung von Chlorid entsteht schliesslich das Zellödem. Die Folge ist die Unterbrechung der Natrium-Kalium-ATPase, wobei das Kalium im extrazellulären Raum bleibt. Dieses diffundiert in die Nachbarzellen und erschöpft die Kaliumabräumfähigkeit der Neurogliazellen, was zur Zerstörung der Zellen führt. (Bretschneider 2002)



a) Axonale Schwellung 72h nach SHT. Die Schwellung ist als eine Vergrösserung des Axons erkennbar. Vor und hinter der Schwellung ist das Axon von geringem Durchmesser. (Vergr. 870:1)

b) Kolbenartige Auftreibung, sog. "axonal bulb", 72h nach SHT. Nur im unteren Teil der Abbildung ist die Auftreibung sichtbar. Im oberen, rechten Bildabschnitt wird die daran anschliessende sekundäre Axotomie erkennbar. (Vergr. 870:1)

Abbildung 2: Lichtmikroskopische Darstellung eines Gehirnabschnitts bei einem Patienten nach SHT

3.6 Prozess der verzögerten Axotomie

Biasca et al. (2006) schildert in seiner Publikation, dass neue Arbeiten gezeigt haben, wie ein SHT nicht nur temporäre Störungen des axonalen Systems

verursacht, sondern auch persistierende strukturelle Schädigungen auch noch Tage nach dem Unfall hervorrufen kann. Verletzungsformen wie strukturelle Zellschädigungen, kognitive Beeinträchtigungen sowie somatische Beschwerden können auch erst Stunden bis Tage nach dem Unfall auftreten. Im Zusammenhang mit SHT wurden axonale Schwellungen, Ablösung oder sogar Zelltod innerhalb dieser breiten Zeitspanne beobachtet. Dies wird als sog. Prozess der verzögerten Axotomie bezeichnet („process of delayed axotomy“).

Bei Menschen hat man eine sekundäre Axotomie erst nach frühestens 12 Stunden nach der initialen Schädigung des Axons beobachtet. Dies spricht für sowie auch gegen die Resultate einiger der unten beschriebenen Studien nach welchen auch ohne Auftreten klinischer Symptome im Zeitraum von bis zu sieben Tagen nach dem SHT sich noch pathologische Befunde entwickeln können.

Der vulnerable Zustand (siehe 3.7) der Gehirnzellen bleibt für unbestimmte Zeit weiter bestehen, weil Störungen der Ionenhomöostase, akute metabolische Veränderungen sowie Beeinträchtigungen des zerebralen Blutflusses die Funktionsfähigkeit der Neurone gefährden.

Im Labor hat man wiederholte experimentelle Zellverletzungen provoziert. Diese haben sowohl bei Gliazellen als auch bei Neuronen einen Zusammenhang zwischen dem Ausmass der Schädigung und der Zeit zwischen den provozierten Verletzungen bestätigt.

3.7 Second Impact Syndrom (SIS) / Chronic Traumatic Brain Injury (CTBI)

Die vulnerable Phase wird von Biasca et al. (1999) als der Reparaturzustand nach einem SHT definiert. Gibt man in dieser Phase den Zellen genügend Zeit, regenerieren sie von alleine. Die genaue Zeitdauer wurde bis heute noch nicht eruiert (Biasca et al. 2005). Gefahr liegt in der Bagatellisierung des Verletzungsmusters. SHT ist eine Verletzung des Gehirns und daher braucht,

wie beispielsweise der Knochen bei einem Bruch, auch das Gehirn seine Zeit für die Heilung.

Collins et al. (2004), Meheroz et al. (2001) und Slemmer et al. (2002) definieren das „Second Impact Syndrom“ (SIS) als eine gefährliche Komplikation, die besonders in der vulnerablen Phase durch ein erneutes SHT erfolgen kann. Die Entwicklung eines Hirnödems, auf Grund des Verlustes der Autoregulation des zerebralen Blutflusses, oder ein subdurales Hämatom sind die Folgen und können zu irreparablen Folgeschäden oder sogar zum Tode führen.

Neben der lebensbedrohlichen Komplikation kann es auch zur Chronifizierung der verminderten neurokognitiven Leistungsfähigkeit auf Grund beschleunigter und/oder gesteigerter Degeneration der Gehirnzellen kommen. Man nennt dies eine „Chronic Traumatic Brain Injury“ (CTBI). Zum Beispiel sind Aufmerksamkeits- oder Gedächtnisstörungen, Schwierigkeiten bei der Verarbeitung von Informationen sowie chronische Müdigkeit ebenso von Collins et al. (2004), Meheroz et al. (2001) und Slemmer et al. (2002) beobachtet worden.

3.8 Anatomisch betroffene Strukturen bei einem Schädel-Hirn-Trauma

Ein SHT besteht aus perivaskulären Blutungen und nekrotischem Hirngewebe und involviert meistens den Kortex. Die durch einen Schlag oder Impuls auf den Schädel einwirkende Energie, pflanzt sich im Gehirn fort, welches, je nach Richtung der Krafteinwirkung, auf eine andere Seite des Schädels katapultiert wird, so dass dort das eigentliche Trauma verursacht wird. Laut Bretschneider (2002) wird die Kontusion meist an den Temporalpolen oder frontal-basal lokalisiert, da dort die Innenseite der Schädeloberfläche rau ist.

Man unterscheidet zwischen Coup-Kontusionen und Contre-Coup-Kontusionen. Erstere ist der Fall, wenn sich die Verletzung an der Stelle der Krafteinwirkung befindet, und letztere, wenn sie an einer anderen Stelle auftritt. Diese muss nicht unbedingt direkt gegenüber der Stelle der Krafteinwirkung liegen.

Wie oben beschrieben, ist das Ausmass der Verletzung von Faktoren wie der einwirkenden kinetischen Energie, der Zeitdauer und der Richtung des Aufpralls abhängig. Je nach den Gegebenheiten kann es zu Hirnblutungen kommen und auch hier kommt es darauf an, wie stark sie sind und wo diese lokalisiert werden. Daher ist es von grosser Bedeutung, sofort bei Einlieferung ins Krankenhaus eine Computertomographie (CT) für eine rasche Diagnostizierung zu machen. Handelt es sich um Raumfordernde Blutungen, ist – wenn möglich – eine operative Versorgung von Nöten. (Bretschneider 2002)

Die Autorin beschränkt sich in dieser Arbeit nur auf die leichten SHTta und geht weder auf Hirnblutungen noch auf schwere SHTta, die unter anderem das apallische Syndrom oder das Koma beinhalten, ein.

3.9 Was ist ImPACT? (Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing)

Das ImPACT System ist ein computergestütztes neuropsychologisches Erfassungssystem zum besseren Erkennen sowie Bestimmen des Schweregrades eines leichten Schädel-Hirn-Traumas.

Betreuende Ärzte der US-amerikanischen Eishockeyprofiliga (NHL) und der Footballprofiliga (NFL) haben ImPACT entwickelt. Studien wie beispielsweise Schatz et al. (2005) und Berichte über die immer häufigere, weltweite Verwendung zeigen die hohe Akzeptanz dieses Programmes.

Erst seit 2002 ist ImPACT im Handel erhältlich. Zuvor wurden grösstenteils Papierbögen für die Befundung eines SHTs benutzt, was – im Vergleich zu heute – einen grossen Mehraufwand bedeutete und darum meist nur bei Profisportlern angewandt wurde. Es ermöglichte dem Neuropsychologen eine eins-zu-eins Betreuung des Athleten, eine strenge Kontrolle über dessen Testumfeld und eine maximale Motivation für ein bestmögliches Testresultat des Athleten. Schulsportathleten und jüngere Patienten wurden jedoch nur

anhand subjektiver Symptome und einer physiologischen Untersuchung beim Arzt behandelt. Fühlte sich der Athlet subjektiv wieder in der Lage am Training und am Spiel teilzunehmen, wurde er vom Trainer eingesetzt, was möglicherweise viel zu früh war in Anbetracht der bestehenden Verletzung.

Im Zusammenhang mit sportbedingten SHTta ist heutzutage der Neuropsychologe gezwungen, eine kosten- und zeiteffiziente Befundung zu machen, was mit Papierbefundbögen schwierig ist. Die Software ImPACT sollte für jeden Trainer, jeden Sportverein, jede Schule usw. zugänglich sein, um die Anzahl Komplikationen nach SHTta zu minimieren, um verletzte Athleten besser überwachen zu können und um einen kognitiven Standortbestimmungstest (Basistest) für jeden Athleten anfangs Saison zu ermöglichen. Neuropsychologen sind durch Forschung darauf gestossen, dass bereits nach einem milden SHT Kognitions- und Verhaltensänderungen vorhanden sein können. Zusätzlich erlaubt die Software auch, dass mehrere Athleten gleichzeitig den Test durchführen können. Es ist kein Neuropsychologe an Ort und Stelle mehr nötig, sondern er muss nur noch als Supervisor verfügbar sein.

ImPACT besteht aus fünf Kategorien (siehe 7.3):

1. Demographien/Geschichte
2. SHT-Symptome
3. Neurokognitive Tests
4. Aktuelle SHT-Details
5. Kommentare

Die erste Kategorie erfasst die persönlichen Daten, Sportart/Spielposition, Ausbildungsniveau, allgemeiner Gesundheitszustand inklusive kognitive Einschränkungen wie zum Beispiel Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-

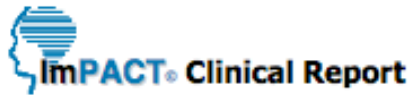
Syndrom (ADHS), Details über und Anzahl der bereits erlittenen SHTta und Details über früher erhaltene Therapien.

In der zweiten Kategorie werden 22 mögliche SHT-Symptome mittels einer 7-Punkte-Likert-Typ-Skala erfasst (Tabelle 2). Sie wird auch „Postconcussion Symptom Scale“ (PCSS) genannt. Neuere Erkenntnisse über SHTta im Sport besagen, dass Amnesie der beste Parameter zur Voraussage des Krankheitsverlaufs nach einem SHT sei. Bewusstlosigkeit dagegen zeigt keine Reliabilität in der Aussage zur Prognose des Verlaufs (Collins, Stump, Lovell, 2004 und Iverson, Lovell, Collins 2003; zit. nach Biasca et al. 2006).

| | Symptome | Keine | Wenig | | Mittel | | Stark | |
|----|-------------------------------|-------|-------|---|--------|---|-------|---|
| 1 | Kopfschmerzen | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | Übelkeit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 3 | Erbrechen | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | Gleichgewichtsprobleme | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | Schwindel | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6 | Müdigkeit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | Schwierigkeiten einzuschlafen | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8 | Mehr Schlaf als üblich | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 9 | Weniger Schlaf als üblich | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10 | Schläfrigkeit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 11 | Lichtempfindlichkeit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 12 | Lärmempfindlichkeit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 13 | Irritierbarkeit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 14 | Traurigkeit | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 15 | Nervosität | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 16 | Starke Emotionen | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 17 | Taubheitsgefühl/Ameisenlaufen | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 18 | Verlangsamt sein | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 19 | Sich benebelt fühlen | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 20 | Konzentrationsschwierigkeiten | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 21 | Gedächtnisschwierigkeiten | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 22 | Sehschwierigkeiten | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Tabelle 2: PCSS (Übersetzt von Valeria Gallin)

Die dritte Kategorie umfasst sechs verschiedene Tests, die aus den fünf verschiedenen kognitiven Komponenten bestehen und der oben beschriebenen Symptomenskala (PCSS).



Mark

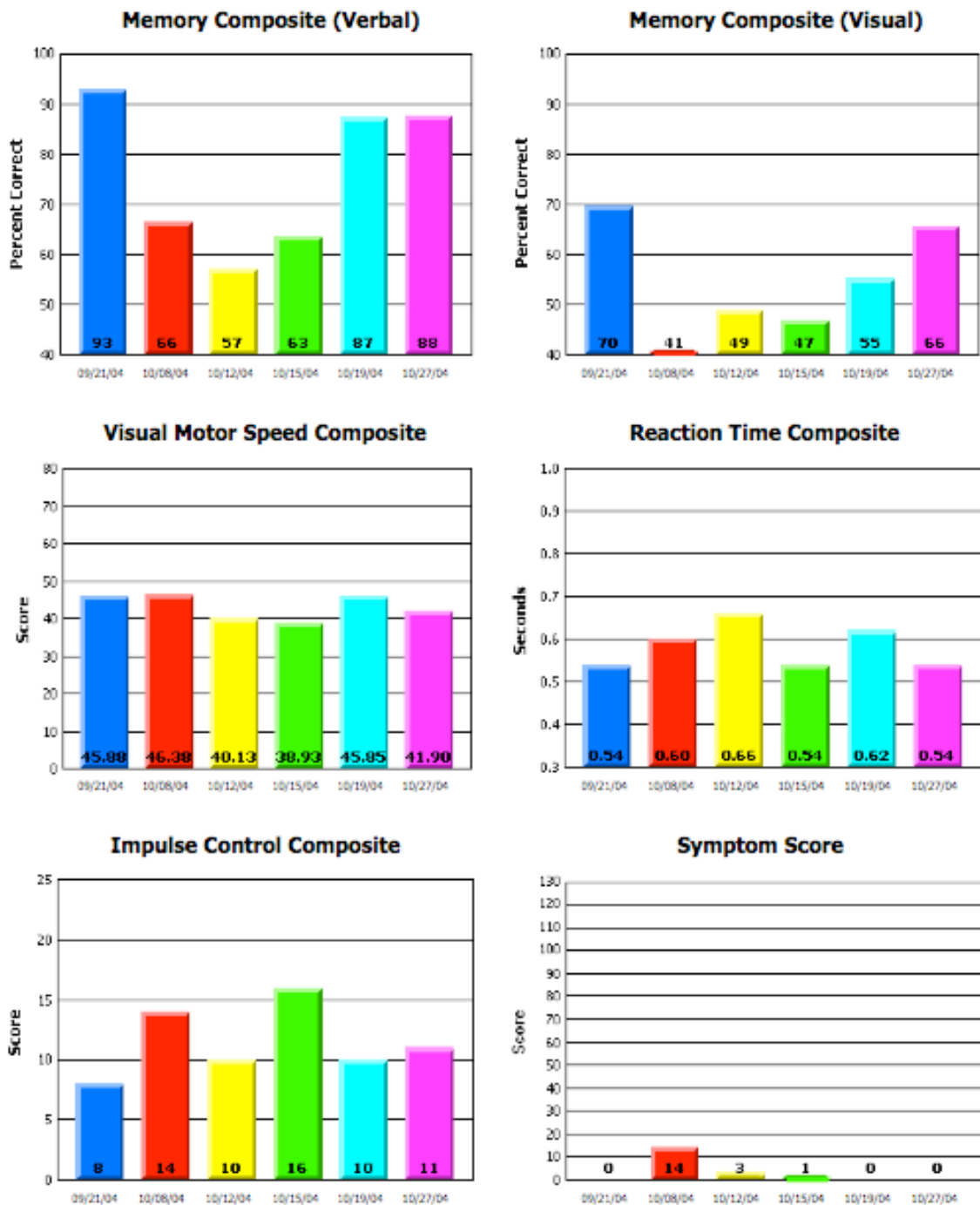


Abbildung 3: Fünf Kognitive Komponenten und Symptomenskala des ImPACT-Tests

Die aktuellen SHT-Details (Kategorie 4 von ImPACT) werden von einem Gesundheitsspezialisten, meist einem Trainer oder einem Neuropsychologen, erfasst. Sie enthalten Informationen über den Unfall, die Dauer einer allfälligen Bewusstlosigkeit und Informationen über Symptome, die sofort nach dem Unfall aufgetreten sind, wie Kopfschmerzen oder Schwindel.

Bei den Kommentaren (Kategorie 5 von ImPACT) werden alle Unregelmässigkeiten festgehalten, die seit dem Unfall bis zum Erfassen der Daten erfolgt sind. (Lovell 2006)

Zum einen ermöglicht dieses System bei fehlenden klinischen und neurologischen Symptomen und bei negativen radiologischen Befunden ein SHT zu diagnostizieren. Zum anderen dokumentiert ImPACT den Schweregrad und den Verlauf des SHTs. In seinem Beitrag „ImPACT Test“ (Biasca 2010) schreibt Dr. Nicola Biasca, Vorsitzender des Sportinstituts im Spital Oberengadin: „Werden zur Diagnosestellung eines mTBIs alleine physische Symptome herangezogen, bleiben bis zu 35% aller mTBIs unentdeckt. Das Hinzuziehen eines neuropsychologischen Tests erniedrigt die Rate der nicht-diagnostizierten mTBIs auf 12%. Selbst wenn ein Athlet für weniger als 5 Minuten Zeichen eines mTBIs zeigt, können kognitive Defizite noch bis zu 4 Tage nachgewiesen werden; bei einer Symptombdauer von mehr als 5 Minuten sind kognitive Defizite für mehr als 1 Woche nachweisbar. Erleidet der Sportler in dieser Zeit der „physischen Normalität“ und kognitiven Defizitphase ein erneutes mTBI, ist, wie oben erwähnt, das Risiko einer persistierenden Schädigung des Gehirns (engl. „post-concussion syndrome“) deutlich erhöht. In der nordamerikanischen NHL sind neuropsychologische Tests vor und während der Saison aus diesem Grund bereits seit 1997 obligatorisch. In der Schweiz werden im Spital Oberengadin unter Federführung des Instituts für Sportmedizin alle Sportler nach mTBI einer neuropsychologischen Testung unterzogen, um eine reibungslose Wiedereingliederung in den Sport zu ermöglichen.“

3.10 Sensitivität und Spezifität von ImPACT

Ziel der Studie von Schatz Ph. et al. (2005) war die diagnostische Nützlichkeit der kognitiven Komponenten (Composite scores of Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT)) und der posttraumatischen Symptomen-Skala (Post Concussion Symptom Scale scores (PCSS)) zu testen. Dazu wurden in der Studie 72 von einem SHT betroffene und 66 nicht von einem SHT betroffene High School Athleten miteinander verglichen.

Einschlusskriterium war, dass die Athleten innerhalb von 72 Stunden nach dem Trauma getestet wurden. Alle Athleten absolvierten den Basistest am Anfang der Saison. Innerhalb der Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede bezüglich Alter, Schulbildung, Rechts- oder Linkshändigkeit, spezielle Bildung oder Diagnosen von Lernschwierigkeiten. Allerdings war die Kontrollgruppe älter (17.3 Jahren versus 16.5 Jahren) und hatte noch nie ein SHT erlitten. In der Fallgruppe haben 83% der Athleten bereits ein SHT erlitten und 17% bereits zwei oder mehr. Dies könnte auf den Basistest einen Einfluss haben.

Um die Sensitivität (Richtig-Positiv-Rate) und Spezifität (Richtig-Negativ-Rate) zu eruieren wurde mit MANOVA gearbeitet. 81.9% der mit einem SHT Betroffenen wurden richtig positiv eingestuft und 89.4% der nicht von einem SHT Betroffenen wurden richtig negativ eingestuft. Die Resultate weisen eine gute Sensitivität sowie eine sehr gute Spezifität des Befundungsprogramms ImPACT auf.

3.11 Reliable Change Index (RCI)

Der Reliable Change Index (RCI) ist in der Diagnostik ein wichtiger Wert, da er die statistische Signifikanz einer Veränderung angibt. Beim Vergleich der Werte vom Basistest von ImPACT und dem wiederholten Test nach einem SHT entstehen Unterschiede, die mit dem RCI erfasst werden können. Es kann sein, dass der Athlet im zweiten Test ein anderes Resultat erzielt, weil er kognitive

Veränderungen aufweist, oder aber weil er den Test bereits einmal absolviert hat und daher kennt. Es können also Schwankungen auftreten, ohne dass sie die Ursache in einem SHT haben. Diese Veränderungen sind meistens nicht signifikant und können positiv oder negativ sein. Erst wenn der RCI einen Betrag übersteigt, welcher normalerweise bei 1.96 festgelegt ist, spricht man von Signifikanz und hat man einen Wert, der einen wesentlichen Unterschied angibt und eine Verbesserung oder Verschlechterung der Testresultate signalisiert.

$$RC = \frac{x_2 - x_1}{S_{\text{diff}}}$$

RC = Reliable Change

x_2 = Testresultat 2

x_1 = Testresultat 1

S_{diff} = Standardabweichung der Differenz

Abbildung 4: RCI-Formel

3.12 Neurokognitive Leistungen nach einem SHT im Sport (Zusammenfassung der verwendeten Studien)

Erste Studie

Van Kampen, D.A., Lovell, M.R., Pardini, J.E., Collins, M.W., Fu, F.H. (2006). The „Value Added“ of Neurocognitive Testing After Sports-Related Concussion. *The American Journal of Sports Medicine*, 10, 1-6.

Ziel und Zweck dieser Case-Control-Studie ist ein objektiver Parameter der neurokognitiven Symptome nach SHT im Sport bei Athleten zu geben, um einen zu frühen Wiedereinstieg in den Sport zu vermeiden. Der subjektive neurokognitive Zustand ist nicht reliabel, da der Athlet von diversen Faktoren beeinflusst wird. Diese können zum Beispiel der Ehrgeiz sein, so schnell wie möglich wieder ins Spiel integriert zu werden, oder aber auch die Tatsache, dass die Symptome gar nicht mehr wahrgenommen werden. Leider geht die Studie nicht auf physisches oder psychisches Verhalten der Athleten nach dem SHT im Sport ein.

Am Ende der Studie, die von 2001 bis 2004 dauerte, wurde zwischen Athleten mit und Athleten ohne SHT unterschieden. Die Fallgruppe (N = 122, Athleten mit SHT) führte einen Basistest mittels ImPACT vor der Saison und vor dem nächsten erlittenen SHT durch und mindestens einmal denselben Test zusammen mit der PCSS innerhalb von zwei Tagen posttraumatisch. Die Kontrollgruppe (N = 70, Athleten ohne SHT) führte ebenfalls den Basistest durch und innerhalb derselben Woche noch einmal, um Test-Retest-Schwankungen zu eruieren.

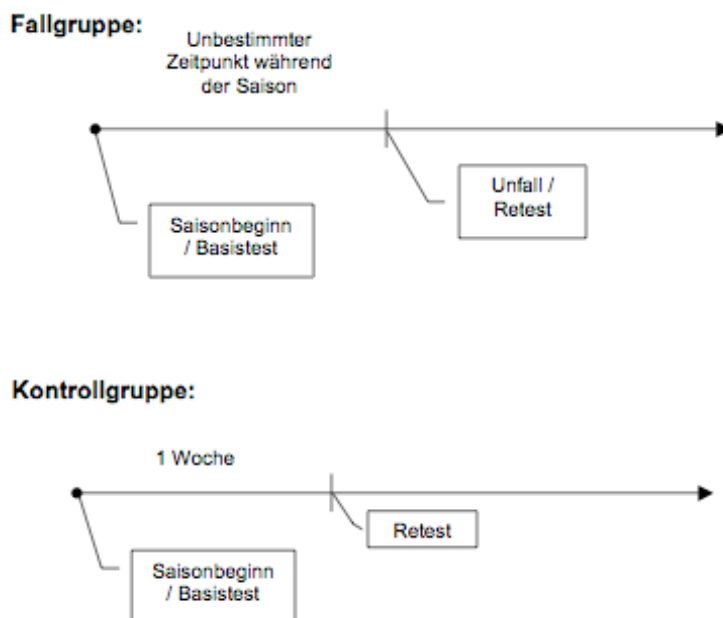


Abbildung 5: Zeitachse für beide Gruppen

Resultate:

Zwischen den zwei Gruppen hat man keine statistisch signifikanten Unterschiede bei den ImPACT-Testergebnissen oder dem Symptomrapport erkannt. Beim Basistest schnitten die Athleten ohne SHT im verbalen Gedächtnistest besser ab als diejenigen mit SHT. Jedoch im Ganzen erzielten diejenigen mit

SHT die besseren Ergebnisse als diejenigen ohne SHT. Laut der PCSS beschwerten sich 64% der Fallgruppe über eine Zunahme der Symptome. Wohingegen nur 9% der Kontrollgruppe eine subjektive Zunahme der Symptome beim Retest angegeben hatten. Dies könnte man sich durch alltägliche Einflüsse wie schlechter oder wenig Schlaf, allgemeine Müdigkeit, Sorgen usw. erklären.

| Variable | Concussed Subjects (N = 122) | Control Subjects (N = 70) |
|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Mean (SD) age, y | 16.6 (12-27) | 17.3 (14-22) |
| Mean (SD) education, y | 10.2 (8-15) | 10.9 (8-16) |
| High school, % | 80 | 71 |
| College, % | 20 | 29 |
| Previous concussions, % | | |
| 0 | 76 | 90 |
| 1 | 14 | 10 |
| 2 | 8 | 0 |
| 3 | 2 | 0 |
| Gender: man/woman, % | 82 | 47 |
| Sport, % | | |
| American football | 68.0 | 0 |
| Soccer | 11.0 | 24 |
| Basketball | 7.6 | 0 |
| Swimmers | 0 | 50 |
| Track | 0 | 17 |
| Other | 14.4 | 9 |
| Time between injury to testing, d | 2 | 3 |
| On-field markers ^b | | |
| Positive LOC | 12.3% | NA |
| Retrograde amnesia | 53.5% | NA |
| Anterograde amnesia | 1.8% | NA |
| Confusion | 17.8% | NA |

^aLOC, loss of conscious; NA, not applicable.

^bBecause of the natural difficulty of collecting on-field markers, some data were missing.

Tabelle 3: Daten der Athleten mit und ohne SHT

Klinische Relevanz:

Van Kampen et al. (2006) weisen darauf hin, dass ein vorhandenes SHT leicht übersehen werden kann, wenn man sich nur auf die subjektiven Symptome abstützt und folglich Sekundärschäden bei einem zu frühen Wiedereinstieg in den Sport eintreten können. Die vielfach benutzte Methode, über die PCSS eine Entscheidung zu fällen, wird also besser mit einem objektiven Programm wie IMPACT kombiniert.

In der Studie werden die zwei verschiedenen Gruppen miteinander verglichen, obwohl sie sehr verschieden sind. Die Kontrollgruppe besteht nämlich mehrheitlich aus Athleten aus Nicht-Kontaktsportarten wie Schwimmen (50%) und Leichtathletik (17%), wohingegen die Fallgruppe mehrheitlich (68%) aus American-Football-Spielern besteht. Trotz der fehlenden Intertestreliabilität kann man die Werte dieser Studie mit ähnlich aufgebauten Studien vergleichen, weil schon innerhalb der Fallgruppe die Unterschiede zwischen dem Basistest

und dem Test nach dem SHT signifikant sind und somit Intratestreliaibilität vorliegt.

Bei der Fallgruppe sind folgende kognitive Komponenten (composite scores) signifikant:

| | Baseline | Follow-up | Unterschied / RCI |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| „Verbal Memory“ | 85.7 (SD: 8.9) | 76.0 (SD: 14.4) | 9.7 / 8.75 |
| „Symptom Report“ | 6.8 (SD: 9.6) | 25.6 (SD 19.9) | 18.8 / 9.18 |

Tabelle 4: Übernommen von Valeria Gallin aus: Van Kampen et al. (2006). The „value Added“...

Die Differenz zwischen dem Basistest und dem Follow-up von „Verbal Memory“ liegt bei 9.7. Der individuell berechnete RCI beträgt 8.75. Das heisst, der Wert übertrifft den RCI und ist anormal und damit statistisch signifikant (in beiden Scores mit p-Wert von $p < 0.05$). Dasselbe gilt bei „Symptom Report“ wo der Unterschiedswert 18.8 beträgt.

Zweite Studie

Covassin T., Elbin, R.J., Stiller-Ostrowski, J.L., Kontos, A.P. (2008). Concussion History and Postconcussion Neurocognitive Performance and Symptoms in Collegiate Athlets. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 119-124.

Ziel und Zweck dieser Studie mit repeated-measures design ist, 57 College Athleten mit mindestens zwei bereits erlittenen SHTa (N = 21) mit Athleten ohne SHT-Geschichte (N = 36) bezüglich ihrer neurokognitiven Beeinträchtigungen miteinander zu vergleichen.

| | Keine SHT-Geschichte | Mit SHT-Geschichte |
|-----------------|----------------------|--------------------|
| Grad 1 | 29 | 15 |
| Grad 2 | 4 | 1 |
| Grad 3 | 3 | 5 |
| Anzahl Athleten | 36 | 21 |

Tabelle 5: Übersicht der teilnehmenden Athleten mit der Grad-Einteilung laut „American Academy of Neurology Guidelines“

Jeder Athlet absolvierte in der Vorsaison anhand ImPACT einen Basistest. Nach dem erlittenen SHT wurde derselbe Test am ersten und am fünften posttraumatischen Tag wiederholt.

Resultate:

Die obige Tabelle wurde anhand des Fishertests ausgewertet und zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl erlittenen SHTta in der Vergangenheit und dem Erleiden des SHT-Grades beim nächsten SHT.

Am fünften posttraumatischen Tag zeigen Athleten mit einer Geschichte von mindestens zwei SHTs einen schwächeren „verbal memory score“ und langsamere Reaktion als Athleten ohne SHT-Geschichte. Kein Unterschied zwischen den Gruppen wurde am fünften posttraumatischen Tag bei „visual memory“ und „visual processing speed“ gefunden.

Athleten mit einer Geschichte von mindestens zwei SHTta und Athleten ohne SHT-Geschichte zeigen am ersten posttraumatischen Tag im Vergleich zu ihren Basistestresultaten eine schlechtere Leistung bei „Verbal Memory“, „Visual Memory“, „Visual Processing Speed“ und „Reaction Time“. Die Leistung verbesserte sich bei beiden Gruppen bis zum fünften posttraumatischen Tag in allen vier Kategorien.

Klinische Relevanz:

Covassin et al. sind der Meinung, dass Athleten mit einer SHT-Geschichte mehr Zeit für den Heilungsprozess bei „Verbal memory“ und „Reaction time“ benötigen als Athleten ohne SHT-Geschichte. Dies ist vor allem im Vergleich zwischen den Resultaten am fünften posttraumatischen Tag und mit den Basistestresultaten ersichtlich. Auch bei dieser Studie wird nicht darauf eingegangen, wie sich die Athleten nach dem SHT physisch und psychisch verhalten haben.

Dritte Studie

Majerske C.W., Mihalik, J.P., Ren, D., Collins, M.W., Reddy, C.C., Lovell, M.R., Wagner, M.K. (2008). Concussion in Sports: Postconcussive Activity Levels, Symtomes, and Neurocognitive Performance. *Journal of Athletic Training*, 43(3), 265-274.

Diese retrospektive Kohort-Studie wurde gestartet, um den Zusammenhang zwischen dem Aktivitätslevel nach SHT und dem Verlauf der Symptome der neurokognitiven Funktionen bei Athleten zu messen. 95 Athleten (N = 95) wurden untersucht.

Die Evaluation der Symptome und kognitiven Funktionen geschah mittels ImPACT, der PCSS, der Colorado Concussion Scale (CCS) und der Activity Intensity Scale (AIS).

| | |
|--------------------|--|
| Intensity 0 | No school or exercise activity |
| Intensity 1 | School activity only |
| Intensity 2 | School activity and light activity at home (eg, slow jogging, mowing the lawn) |
| Intensity 3 | School activity and sports practice |
| Intensity 4 | School activity and particitpation in a sports game |

Tabelle 6: Übersicht der Activity Intensity Scale

Die Athleten wurden fünf Mal nach dem SHT getestet. Die zeitliche Vorschrift war wie folgt:

1. Periode = Traumzeitpunkt-3. Tag
2. Periode = 4.-7. Tag
3. Periode = 8.-14. Tag
4. Periode = 15.-21. Tag
5. Periode = 22.-33. Tag

Resultate:

Die Studie zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen posttraumatischer Aktivität nach einem SHT und Leistungen von „Visual Memory“ und „Reaction Time“. Athleten, die auf dem Level von AIS 3 oder 4 trainierten, zeigen eine deutliche Beeinträchtigung in den „Visual Memory“. Vor allem diejenigen, die auf Level 4 trainierten, konnten bei der „Reaction Time“ keine Leistung über dem ersten Durchschnittswert vom Basistest zeigen. Athleten, die innerhalb AIS 2 nach SHT trainierten, zeigen den besten Wert in allen vier Komponenten.

Klinische Relevanz:

Nur zwei ImPACT Komponenten („Visual Memory“ und „Reaction Time“) haben signifikante Werte bei kognitiven Beeinträchtigungen nach SHT. Dies sei nicht überraschend, da die anderen Komponenten in verschiedenen Regionen des Gehirns stattfinden: „Speed“ und „Reaction Time“ sind mehr subkortikal aktiv und „Memory“ Funktionen eher kortikal.

Vierte Studie

Broglio, S.P., Macciocchi, S.N., Ferrara, M.S. (2007). Neurocognitive Performance of Concussed Athletes When Symptom Free. *Journal of Athletic Training*, 42(4), 504-508.

Das primäre Ziel dieser Studie mit dem Within-Groups-Design ist retrospektiv. Sie eruiert den Verlauf der neurokognitiven Leistung, nachdem Athleten subjektiv keine SHT-bedingten Symptome angegeben hatten.

Vor der Saison, als alle 21 Athleten noch gesund und unverletzt waren, wurde ein Basistest mittels ImPACT und der Symptom Assessment Scale (SAS) durchgeführt. Sobald ein SHT von einem Arzt diagnostiziert wurde, führte der Athlet täglich den ganzen Test durch. Sobald er sich subjektiv als symptomfrei bezeichnete, wurden seine Daten evaluiert und die „Self-reported being asymptomatic“ (SRA) war abgeschlossen.

In dieser Studie wurden die Teilnehmer in zwei Gruppen eingeteilt. Diejenigen der ersten erlitten ein einfaches SHT und diejenigen der zweiten erlitten ein komplexes SHT.

| Einfaches SHT (N = 17) | Komplexes SHT (N = 4) |
|--|--|
| 1. Keine Bewusstlosigkeit beim Unfall | 1. Bewusstlosigkeit länger als 1 Minute beim Unfall |
| 2. Symptome sind innerhalb 10 Tagen nach Unfall abgeklungen. | 2. Symptome bestehen länger als 10 Tage posttraumatisch. |

Tabelle 7: Übersicht der teilnehmenden Athleten

Resultate:

Wenn der Test innerhalb von 72 Stunden nach Trauma erfolgt, zeigen 81% der Athleten Defizite bei mindestens einer ImPACT-Variablen. Sobald sie sich als

asymptomatisch bezeichnen, zeigen 38% der Athleten stets bei mindestens einer ImPACT-Variablen Defizite an.

Klinische Relevanz:

Die Studie zeigt, dass das subjektive Empfinden über SHT Symptome beim Entscheid über die Wiederaufnahme des Trainings keine Referenz sein sollte, da objektiv stets Defizite nachweisbar sind.

41% der Athleten (Fehler in der Originalarbeit, wo 35% steht) mit einem einfachen SHT (N = 17) zeigten weiterhin kognitive Beeinträchtigungen in „Visual Memory“ (1), „Visual Motor-speed“ (2) und „Reaction Time“ (4), obgleich sie sich als asymptomatisch bezeichnen. Diese Messung erfolgte innert 8.14 +/- 6.48 Tagen nachdem sie sich asymptomatisch bezeichneten. 50% der Athleten mit einem komplexen SHT (N = 4) zeigen kognitive Beeinträchtigungen in „Verbal memory“ (1) und „Visual memory“ (1).

Dies bestätigt, dass neurokognitive Tests bei allen SHT-Betroffenen (einfaches oder komplexes SHT) durchgeführt werden sollten. Sie können zusätzlich eine Stütze für das medizinische Fachpersonal sein, um die Entscheidung über den Wiedereinstieg in den Sport zu erleichtern.

Diese Studie zeigt wohl einen sehr wichtigen klinischen Aspekt der Entscheidungsfindung, jedoch ist die Teilnehmeranzahl (N = 21) sehr gering und daher nicht sehr reliabel. Zudem ist auch in dieser Studie nicht ersichtlich, wie sich die Athleten nach dem SHT physisch und psychisch verhalten.

Fünfte Studie

Iverson, G.L., Lovell, M.R., Collins, M. (2005). Tracking neuropsychological recovery following concussion in sport (2005). *Brain Injury*. 20(3), 245-252.

Diese Clinical-Case-Serie hat zum Ziel, den klinischen Gebrauch von neuropsychologischen Tests, die mittels IMPACT bei der Rehabilitation im Falle eines SHTs angewendet werden, bei Amateursportlern zu untersuchen.

30 Amateurathleten, die einen Basistest vor Saisonbeginn und drei Folgetests innerhalb vorgegebener Zeitspanne nach SHT absolvierten, wurden untersucht. 93.3% sind Männer und 6.7% sind Frauen. 87% spielten Football, 13% betrieben eine andere Sportart, die in dieser Studie nicht weiter spezifiziert wird. Vor dem Basistest sind 73.3% ohne SHT-Geschichte, 13.3% hatten bereits ein SHT erlitten, 6.7% zwei SHTta und 6.6% drei oder mehr SHTta.

Die erste Untersuchung nach SHT erfolgte am ersten oder zweiten post-traumatischen Tag, die zweite Untersuchung zwischen dem dritten und siebten posttraumatischen Tag und die dritte Untersuchung nach SHT zwischen der ersten und dritten posttraumatischen Woche.

Resultate:

Nachfolgend die Prozentzahlen aller Teilnehmer, die am ersten posttraumatischen Tag schlechtere Leistungen oder Symptome in Bezug auf den Basistest und einen statistisch signifikanten Unterschied über 1 SD angegeben haben:

Symptoms (PCSS): 73%

Reaction Time: 70%

Processing Speed: 67%

Verbal Memory: 60%

Visual Memory: 30%

Bei der ersten Untersuchung hatten 90% der verletzten Athleten zwei oder mehr statistisch signifikante Veränderungen. Die Variablen „Verbal Memory“ und „Processing Speed“ konnten bei 37% der verletzten Athleten auch nach dem 10. Tag den Wert des Basistests nicht erreichen.

Klinische Relevanz:

Iverson et al. (2005) folgern, dass man SHT stets sehr individuell behandeln soll, so wie jede andere Verletzung auch. Gängige Methoden und neuere Erkenntnisse sollen in gegenseitiger Ergänzung beigezogen werden. Man soll sich jedoch nicht nur auf diese abstützen, sondern auch für individuelle Symptomatiken offen bleiben. Möglicherweise weist das Resultat der Studie eine gewisse Verzerrung auf, weil besser trainierte Amateurathleten sich schneller erholen oder weil das Alter und der Entwicklungsstatus eine wichtige Rolle in der Rehabilitation spielen, in der Studie aber unberücksichtigt blieben.

Da es sich hier um Amateurathleten handelt, führen Nebendiagnosen zu weiteren Verzerrungen. Diese sind in dieser Studie:

1 Athlet (3.3%): ADHS

2 Athleten (6.7%): Sprachtherapie in der Vergangenheit

8 Athleten (26.7%): Behandlung gegen Kopfschmerzen in der Vergangenheit

6 von den obigen 8 Athleten (20%) litten regelmässig an migränebedingten Kopfschmerzen

4. Diskussion

Der erste Teil der Fragestellung lautet „Welche neurokognitive Leistungsfähigkeiten sind nach dem SHT im Sport beeinträchtigt?“

Nach Van Kampen et al. (2006), Broglio et al. (2007), Iverson et al. (2006), Schatz et al. (2006) und Covassin et al. (2008) ist das „Verbal Memory“ am häufigsten betroffen. In der Studie von Majerske et al. (2008) wird behauptet, dass Gedächtnisfunktionen eher kortikal ablaufen. Jedoch sind bei dieser Studie neben dem „Visual Memory“ auch die „Reaction Time“ sensibel für neurokognitive Beeinträchtigungen nach SHT im Sport, was doch deutlich auf eine subkortikale Affektion hinweist. An dieser Stelle wäre es interessant zu wissen, ob es je nach Sportart einen Zusammenhang zwischen der betroffenen Stelle am Kopf und der kortikalen bzw. subkortikalen Beeinträchtigung nach dem SHT im Sport gibt.

Bei der Studie von Majerske et al. (2008) ist unter anderem das Alter des Athleten eine unabhängige Variable. Dabei wird festgestellt, dass Highschool-Athleten im Alter von 16 bis 19 Jahren schlechtere Leistungen beim „Verbal Memory“ und beim „Visual Memory“ aufweisen als die älteren College-Athleten. In der übrigen Literatur findet man nicht viele statistische Untersuchungen mit Bezug auf Alter und neurokognitive Leistung. Hier ist weitere Forschung nötig.

Guskiewicz et al. (2003; zit. nach Covassin et al., 2008, S.123) finden, dass eine SHT-Geschichte von mindestens drei SHTa bei College-Football-Athleten ein grösseres Risiko bedeute ein erneutes SHT in derselben Saison zu erleiden als für Athleten mit einer kleineren Anzahl an erlittenen SHTa.

Iverson et al. (2006) erwähnen, dass die Symptome am ersten posttraumatischen Tag am stärksten ausgeprägt sind. 90% der Athleten zeigen signifikante Verschlechterungen der neurokognitiven Leistungen am ersten Tag nach dem Unfall. Collie et al. (2006) haben ebenfalls ein Muster von neurokognitiven Beeinträchtigungen beobachtet, welches meistens in den ersten Tagen nach dem SHT auftaucht. Diese Beeinträchtigungen beinhalten Faktoren von „Visual Motor Speed“, Gedächtnis und Aufmerksamkeit. Bei der dritten Testperiode (5.-10. Tag) von Iverson et al. (2006) zeigen 37% noch mindestens zwei „Composite Scores“, die signifikant schlechter sind als ihr Basiswert. In Bezug auf „Verbal Memory“ haben sich die Leistungen bei 60% der verletzten Athleten am ersten posttraumatischen Tag verschlechtert. Covassin et al. (2008) haben in ihrer Studie ein ähnliches Phänomen beobachtet. Athleten mit und Athleten ohne SHT-Geschichte weisen am ersten posttraumatischen Tag neurokognitive Beeinträchtigungen auf. Diese vermindern sich bis zum fünften posttraumatischen Tag. Dabei verbessern sich die Athleten, die keine SHT-Geschichte haben, schneller als jene mit SHT-Geschichte. Die Anzahl Athleten mit SHT-Geschichte, die signifikante Defizite beim „Verbal Memory“ zeigen, steigt vom ersten bis zum fünften posttraumatischen Tag von 52% auf 57% an. Bei der Gruppe der Athleten ohne SHT-Geschichte fällt dieser Wert von 39% auf 11%. Dies deutet auf Unterschiede zwischen dem Heilungsverlauf von Athleten mit/ohne SHT-Geschichte hin. Diesen Umstand haben Majerske et al. (2008) in ihrer Studie ebenfalls separat dargestellt, konnten jedoch keinen signifikanten Unterschied feststellen. An dieser Stelle wäre es spannend, genau zu wissen, weshalb der Wert bei Athleten mit SHT-Geschichte ansteigt. War der Zeitpunkt des Wiedereinstiegs in den Sport zu früh? Oder besteht hier ein sogenannter „overuse“?

Laut Collins et al., Lovell et al. und Iverson et al. (2004, 2003 und 2003; zit. nach Biasca 2006) ist die Erhebung von früheren SHTs von grosser Wichtigkeit. Wenn das erlittene SHT nicht das erste ist, kann es Symptome eines schweren SHTs auslösen. Um vorhergegangene Verletzungen des Kopfes, des Gesichts oder des Nackens in Erfahrung zu bringen, ist besonders bei Risikosportarten ein neurokognitiver Basistest, beispielsweise mittels

ImPACT, und eine detaillierte Befragung des Athleten vor der Spielsaison sehr empfehlenswert. Gemäss Iverson et al. (2006) ist aber zu beachten, dass ein Athlet beim Basistest vor der Saison aus diversen Gründen ein nicht adäquates Resultat erzielen kann. Er kann beispielsweise vor dem Test zu wenig geschlafen haben, Stress verspüren, unter Depressionen oder unter anderen Problemen leiden, so dass es für ihn schwierig ist, die maximale Leistung abzurufen.

Der zweite Teil der Fragestellung lautet: „Wie sieht eine optimale Reintegration in den Sport nach einem SHT aus?“

Laut Broglio et al. (2007) sind die Risiken im Fall, dass ein Athlet zu früh in das Spiel wiedereinsteigt, noch unklar. Man vermutet jedoch, dass ein verfrühter Wiedereinstieg einen starken Effekt auf das Reaktionsvermögen und die Entscheidungsfreudigkeit des Athleten hat. Dies wiederum kann gefährliche Situationen auf dem Spielfeld hervorrufen und somit das Risiko eines zweiten SHTs erhöhen. Broglio et al. (2007) sind der Meinung, dass alle Athleten, welche einem hohem Risiko eines SHTs ausgesetzt sind, einen Basistest anfangs Saison durchführen sollten und die Reintegration in den Sport individuell mittels ImPACT zu bestimmen sei.

Majerske et al. (2008) haben in ihrer Studie den Zusammenhang zwischen dem Aktivitätslevel eines Athleten nach einem SHT im Sport und dem Heilungsverlauf der neurokognitiven Leistungsfähigkeit anhand der AIS (siehe Seite 26) gezeigt. Leichtere Aktivitäten wie langsames Joggen oder Rasenmähen erbrachten ein gutes Outcome und werden empfohlen. Biasca et al. (2006) empfehlen für einen Athleten auf Grund des sog. Prozesses der verzögerten Axotomie (siehe 3.6) mindestens 72 Stunden Sportverbot. Danach empfehlen sie einen Aufbau nach dem untenstehenden Schema der CIS-Group (Vienna bzw. Prague Concussion in Sports Group). Bei jedem der sechs Schritte muss der Athlet symptomfrei sein. Verspürt er beim Ausführen der Aktivität die typischen Symptome, muss er einen Schritt zurückgehen und sollte sich erst nach mindestens 24h wieder einen Schritt nach vorne bewegen.

| Das definierte schrittweise Protokoll der CIS-Group [1, 2] | | |
|--|---|---|
| Schritt | Aktivität | Symptomatik |
| 1 | Keine Aktivität, vollständige Ruhe | Sobald asymptomatisch, Beginn mit Schritt 2 |
| 2 | Leichte Übungen im aeroben Bereich (z. B. Gehen oder Veloergometer, keine Übungen gegen Widerstand) | Wenn weiterhin asymptomatisch, Beginn mit Schritt 3 |
| 3 | Wettkampfspezifische Übungen (z. B. Skating beim Eishockey, Laufübungen beim Fußball, Übungen gegen Widerstand) | Wenn weiterhin asymptomatisch, Beginn mit Schritt 4 |
| 4 | Übungen im intensiven Bereich ohne Gegner | Wenn weiterhin asymptomatisch, Beginn mit Schritt 5 |
| 5 | Nach medizinischer Freigabe voller Trainingumfang mit Gegner | Wenn weiterhin asymptomatisch, Beginn mit Schritt 6 |
| 6 | Regulärer Wettkampf | |

Tabelle 8: REHA-Protokoll der CIS-Group

Laut Majerske et al. (2008) soll man nach SHT im Sport auf der Stufe der Intensität 2 der AIS (siehe Seite 26) trainieren, was etwa der Aktivität von Schritt 2 des Protokolls der CIS-Group entspricht. Im Gegensatz zur CIS-Group, die sagt, wann man intensiver trainieren darf, wird bei Majerske et al. (2008) nicht erwähnt, wie lange man auf der Intensität 2 bleiben soll.

Im Artikel „Consensus Statements on Concussion in Sport: The 3rd International Conference on Concussion in Sport Held in Zurich“ von McCrory et al. (2008) wird ebenfalls bestätigt, dass ein Spieler erst wieder ins Spiel integriert werden soll, wenn er absolut symptomfrei ist. Als Guideline für die Rehabilitation nach einem SHT im Sport wird ebenso das Schema der CIS-Group (siehe Tabelle 8) empfohlen.

5. Schlussteil

5.1 Theorie – Praxis – Transfer

Mittlerweile gibt es genaue Definitionen und Richtlinien im Umgang mit einem SHT. Daher sollte ein Umdenken in der Bevölkerung, insbesondere bei den Betreuern von Athleten, stattfinden und bei Verdacht auf ein SHT sofort professioneller reagiert werde. Dazu gehört ein Basistest, der am Anfang einer Saison ohne grossen Zeitaufwand durchgeführt werden kann. Ein auf SHT verdächtiger Athlet muss nach dem Unfall sofort vom Spiel ausgeschlossen werden, und seine Reintegration sollte wenn immer möglich nach dem von der CIS-Group genau definierten Schema erfolgen. Dies würde beispielsweise bedeuten, dass man anfangs nicht härter als auf AIS-Level 2 trainiert.

Bei einem SHT besteht die Gefahr eines SIS und einer Chronifizierung der akuten Symptome. Neuropsychologische Tests (beispielsweise ImPACT) sind hilfreich zur Diagnostizierung und liefern reliable Verlaufsparemeter. Bei einem SHT sind nämlich kognitive Defizite meistens länger andauernd als physische Symptome und bergen somit die Gefahr, ein erneutes SHT zu erleiden.

5.2 Eigene Meinung

Die Autorin ist durch das Erstellen dieser Arbeit für die Folgen und Symptome eines SHTs sensibilisiert worden. Sie findet es von grosser Bedeutung, dass sich eine breitere Öffentlichkeit bewusster wird, wie schwerwiegend die Folgen eines SHTs sein können und wie man die zugehörigen Symptome erkennen kann. Zusätzlich müssten Betreuer und Coaches, inkl. Physiotherapeuten, besser in der Erkennung eines SHTs geschult werden. Nicht zu unterschätzen

ist die Tatsache, dass es auch im Alltag, wie beispielsweise bei Verkehrsunfällen oder im Amateursport, schnell zu einem SHT kommen kann. Vielleicht könnte man die Bevölkerung mit Hilfe einer Plakataktion für die Problematik des SHTs sensibilisieren. Sicher müssten sich aber zuerst die Profisportler intensiver mit diesem Thema auseinandersetzen, bevor es mittels deren Unterstützung und Vorbildfunktion zum allgemeinen Bewusstsein gebracht werden kann. Eine weitere Idee ist, dass Sportverbände Richtlinien vorgeben, damit bei Risikosportarten Basistests obligatorisch werden und das Vorgehen nach einem SHT standardisiert wird.

5.3 Grenzen dieser Arbeit

Diese Arbeit verfügt über gewisse Limitierungen. Die Literaturrecherche war auf die deutsche und englische Sprache beschränkt. Es ist möglich, dass wichtige anderssprachige Quellen nicht gefunden und berücksichtigt werden konnten. Laufend werden neue Studien zum behandelten Thema veröffentlicht. Die neuesten Kenntnisse und Errungenschaften können deswegen in dieser Arbeit fehlen. Trotz gründlicher Recherche könnten wichtige Studien oder andere Quellen nicht gefunden worden sein. Zudem sollte auch beachtet werden, dass sich die Vergleiche und Folgerungen in dieser Arbeit nur auf wenige Studien abstützen, welche oft Kohortenstudien und keine „randomized controlled trials“ sind. Die Arbeit stellt aus diesen Gründen keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

6 Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

Biasca, N., Battaglia, H., Tegner, Y. (1999). Diagnose und Behandlungsvorschläge der Commotio cerebri bei Kontakt- und Kampf-Sportarten: Beispiel im Eishockey. *Schweizerische Ärztezeitung*, 80, 595-598.

Biasca, N., Wirth, St., Maxwell, W., Simmen, H.P. (2005). Minor Traumatic Brain Injury (mTBI) in Ice Hockey and Other Contact Sports. *European Journal of Trauma*, No. 2, 105-116.

Biasca, N., Lovell, M.R., Collins, M.W., Jordan, B.D., Matser, E., Weber, J., Slemmer, J.E., Piccininni, P., Maxwell, W., Agosti, R., Wirth, St., Schneider, T. (2006). Die unerkannte Hirnverletzung im Sport: das leichte Schädel-Hirn-Trauma und seine Folgen. Teil 2. *Schweizerisches Medizinisches Forum*, 6, 121-128.

Biasca, N. (2010). Der ImPACT Test. Institut für Sportmedizin des Spitals Oberengadin [On-Line]. Available:
http://www.sportmedizin-samedan.ch/pages_de/5/5_1_6_7.php
(28.03.2010).

Bretschneider, F. (2002). Pathophysiologie und Therapieprinzipien beim Schädel-Hirn-Trauma. *Trauma Berufskrankheit*. Springer-Verlag, 1-7.

- Broglio, S.P., Macciocchi, S.N., Ferrara, M.S. (2007). Neurocognitive Performance of Concussed Athletes When Symptom Free. *Journal of Athletic Training*, 42(4), 504-508.
- Bundesamt für Gesundheit. (2010). Evidence-based Public Health. Studientypen. [On-Line]. Available: http://www.henet.ch/ebph/11_studientypen/studientypen_114.p (20.04.2010).
- Cantu, R.C. (2001). Posttraumatic Retrograde and Anterograde Amnesia: Pathophysiology and Implications in Grading and Safe Return to Play. *Journal of Athletic Training*, Jul-Sep, 36(3), 244-248.
- Collie, A., Makdissi, M., Maruff, P., Bennell, K., McCrory, P. (2006). Cognition in the days following concussion: comparison of symptomatic versus asymptomatic athletes. *Journal of Neurologic Neurosurgery Psychiatry*, 77(2), 241-245.
- Collins, M., Stump, J., Lovell, M.R. (2004). New developments in the management of sports concussion. *Current Opinions Orthopaedic*, 15, 100-107.
- Covassin T., Elbin, R.J., Stiller-Ostrowski, J.L., Kontos, A.P. (2008). Concussion History and Postconcussion Neurocognitive Performance and Symptoms in Collegiate Athletes. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 119-124.
- Covassin, T., Elbin, R.J., Stiller-Ostrowski, J.L., Kontos, A.P. (2008). Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT) Practice of Sports Medicine Professionals. *Journal of Athletic Training*, 44(6), 639-644.

Figge, C. (1999). Neurologie-Infoseite. Informationen über das Nervensystem. [On-Line]. Available: <http://neurologie.onlinehome.de/neuktrau.htm#subdur> (16.04.2010).

Guskiewicz, K.M., McCrea, M., Marshall, S.W., et al. (2003). Cumulative efforts associated with recurrent concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. *JAMA*, 290(90), 2549-2555.

Harmon, K.G. (1999). Assessment and Management of Concussion in Sports. *American Family Physician*. [On-Line]. Available: <http://www.aafp.org/afp/990901ap/887.html> (26.03.2010).

Hinton-Bayre, A.D., Geffen, G.M., Geffen, L.B., McFarland, K.A., Friis, P. (1999). Concussion in contact sports: reliable change indices of impairment and recovery. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 21, 70-86.

Horswill, M. (2009). School of Psychology, The university of Queensland Australia. [On-Line]. Available: <http://www.psy.uq.edu.au/> (26.03.2010).

Iverson, G.L., Lovell, M.R., Collins, M. (2003). Interpreting change on ImPACT following sport concussion. *Clinical Neuropsychology*, 17, 460-467.

Iverson, G.L., Lovell, M.R., Collins, M. (2005). Tracking neuropsychological recovery following concussion in sport (2005). *Brain Injury*. 20(3), 245-252.

Kuster. (2003). Empirische Forschung: Datenerhebung und -analyse. [On-Line]. Available: http://tomix.homelinux.org/~thomas/eth/3_semester/einfuehrung_in_die_politikwissenschaft_WS_2004_2005/unterlagen/skript_3.pdf (26.03.2010).

- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., Westmorland, M. (1998). Anleitung zum Formular für eine kritische Besprechung quantitativer Studien. *Intranet ZHAW*. [On-Line]. Available: <http://elearning.zhaw.ch/moodle/course/view.php?id=2290> (26.03.2010).
- Lovell, M.R., Collins, M.W., Iverson, G.L., et al. (2003). Recovery from mild concussion in high school athletes. *Journal of Neurosurgery*, 98, 296-301.
- Lovell, M.R., Collins, M.W., Iverson, G.L., et al. (2010). ImPACT-System: Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing. [On-Line]. Available: <http://www.impacttest.com> (06.04.2010).
- Lovell, M.R. (2006). Definition, Physiology, and Severity of Cerebral Concussion. In R. J. Echemendia (Hrsg.). *The ImPACT Test Battery*. New York: The Guilford Press, 193-215.
- Majerske, C.W., Mihalik, J.P., Ren, D., Collins, M.W., Reddy, C.C., Lovell, M.R., Wagner, M.K. (2008). Concussion in Sports: Postconcussive Activity Levels, Symptomes, and Neurocognitive Performance. *Journal of Athletic Training*, 43(3), 265-274.
- McCorry, P., Meeuwisse, W., Johnston, K., Dvorak, J., Aubry, M., Molloy, M., Cantu R. (2008). Consensus Statement on Concussion in Sport: The 3rd International Conference on Concussion in Sport Held in Zurich. *Journal of Athletic Training*, 44(4), 434-448.
- Mc Crory, P., Johnston, K., Meeuwisse, W., Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., Kelly, J., Lovell, M., Schamasch, P. (2004). 2nd International Conference on Concussion in Sport Held in Prague. *British Journal of Sports Medicine*. (2005). 39, 196-204.

Meheroz, J.T., Barry, D.J. (2001). The cumulative effect of repetitive concussion in sports. *Clin Sports Med.* (2001). 11: 194-198.

Pschyrembel, klinisches Wörterbuch (258. Aufl.). (1998). Berlin: Walter de Gruyter.

Schatz, Ph., Pardini, J.E., Lovell, M.R., Collins, M.W., Podell, K. (2005). Sensitivity and specificity of the ImPACT Test Battery for concussion in athletes. *Clinical Neuropsychology*, 21, 91-99.

Slemmer, J.E., Matser, E.J.T., De Zeeuw, C.I., Weber, J.T. (2002). Repeated mild injury causes cumulative damage to hippocampal cells. *Brain*, 125, 2699-2709.

Van Kampen, D.A., Lovell, M.R., Pardini, J.E., Collins, M.W., Fu, F.H. (2006). The „Value Added“ of Neurocognitive Testing After Sports-Related Concussion. *The American Journal of Sports Medicine*, 10, 1-6.

Webbe, F.M. (2006). Definition, Physiology, and Severity of Cerebral Concussion. In R. J. Echemendia (Hrsg.). *Sports Neuropsychology*. New York: The Guilford Press, 45-69.

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gallin, V. (2010). Flussdiagramm für die Selektion der Studien.

Abbildung 2: Biasca, N. et al. (2006). Die unerkannte Hirnverletzung im Sport: das leichte Schädel-Hirn-Trauma und seine Folgen. Teil 2. *Schweizerisches Medizinisches Forum*, 6, S. 105.

Abbildung 3: Biasca, N. et al. (2006). Die unerkannte Hirnverletzung im Sport: das leichte Schädel-Hirn-Trauma und seine Folgen. Teil 2. *Schweizerisches Medizinisches Forum*, 6, S. 107.

Abbildung 4: Gallin, V. (2010). RCI-Formel.

Abbildung 5: Gallin, V. (2010). Zeitachse für beide Gruppen.

Abbildung 6: Lovell, M.R., Collins, M.W., Iverson, G.L., et al. (2010). ImPACT-System: Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing. [On-Line]. Available: <http://www.impacttest.com> (12.05.2010).

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Quality Standards Subcommittee. (1997). Practice parameter: The management of concussion in sports. *American Academy of Neurology*. [On-Line]. Available:

http://www.aan.com/professionals/practice/guidelines/pda/Concussion_sports.pdf (american academy of neurology guidelines) (08.04.2010).

und

Colorado Medical Society. (1991). Colorado Medical Society Guidelines. *Colorado Medical Society*. [On-Line]. Available:

<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Concussionper+Colorado+medical+society> (08.04.2010).

Tabelle 2: Lovell, M. R. (2006). Definition, Physiology, and Severity of Cerebral Concussion. In R. J. Echemendia (Hrsg.). *The ImPACT Test Battery* (S. 193-215). New York: The Guilford Press.

Tabelle 3: Van Kampen, D.A. et al. (2006). The „Value Added“ of Neurocognitive Testing After Sports-Related Concussion. *The American Journal of Sports Medicine*, 10, S. 4. Adaptiert von Valeria Gallin.

Tabelle 4: Covassin, T. et al. (2009). Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT) Practice of Sports Medicine Professionals. *Journal of Athletic Training*, 44(6), S. 121. Erstellt von Valeria Gallin.

Tabelle 5: Majerske, C. W. et al. (2008). Concussion in Sports: Postconcussive Activity Levels, Symptomes, and Neurocognitive Performance. *Journal of Athletic Training*, 43(3), S. 267. Erstellt von Valeria Gallin.

Tabelle 6: Biasca, N. et al. (2006). Die unerkannte Hirnverletzung im Sport: das leichte Schädel-Hirn-Trauma und seine Folgen. Teil 2. *Schweizerisches Medizinisches Forum*, 6, S. 104. Adaptiert von Valeria Gallin

Tabelle 7: Broglio, S.P. et al. (2007). Neurocognitive Performance of Concussed Athletes When Symptom Free. *Journal of Athletic Training*, 42 (4), S. 206. Adaptiert von Valeria Gallin.

Tabelle 8: Biasca, N. et al. (2006). Die unerkannte Hirnverletzung im Sport: das leichte Schädel-Hirn-Trauma und seine Folgen. Teil 2. *Schweizerisches Medizinisches Forum*, 6, S. 104.

6.4 Andere Quellen

Dr. med. dent. Stephan Trabold, (21.02.2010). 7500 St. Moritz.

Hr. Frank Holfeld, (22.03.2010). 7500 St. Moritz

6.5 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|--|
| ADHS: | Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Syndrom |
| AIS: | Activity Intensity Scale |
| CCS: | Colorado Concussion Scale |
| CIS-Group: | Concussion in Sport Group |

| | |
|----------|--|
| CT: | Computertomographie |
| CTBI: | Chronic Traumatic Brain Injury |
| ImPACT: | Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing |
| mTBI: | mild Traumatic Brain Injury = SHT |
| NFL: | National Football League |
| NHL: | National Hockey League |
| PCSS: | Postconcussion Symptom Scale |
| PH-Wert: | Pondus Hydrogenii |
| RCI: | Reliable Change Index |
| SAS : | Symptom Assessment Scale |
| SD : | Standard Deviation (Standardabweichung) |
| SHT: | Schädel-Hirn-Trauma |
| SHTs: | Schädel-Hirn-Traumata (Genitiv) |
| SHTta: | Schädel-Hirn-Traumata |
| SIS: | Second Impact Syndrom |
| SRA: | Self-reported being asymptomatic |
| ZNS: | Zentrales Nervensystem |

6.6 Glossar

| | |
|----------------------------|---|
| Aerobe Glykolyse: | Siehe Glykolyse |
| Amnesie: | Form der Gedächtnisstörung; zeitlich od. inhaltlich definierte Erinnerungsbeeinträchtigung, oft nach Bewusstseinsstörungen und symptomatischer Psychose, auch infolge von Hirntraumata, epileptischen Anfällen, Intoxikationen oder bei Demenz. (Pschyrembel, 1998) |
| Anaerobe Glykolyse: | Siehe Glykolyse |

| | |
|-------------------------------|--|
| Arterialisation: | Bezeichnung für Umwandlung venösen Bluts in arterielles .(Oxygenierung) i. R. der Atmung (Diffusion) oder (künstlich) im Oxygenator; auch Maß für den Grad der Sauerstoffsättigung im Blut nach Lungen- bzw. Oxygenatorpassage (max. 20-22 Volumen-%). (Pschyrembel, 1998) |
| Basalstoffwechsel: | Unter anderem: Aufrechterhaltung eines Membranpotenzials durch Aktivität der Natrium-Kalium-ATPase. (Bretschneider, 2002) |
| Composite Scores: | Komponente der Assessments (Übersetzt durch Valeria Gallin, 2010) |
| Depolarisation: | (Physiologische) Abnahme des (intrazellulär negativen) <u>Ruhemembranpotentials</u> (Pschyrembel, 1998) |
| Funktionsstoffwechsel: | Elektrische Aktivität der Nervenzellen (Bretschneider, 2002) |
| Gliazelle: | Siehe Neurogliazelle |
| Glykolyse: | Abbau von Glucose zu Pyruvat unter Energiegewinnung von netto 2 ATP pro Molekül Glucose und Glukoneogenese mit Aufbau von Glucose aus Pyruvat unter teilweiser Verwendung anderer Enzyme. Unter anaeroben Verhältnissen findet Milchsäuregärung (Laktat) statt. Bei aeroben Bedingungen wird Pyruvat über weitere Metaboliten in den Citratzyklus eingeschleust. Da aerob, das heißt mit Citratzyklus und Atmungskette, wesentlich mehr Energie als bei G. (2 mol ATP/mol Glukose) |

entsteht, findet bei O₂-Zufuhr im Allgemeinen keine anaerobe Gärung statt. (Pschyrembel, 1998)

Hypoxämie: Erniedrigter Sauerstoffpartialdruck im Blut (Pschyrembel, 1998)

Intertestreliabilität: Vergleich von Messungen zwischen zwei Tests (Kuster, 2003)

Intratestreliabilität: Vergleich von Messungen von einem Test (Kuster, 2003)

Ionen: Positiv (Kationen) oder negativ (Anionen) geladene Atome oder Moleküle, die sich im elektrischen Feld zur jeweils entgegengesetzt geladenen Elektrode bewegen. (Pschyrembel, 1998)

(Ionen)homöostase: Aufrechterhalten eines relativ konstanten inneren Milieus oder Gleichgewichts im Organismus (zum Beispiel Blutkreislauf, Körpertemperatur, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt) mit Hilfe von Regelkreisen zwischen Hypothalamus, Hormon- und Nervensystem. (Pschyrembel, 1998)

Kortex: Latein: Rinde, Schale des Gehirns (Pschyrembel, 1998)

Laktatwert: Bei anaerober Glykolyse wird Pyruvat zu Laktat umgewandelt (Milchsäure). Dies erlaubt der Zelle die Produktion von ATP. (Pschyrembel, 1998)

Metabolische (Veränderungen): Veränderung; (physiologisch) im Stoffwechsel entstanden, stoffwechselbedingt. (Pschyrembel, 1998)

Neurogliazelle: Vom Ektoderm abgeleitetes Hüll- und Stützgewebe des Nervensystems; im Gegensatz zu den Nervenzellen sind die Gliazellen auch nach der Pränatalperiode noch vermehrungsfähig. Im ZNS wird zwischen vier verschiedenen Neurogliazellen unterschieden. (Pschyrembel, 1998)

Neuronen: Die Nervenzelle mit allen ihren Fortsätzen. (Pschyrembel, 1998)

Oxygenierung: Anreicherung mit Sauerstoff, im engeren Sinn von venösem Blut i. R. der Arterialisierung. (Pschyrembel, 1998)

Pathophysiologie: Lehre von den krankhaften Lebensvorgängen und gestörten Funktionen im menschlichen Organismus (Pschyrembel, 1998)

Posttraumatisch: Nach einer Verletzung entstanden. (Pschyrembel, 1998)

Reliabilität: (Zuverlässigkeit) ist das Ausmass, in dem wiederholte Messungen eines Objektes mit einem Messinstrument die gleichen Werte liefern. Ein Messinstrument, das bei wiederholten Messungen desselben Objekts völlig verschiedene Messwerte liefert ist nicht reliabel. (Kuster, 2003)

Retrospektiv: Latein: zurückblickend (Duden, 2010)

| | |
|--------------------------------------|---|
| Ruhemembranpotential: | Potential nicht erregter Muskel- und Nervenzellen (Pschyrembel, 1998) |
| Sensitivität: | Richtig-Positiv-Rate (Kuster, 2003) |
| Somatisches Nervensystem: | Bezeichnung für den Anteil des ZNS und des peripheren Nervensystems, der die willkürlichen Funktionen des Organismus regelt und vor allem der Wahrnehmung und Integration von Reizen und zur Steuerung der Motorik dient. (Pschyrembel, 1998) |
| Spezifität: | Richtig-Negativ-Rate (Kuster, 2003) |
| Subdurales Hämatom: | Blutansammlung zwischen Dura und Arachnoidea (Figge, C., 1999) |
| Substrat(versorgung): | Bei Enzymen diejenige Substanz, auf die sie spezifisch wirken. (Pschyrembel, 1998) |
| Validität: | (Gültigkeit) ist das Ausmaß, in dem ein Messinstrument tatsächlich das misst, was es messen soll. (Kuster, 2003) |
| Zellmembran(durchlässigkeit): | In sich geschlossene, selektiv permeable äussere Begrenzung aller Zellen; dient der Gewährleistung des Kontakts zu anderen Zellen (Stoffaustausch, Reizbeantwortung), der Oberflächenspannung und von Zellbewegungen. (Pschyrembel, 1998) |
| Zerebraler Blutfluss: | Der zerebrale Blutfluss ist die Grundlage für die Sauerstoff- und Nährstoffversorgung der Nervenzellen des Gehirns. Beim gesunden Erwachsenen |

durchströmen ca. 15% des Herzzeitvolumens das Gehirn und sein umgebendes Gewebe – das entspricht etwa 700 ml Blut pro Minute. (Pschyrembel, 1998)

7. Weiteres

7.1 Eigenständigkeitserklärung

«Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst habe.»

Datum:

Unterschrift:

7.2 Danksagung

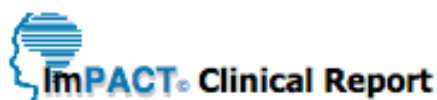
An dieser Stelle danke ich allen, die mich beim Erstellen dieser Arbeit unterstützt haben. Ein spezieller Dank geht an Frau Sandra Schächtelin, die mich während des gesamten Arbeitsprozesses beraten und betreut hat. Weiter bedanke ich mich bei Dr. Med. Stephan Trabold und Hr. Frank Holfeld für die wertvollen Informationen über die Studien von Dr. Nicola Biasca und bei Hr. Mathias Lehner für das inhaltliche Feedback zu dieser Arbeit. Ein herzliches Dankeschön meinen Eltern, meinem Bruder und Michael Zahnd, die mich immer unterstützt und mir bei der formalen Fertigstellung zur Seite gestanden haben.

7.3 Anhang

Im Anhang ist ein Beispiel einer Resultatliste von einem Athleten, der ein ImPACT-Tests mit Basistest durch geführt hat, zu finden.

Mark

| | | | |
|--|---------------------------|--|------------------|
| Organization: | Sample Hockey Team | | |
| Subject ID#: | 111-22-3333 | | |
| Date of birth: | 01/01/86 | Age: | 19 |
| Gender: | Male | Height: | 73 inches |
| Handedness: | Right | Weight: | 190 lbs |
| Native country / region: | Canada | Second language: | (None) |
| Native language: | English | Years speaking: | 0 |
| Years of education completed excluding kindergarten: | 12 | Received speech therapy: | No |
| Diagnosed learning disability: | No | Problems with ADD/Hyperactivity: | No |
| Attended special education classes: | No | Repeated one or more years of school: | No |
| Current sport: | Hockey | Current level of participation: | OHL |
| Primary position/event/class: | LW/C | Years experience at this level: | 2 |
| Number of times diagnosed with a concussion (excluding current injury): | | | 1 |
| Concussions that resulted in loss of consciousness: | | | 0 |
| Concussions that resulted in confusion: | | | 0 |
| Concussions that resulted in difficulty remembering events that occurred immediately after injury: | | | 0 |
| Concussions that resulted in difficulty remembering events that occurred | | | 0 |
| Total games missed as a result of all concussions combined: | | | 0 |
| Concussion history: | 10/07/2004 | | |
| Treatment for headaches by physician: | No | Treatment for psychiatric condition (depression, anxiety): | No |
| Treatment for epilepsy / seizures: | No | Treatment for migraine headaches by physician: | No |
| History of brain surgery: | No | Treatment for substance/alcohol abuse: | No |
| History of meningitis: | No | | |



Mark

| Exam Type | Baseline | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion |
|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Date Tested | 09/21/2004 | 10/08/2004 | 10/12/2004 | 10/15/2004 | 10/19/2004 | 10/27/2004 |
| Last Concussion | | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 |
| Exam Language | English | English | English | English | English | English |
| Test Version | 2.2.729 | 2.2.729 | 2.2.729 | 2.2.729 | 2.2.729 | 2.2.729 |

| Composite Scores * | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-----|-----------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------------|-----|-------|-----|
| Memory composite (verbal) | 93 | 75% | 66 | 1% | 57 | <1% | 63 | <1% | 87 | 55% | 88 | 55% |
| Memory composite (visual)† | 70 | 23% | 41 | <1% | 49 | 1% | 47 | <1% | 55 | 3% | 66 | 12% |
| Visual motor speed composite | 45.88 | 85% | 46.38 | 86% | 40.13 | 65% | 38.93 | 57% | 45.85 | 85% | 41.90 | 72% |
| Reaction time composite | 0.54 | 46% | 0.60 | 22% | 0.66 | 6% | 0.54 | 46% | 0.62 | 15% | 0.54 | 46% |
| Impulse control composite | 8 | | 14 | | 10 | | 16 | | 10 | | 11 | |
| Total Symptom Score | 0 | | 14 | | 3 | | 1 | | 0 | | 0 | |

* Scores in **bold** type indicate scores that exceed the Reliable Change Index score (RCI) when compared to the baseline score. However, scores that do not exceed the RCI index may still be clinically significant. Percentile scores, if available, are listed in small type. Please consult your IMPACT User Manual for more details.

† Clinical composite score is available only for exams taken in IMPACT version 2.0 or later.

| Concussion Details | |
|--|--|
| Date of concussion | 10/07/2004 |
| Loss of consciousness | None |
| Retrograde amnesia | None |
| Anterograde amnesia | None |
| Confusion / disorientation | None |
| Returned to play | Did not return |
| Taken to hospital | |
| CT/MRI scan of head | None |
| Point of impact | |
| Mouthguard type | Vacuum form |
| Mouthguard condition | Good |
| Mouthguard manufacturer | |
| Helmet manufacturer | |
| Helmet model | |
| Helmet size | |
| Symptoms | headache, dizziness or balance problems |
| Description of injury and additional information | Was hit from behind into the boards by an opposing player. He went in almost head first. |

| Exam Type | Baseline | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion |
|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Date Tested | 09/21/2004 | 10/08/2004 | 10/12/2004 | 10/15/2004 | 10/19/2004 | 10/27/2004 |
| Last Concussion | | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 |

| Word Memory | WG = 1 | WG = 2 | WG = 3 | WG = 4 | WG = 5 | WG = 4 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Hits (immediate) | 12 | 11 | 9 | 11 | 11 | 12 |
| Correct distractors (immed.) | 12 | 11 | 10 | 12 | 12 | 12 |
| Learning percent correct | 100% | 92% | 79% | 96% | 96% | 100% |
| Hits (delay) | 11 | 9 | 8 | 4 | 5 | 10 |
| Correct distractors (delay) | 8 | 6 | 5 | 10 | 7 | 7 |
| Delayed memory pct. correct | 79% | 63% | 54% | 58% | 50% | 71% |
| Total percent correct | 90% | 77% | 67% | 77% | 73% | 85% |

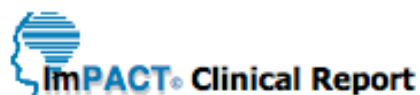
| Design Memory | | | | | | |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hits (immediate) | 8 | 7 | 9 | 5 | 8 | 11 |
| Correct distractors (immed.) | 9 | 9 | 5 | 8 | 9 | 10 |
| Learning percent correct | 71% | 67% | 58% | 54% | 71% | 88% |
| Hits (delay) | 9 | 9 | 8 | 7 | 9 | 8 |
| Correct distractors (delay) | 9 | 2 | 5 | 5 | 7 | 6 |
| Delayed memory pct. correct | 75% | 46% | 54% | 50% | 67% | 58% |
| Total percent correct | 73% | 56% | 56% | 52% | 69% | 73% |

| X's and O's | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total correct (memory) | 8 | 3 | 5 | 5 | 5 | 7 |
| Total correct (interference) | 115 | 107 | 93 | 105 | 110 | 112 |
| Avg. correct RT (interference) | 0.45 | 0.45 | 0.64 | 0.47 | 0.48 | 0.46 |
| Total incorrect (interference) | 7 | 14 | 8 | 14 | 8 | 10 |
| Avg. incorrect RT (interfer.) | 0.37 | 0.37 | 0.50 | 0.40 | 0.44 | 0.37 |

| Symbol Match | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total correct (visible) | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 26 |
| Avg. correct RT (visible) | 1.19 | 1.42 | 1.39 | 1.19 | 1.29 | 1.22 |
| Total correct (hidden) | 8 | 5 | 4 | 6 | 8 | 7 |
| Avg. correct RT (hidden) | 1.06 | 1.38 | 1.18 | 1.52 | 1.38 | 1.08 |

| Color Match | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total correct | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| Avg. correct RT | 0.78 | 0.87 | 0.89 | 0.76 | 0.94 | 0.75 |
| Total commissions | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Avg. commissions RT | 0.57 | 0.00 | 1.68 | 0.54 | 0.49 | 0.99 |

| Three Letters | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total sequence correct | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 5 |
| Total letters correct | 15 | 10 | 9 | 7 | 15 | 15 |
| Pct. of total letters correct | 100% | 67% | 60% | 47% | 100% | 100% |
| Avg. time to first click | 1.95 | 2.42 | 1.89 | 1.70 | 1.21 | 1.91 |
| Avg. counted | 21.2 | 22.0 | 20.0 | 19.2 | 21.2 | 21.2 |
| Avg. counted correctly | 21.0 | 22.0 | 19.0 | 17.2 | 21.4 | 18.6 |



Mark

| Exam Type | Baseline | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion | Post-concussion |
|----------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Date Tested | 09/21/2004 | 10/08/2004 | 10/12/2004 | 10/15/2004 | 10/19/2004 | 10/27/2004 |
| Last Concussion | | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 | 10/07/2004 |
| Headache | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Nausea | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vomiting | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Balance Problems | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dizziness | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fatigue | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Trouble falling asleep | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sleeping more than usual | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sleeping less than usual | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Drowsiness | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sensitivity to light | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sensitivity to noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Irritability | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sadness | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nervousness | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Feeling more emotional | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Numbness or tingling | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Feeling slowed down | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Feeling mentally foggy | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Difficulty concentrating | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Difficulty remembering | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Visual problems | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total Symptom Score | 0 | 14 | 3 | 1 | 0 | 0 |

| | | |
|------------------------|------------------------|--|
| Baseline | Hours slept last night | 8.0 |
| 09/21/2004 | Medication | |
| | Subject comments | ENVIRONMENT: constant noise in background |
| | Supervisor comments | |
| Post-concussion | Hours slept last night | 6.0 |
| 10/08/2004 | Medication | |
| | Subject comments | ENVIRONMENT: background noise |
| | Supervisor comments | |
| Post-concussion | Hours slept last night | 8.0 |
| 10/12/2004 | Medication | |
| | Subject comments | ENVIRONMENT: background noise |
| | Supervisor comments | |
| Post-concussion | Hours slept last night | 8.0 |
| 10/15/2004 | Medication | |
| | Subject comments | |
| | Supervisor comments | |
| Post-concussion | Hours slept last night | 9.0 |
| 10/19/2004 | Medication | |
| | Subject comments | ENVIRONMENT: constant interruptions |
| | Supervisor comments | |
| Post-concussion | Hours slept last night | 9.0 |
| 10/27/2004 | Medication | |
| | Subject comments | |
| | Supervisor comments | |

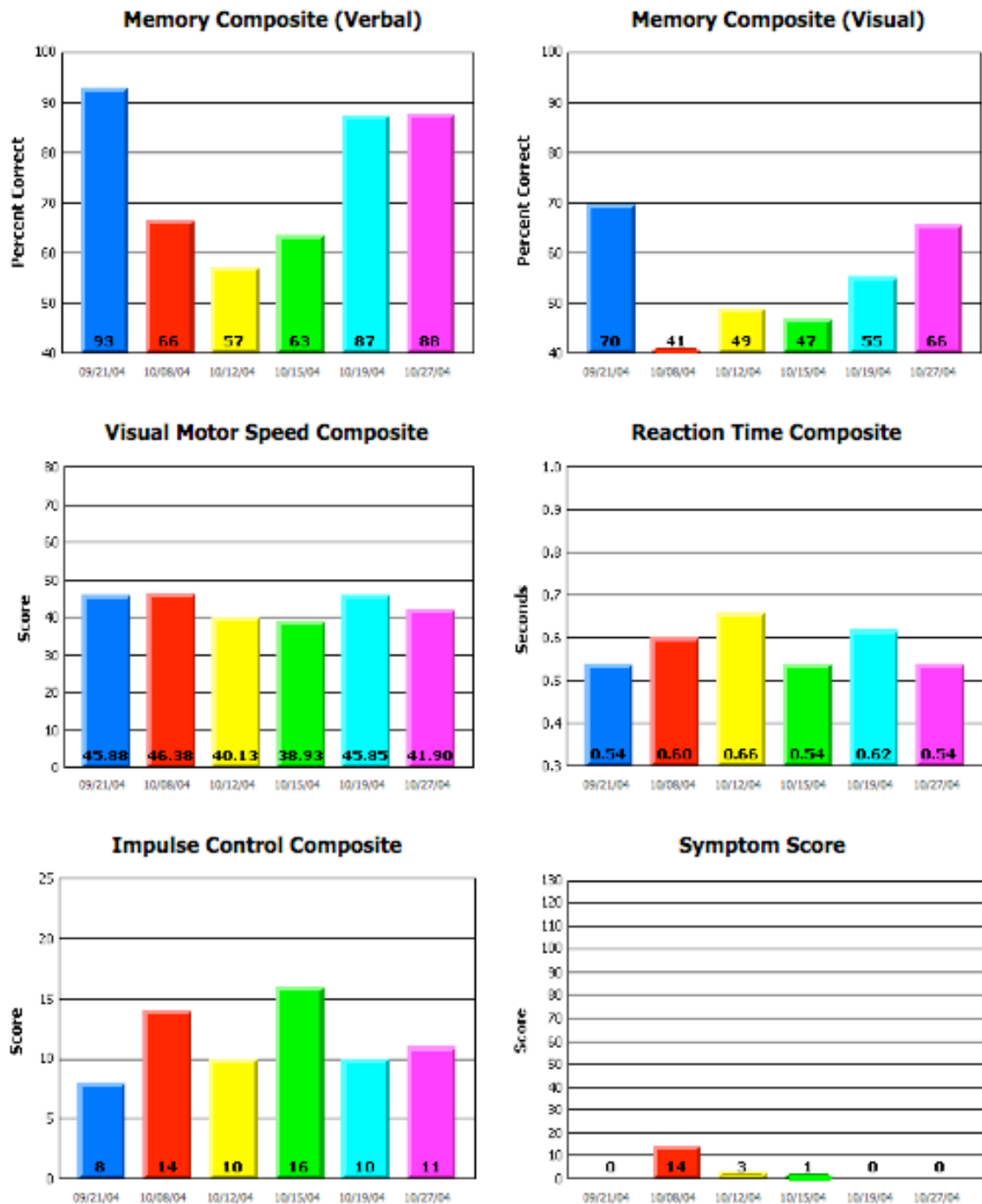


Abbildung 6: Beispiel für einen ImPACT-Test