

2 Material und Methoden

2.1. Patientenkollektiv

Im Zeitraum von Mai 2002 bis Januar 2004 konnten insgesamt 265 Patienten in diese prospektive Studie eingeschlossen werden. Dabei handelte es sich um weibliche (62 %) und männliche Patienten (38 %). Das Durchschnittsalter lag bei 44.2 (weiblich) und bei 30.1 Jahren (männlich).

Die meisten der eingeschlossenen Patienten (84 %) erlitten einen klassischen Auffahrunfall (d.h. der im Auto sitzende Patient wird von hinten angefahren. Sein Auto steht dabei oder bewegt sich mit langsamer Geschwindigkeit, "rear end collision"). 16 % der Patienten hatten einen modifizierten Unfallmechanismus (z.B. Patient fährt auf vor im fahrendes Fahrzeug auf, Patient wird von der Seite angefahren). Insgesamt wiesen 24 % aller Patienten Prellmarken am Kopf bzw. Kopfplatzwunden auf, da der Kopf an Teile des Fahrzeuginneren angeschlagen war (z.B. A- Holm, Fahrzeugseitenscheibe, Lenkrad). 97 % aller unserer Fahrzeuginsassen waren angeschnallt. 78 % aller Patienten waren selbst Fahrer, 22 % Beifahrer.

Alle Patienten wurden nach dem Unfall innerhalb von 72 Stunden in der Rettungsstelle des UKB bzw. direkt in der HNO-Klinik vorstellig. Dabei wurden sie untersucht (neurologisch, radiologisch und HNO-ärztlich) und befragt.

Die Kontrolluntersuchungen erfolgten nach 3, 6 und 12 Monaten (s.u.).

Insgesamt konnten noch 31 % (n = 82) der Patienten nach einem Jahr befragt und untersucht werden. Die übrigen Patienten waren subjektiv vollständig beschwerdefrei, wie eine telefonische Befragung ergab, und hatten deshalb kein Interesse daran, sich nochmals vorzustellen.

2.2. HNO-ärztliche Untersuchungen

2.2.1. Anamneseerhebung

Zu Beginn der Diagnostik erfolgte eine Anamneseerhebung zum Unfallhergang:

- Unfallhergang und Unfallzeitpunkt
- Lag Bewusstlosigkeit vor, besteht eine retrograde Amnesie?
- Vorerkrankungen, Medikamenteneinnahme
- Zeitpunkt des Auftretens von Beschwerden (welcher Art waren die Beschwerden?)
- HNO-ärztliche Anamnese (Erkrankungen des Hörsystems vor dem Unfall- Ausschlusskriterium)

Wichtigste Ausschlusskriterien waren bildmorphologische Veränderungen im Neurokranium (MRT), neurologische Störungen oder Defizite als Unfallfolgen und vorherige Erkrankungen des Hörsystems. Das Alter für die Teilnahme an den Untersuchungen war auf 18 – 60 Jahre begrenzt.

2.2.2. HNO-ärztliche Untersuchung

An die Anamneseerhebung schloss sich die klinische Untersuchung an [15]. Danach erfolgte eine HNO-ärztliche Untersuchung (einschl. Otoskopie).

2.2.3. Audiometrische Diagnostik

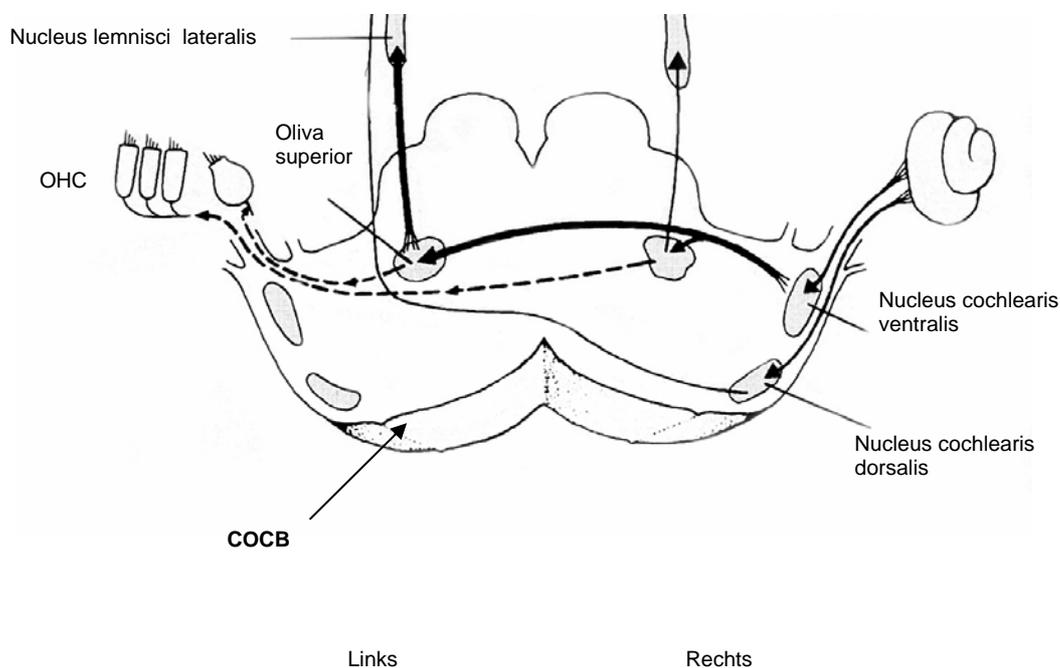
Im Rahmen der Hördiagnostik kamen folgende Methoden zur Anwendung [14; 16].

- Reintonaudiometrie (RTA) (GN, Münster)
- Tinnitus-suppression- bzw. Charakterisierung (soweit vorhanden nach 3, 6 oder 12 Monaten) [8]
- Hyperakusisbestimmung (loudness discomfort level, LDL) (nach 12 Monaten) [1; 27]
- Tympanometrie und Stapediusreflexschwellenbestimmung (bei 0.5, 1, 2, 4 kHz kontralateral und bei 0.5, 1, 2 kHz ipsilateral) (nach 3, 6 oder 12 Monaten) [23]

- Ableitung transitorisch evozierter otoakustischer Emissionen und Supprimierbarkeit (s.u.) (ILO88/92, Otodynamics) (nach 3, 6 oder 12 Monaten) [5; 10; 46; 48]
- BERA - Ableitungen (Clickreizung, 80 dB HL) (Charter-EP, GN, Münster) (nach 12 Monaten) [39; 9; 16].

Mit Hilfe der oben genannten Methoden sollten zum einen Hörverluste (RTA) bzw. Störungen im peripheren Hörorgan (Tinnituscharakterisierung) aufgedeckt werden, zum anderen sollte mit Hilfe der objektiv-audiometrischen Methoden nach möglichen retro-cochleären Störungen gefahndet werden. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei auf den Nachweis des Stapediusreflexes (bei ipsi- und kontralateraler Stimulation) gelegt (Fehlen als Zeichen einer Schädigung im Bereich des akustiko-fazialen Reflexbogens) [23], auf die Nachweisbarkeit von OAE (bei Fehlen /Teilausfall/gestörter Suppression Schädigung des olivo-cochleären Bündels (s. Abb. 2) bei Normakusis in der RTA) [48] und auf normal konfigurierte BERA- Amplituden mit normalen Latenzen für JI-JV (bei Veränderungen Hinweise für Veränderungen im Bereich der Hörbahn) [39; 9].

Abbildung 2



Schematische Darstellung des gekreuzten olivo-cochleären Bündels (COCB), das den Effekt der kontralateralen Suppression von OAE überträgt.

OHC: Outer hair cells (äußere Haarzellen) des Cortischen Organs

Im Zuge der OAE-Untersuchungen wurde nach einem Jahr bei allen Patienten mit vollständig vorhandenem TEOAE-Muster (n=25) zusätzlich die Supprimierbarkeit von OAE geprüft. Dazu wurden zuerst das eine (linke) Ohr mit Breitbandrauschen [10; 33] untersucht, um nach einer dreiminütigen Pause das kontralateral rechte Ohr zu untersuchen.

Die Stimulationssequenzen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 :

Übersicht über den standardisierten Messablauf der OAE-Untersuchungen (einschl. OAE-Suppr.versuchen) bei Patienten und Kontrollen

Messungen	linkes Ohr	rechtes Ohr
1	Linear (60 dB)	Linear (60dB)
2	Nicht-linear (80 dB)	Nicht-linear (80 dB)
3	Linear + kontralaterales Geräusch	Linear + kontralaterales Geräusch
4	Nicht - linear + kontra- laterales Geräusch	Nicht - linear + kontra- laterales Geräusch

Lineare und nicht-lineare Stimulationsmodi für OAE-Ableitungen; kontralaterale Stimulation für OAE-Suppressionsuntersuchungen (mit Breitbandrauschen von 60 dB HL)

Dabei wurde im einzelnen ein Breitbandrauschen über 1 min (60 dB HL) am kontralateralen Ohr angeboten, während ipsilateral abgeleitet wurde. Breitbandrauschen wurde eingesetzt, da sich im Vergleich zum Schmalbandrauschen so eine größere Suppressionswirkung erzielen lässt [10; 32]. Die Vergleichsparameter waren die Amplitudendifferenz der OAE vor und nach kontralateraler Suppression (d.h. Beschallung) [12]. Dabei wurden die Amplituden nicht mit der Reproduzierbarkeit der OAE korreliert, sondern das Signal/Rausch-Verhältnis zeigte

an, welche Messungen nicht verwertet werden können [33]. Verglichen wurde gegen ohrgesunde alters- und geschlechtsrelationierte Kontrollen, wobei die Amplitudendifferenzen für das rechte/linke Ohr jeweils summiert wurden, um dann für den jeweiligen Stimulationsmodus (linear, nicht-linear) separat statistisch auszuwerten [46].

2.2.4 Radiologische Diagnostik (incl. MRT-Darstellung der Ligg. alaria)

Alle Patienten wurden initial konventionell-radiologisch zum Ausschluss von Frakturen an der HWS untersucht und es erfolgte ein MRT des Neurokraniums.

Zusätzlich wurde bei 31 symptomatischen Patienten (massive Nackenschmerzen, Bewegungseinschränkung) nach 3 Monaten eine MRT-Untersuchung der Ligg. alaria (oder Flügelbänder) veranlasst. Diese entspringen seitlich vom Dens (2. Halswirbelkörper) und inserieren seitlich vorne am Foramen magnum. Die Ligg. alaria begrenzen den Bewegungsumfang im oberen Kopfgelenk. Schwerwiegendere Anpralltraumen mit hoher kinetischer Energie können zu einer Relativbewegung des Kopfes gegen die HWS im oberen Kopfgelenk führen mit einer nachfolgenden Schädigung und fettigen Degeneration in den Ligg. alaria. Diese lassen sich mit einer MRT-Spezialdünnschichtung [37] nachweisen (TR 800 ms, TE 40 ms, Schichtdicke 2 mm axial, koronal und sagittal, FOV 165 mm, Matrix 256 x 205).

Bei allen Patienten wurden zusätzlich zum Ausschluss pathologischer Veränderungen der zervikalen Bandscheiben bzw. der knöchernen und ligamentären Strukturen der unteren HWS MRT-Untersuchungen der HWS sagittal in T1- und T2-Gewichtung, mit TSE-Sequenzen und axial in T2-Gewichtung durchgeführt (siehe Abb.3; MRT-Aufnahme einer lig. alare Verletzung).

Zur Beurteilung der Ligg. alaria wurden

- der Bandverlauf
- die Kontur
- das Signalverhalten im Vergleich zur zervikalen Muskulatur und
- die Symmetrie von Kaliber und Signalverhalten

ausgewertet.

Abbildung 3



MRT- Aufnahme einer Lig. alare Verletzung (mit freundlicher Genehmigung der Radiologie des UKB)

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Wilcoxon-Tests.

Zuvor wurde die Anpassung der Daten an die Normalverteilung geprüft (Ein-Stichproben-Kolmogorov-Smirnov-Test). Dabei stellte sich heraus, dass alle gepaarten Stichproben nicht normalverteilt waren, da die drop-out-Rate hoch und damit die Möglichkeiten der funktionsdiagnostischen Nachuntersuchungen- und Datenerhebungen begrenzt waren.

Das verwendete Statistikprogramm (SPSS, Version 10.0) bildet für die abhängigen Tests (Wilcoxon) Stichproben, die nur zusammenhängende Wertepaare enthalten. Somit wurden jeweils nur Patienten berücksichtigt, die auch an den jeweils verglichenen Untersuchungstagen funktionsdiagnostisch untersucht werden konnten. Das ergab für jeden Untersuchungstag einen individuellen Stichprobenumfang.

Bei Mehrfachvergleichen entstand das Problem der erhöhten Irrtumswahrscheinlichkeit.

Die erwartete Genauigkeit teilte sich dann auf die Anzahl der statistischen Voraussagen, die unter Verwendung der gleichen Stichprobe gewonnen wurde. So wurden so wenig wie möglich Mehrfachvergleiche durchgeführt.

Aufgrund des geringen Stichprobenumfanges im 12. Monat wurden Tag 1 mit 3. und 6. Monat verglichen. Somit verschob sich das Signifikanzniveau (p) für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nur auf 0,017 (SPSS rundet auf 0,02). Bei den dabei aufgetretenen Mehrfachvergleichen wurde eine Bonferoni-alpha-Korrektur durchgeführt.

Symptomatische („chronifizierte“) Patienten mit Hörstörungen noch nach 12 Monaten wurden funktionsdiagnostisch mit alters- und geschlechtsrelationierten Kontrollen und mit beschwerdefreien Studienpatienten verglichen. Die Kontrollprobanden hatten keinen Unfall oder Ohrerkrankungen anamnestisch aufzuweisen.

Der Einfluss der Schwere der Verletzung (MRT-Befund) auf verschiedene Funktionsbefunde wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße nur bei den Patienten mit der Ligamentalarialia-Verletzung (mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests) ausgewertet.

Das Signifikanzniveau war bei allen statistischen Vergleichen $p < 0.05$ (SPSS 10.0).