

**Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und
Ohrenkranke**

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. R. Hagen

**DAS ENTHEMMUNGSRICHTUNGSÜBERWIEGEN DES
KALORISCHEN NYSTAGMUS GEGLIEDERT NACH
SEITENENTHEMMUNG UND RICHTUNGSENTHEMMUNG**

Inaugural – Dissertation

**zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät**

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Johannes Löw

aus Estenfeld

Würzburg, Oktober 2007

Referent: Prof. Dr. R. Hagen

Koreferent: Prof. Dr. U. Schlagenhauf

Dekan: Prof. Dr. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung : 04.09.2009

Der Promovend ist Zahnarzt

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden	3
2.1	Neurootologisches Patientenkollektiv	3
2.2	Anamnese NODEC	3
2.3	Polygraphische Elektronystagmographie	6
2.4	Spontannystagmus	8
2.5	Schmetterlingskalorigramm nach CLAUSSEN	10
2.6	Rotatorischer Intensitäts-Dämpfungs-Test (RIDT)	14
2.7	Vestibulärer Reiz-Reaktions-Stärke-Vergleich (VRRSV)	17
2.8	Der optokinetische Nystagmus (OKN)	18
2.9	Blickpendelfolge	19
2.10	Cranio-Corpo-Gramm (CCG)	20
2.11	Statistische Auswertung	24
3	Ergebnisse	25
3.1	Statistische Ergebnisse	25
3.1.1	Beschreibung der Patientenunterkollektive	25
3.1.2	Vergleich der Hauptkollektive Richtungsenthemmung und Seitenenthemmung	26
3.1.3	Vertigosymptome	28
3.1.4	Vegetative Symptome	29
3.1.5	Vergleich 0022 und 0220	30
3.1.6	Vergleich 2200 und 2002	32
3.1.7	Unterkollektiv OKN 0–60 nach rechts	34
3.1.8	Unterkollektiv OKN über 60 nach rechts	37
3.1.9	Unterkollektiv OKN 0–60 nach links	38
3.1.10	Unterkollektiv OKN über 60 nach links	39
3.1.11	Unterkollektiv OKAN rechts 0–10	40
3.1.12	Unterkollektiv OKAN über 10 nach rechts	42
3.1.13	Unterkollektiv OKAN 0–10 nach links	43
3.1.14	Unterkollektiv OKAN über 10 nach links	45
3.2	Kasuistische Ergebnisse	47
3.2.1	Fall 1: Patient mit Seitenenthemmung nach rechts	47
3.2.2	Fall 2: Patient mit Richtungsenthemmung nach links	49
3.2.3	Fall 3: Patientin mit Seitenenthemmung nach links	51
3.2.4	Fall 4: Patient mit Richtungsenthemmung nach rechts	53
4	Diskussion	56

4.1	Moderne neuroanatomische Aspekte der vestibulo-okulären Gleichgewichtsreaktion	56
4.2	Begriff der Nystagmuspreponderance	66
4.3	Moderne Untersuchungstechniken des vestibulo-okulären Nystagmus	67
4.4	Klinisches Bild der Richtungsenthemmung im Vergleich mit der Seitenenthemmung	73
5	Zusammenfassung	77
6	Literaturverzeichnis	79
7	Tabellen	T-1
7.1	Gesamtkollektiv Richtungsenthemmung	T-1
7.2	Gesamtkollektiv Seitenenthemmung	T-5
7.3	Kollektiv 0022	T-9
7.4	Kollektiv 0220	T-13
7.5	Kollektiv 2200	T-17
7.6	Kollektiv 2002	T-21

1 Einleitung

Die Anfänge der Neurootologie reichen bis zur Jahrhundertwende zurück und entwickelten sich interdisziplinär aus Randgebieten der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, der Ophthalmologie und der Neurologie. Durch den Nobelpreis für Medizin im Jahre 1914 meldete sich, durch Robert Barany mit seinen Forschungen am Bogengangapparat, diese Fachrichtung erstmals eindrucksvoll zu Wort.

Schwindel und Gleichgewichtserkrankungen gehören zu den häufigsten Phänomenen in der ärztlichen Praxis. Durch die zunehmende Veralterung der Gesellschaft und die steigende Zahl von Sport- und Verkehrsunfällen kämpft schätzungsweise jeder zehnte Patient mit Schwindelsymptomen. Aber selbst van Gogh, Martin Luther und sogar Julius Cäsar sollen schon an vestibulären Erkrankungen gelitten haben.

Unter anderem durch die Weltraumforschung der NASA wurden neue Methoden der medizinischen Diagnostik entwickelt und ergänzen seitdem die gängigen Verfahren, wie bildliche und wörtliche Darstellungen. Dies gelang vor allem auf dem Gebiet der Elektrotechnik sowie auswertender Computertechnologie und Software, die den Grundstein zukunftsweisender Prüfverfahren darstellt. Hierbei wurde neben den Darstellungsräumen der Morphologie und den psychologisch-subjektiven Beschwerden ein neuer Raum geschaffen, der die menschlichen Funktionen beschreiben soll. Dies macht sich in besonderem Maße das Fachgebiet der Neurootologie zum Nutzen. Durch statistische Auswertung von Daten aus Patientenkollektiven können hierbei Symptome und Ursachen objektiviert und kollektiviert werden. So wird es möglich Erhebungen, Beschreibungen und Analysen zu bewerten und darzustellen, mittels Algebra und/oder der Geometrie. Die standardisierte Datenerhebung wurde erst gebräuchlich durch die neurootologischen Prüfverfahren, die CLAUSSEN und TATO erstmals unter dem Begriff der Äquilibrimetrie zusammenfassten. Hierbei werden die vestibulo-spinalen, die retino-okulären und die vestibulo-okulären Bahnensysteme untersucht, die schließlich wiederum auf anatomische Regelkreisläufe projiziert werden können. Eine anatomische Veränderung dieser Netzwerke hat hierbei auch immer eine funktionelle Veränderung zur Folge, was wiederum eine neurootometrische Erfassung ermöglicht. So können von unphysiologischen Funktionen Rückschlüsse auf die Topographie der Erkran-

kung gezogen werden, was einen bedeutenden Faktor für das stets individuelle Therapiekonzept darstellt.

Durch das Schmetterlingskalorigramm mit 4 Normbereichen von CLAUSEN ist heutzutage eine synoptisch-grafische Darstellung der Reaktionskennlinien beim kalorischen Nystagmus möglich. Durch diese Methode kann das Nystagmusrichtungsüberwiegen in ein Nystagmushemmungs- und ein Nystagmusenthemmungsüberwiegen unterteilt werden. Es ist das Anliegen dieser Arbeit, die unterschiedlichen Phänomene des Schmetterlingskalorigramms bei einer Seitenenthemmung mit Reaktionen nach rechts beziehungsweise links mit denen einer Richtungsenthemmung (=Direktionale Enthemmung) unter klinischen Gesichtspunkten zu analysieren und letztendlich zu differenzieren. Dies geschieht anhand einer größeren neurootologischen Patientengruppe der Neurootologie der Universitäts-HNO-Klinik Würzburg.

2 Material und Methoden

2.1 Neurootologisches Patientenkollektiv

Zur statistischen Auswertung der beiden Entthemungsphänomene wurde ein Patientenkollektiv von insgesamt 150 Patienten der Würzburger Hals-Nasen-Ohren-Klinik herangezogen, die zuvor äquilibriometrisch untersucht und dokumentiert worden sind. Davon werden 75 dem Phänomen der Rechts- beziehungsweise Linksenthemmung und die ebenfalls 75 verbliebenen dem der direktionalen Entthemung gerecht. Das Patientengut erstreckt sich von den Jahren 1981 bis 2004. Der Großteil der Patienten stammt allerdings aus den Jahren 2004 und vor allem 1995. Die Datenerfassung erfolgte mit dem speziell von CLAUSSEN erstellten und weiterentwickelten Anamnesebogen für neurootologische Belange NODEC III (Neurootologische Daten-Erfassung nach Claussen). Die digitale Datensammlung beziehungsweise die statistische Auswertung und deren grafische Darstellung erfolgte unter der Anwendung der Tabellenkalkulationssoftware EXCEL auf einem PC (Personal Computer).

2.2 Anamnese NODEC

Da eine neurootologische Anamnese einer speziellen fachlichen Ausrichtung bedarf, wird in diesem Fall die gezielte Datenerfassung mit NODEC III bewerkstelligt, welcher eigens von CLAUSSEN entwickelt wurde aus den Vorgängermodellen NODEC I und II. NODEC III gehört zu der Gruppe der mosaikartigen Formblattanamnesen, was eine problemlose statistische Erhebung ermöglicht. Hierbei wird jeder Patient mit allen aufgetretenen individuellen Symptomen systematisch und rasterartig erfasst durch eine identische und reproduzierbare Fragestellung in insgesamt 19 Fragekomplexen. So entsteht eine klar gegliederte, übersichtliche Datenmatrix, die durch ihre saubere Strukturierung eine erste neurootologische Vor- und Verlaufsbeurteilung des Patienten möglich macht. Auf dem einblättrigen, zweiseitigen und vorgeprägten anamnestischen Fragebogen wird zunächst der Name, der Beruf, das Geburtsdatum, der Wohnort und das Untersuchungsdatum festgehalten.

Der 1. Fragenblock macht eine Verifizierung der „Schwindelsymptome“ mög-

lich. Hier ist eine Differenzierung zwischen Schwankschwindel, Liftschwindel, Drehgefühl nach rechts oder links, Fallneigung nach rechts oder links, Black-out und Unsicherheit möglich.

Der nächste Fragenkomplex bietet eine Unterteilung der eventuell zu den Schwindelsymptomen auftretenden Dyskomfortgraduierungen. Darunter versteht man die nach Schweregrad geordneten „vegetativen Begleitsymptome“ wie Schweißausbruch, Übelkeit, Würgen, Erbrechen oder den Kollaps.

Der 3. Fragenkomplex behandelt die „Auslösemechanismen“ des Schwindels. So können aufgetretene Kinetosen durch Schiff, Flugzeug, Bahn und Auto unterschieden werden. Aber auch sonstige Mechanismen, die vom Patienten bei bestimmten Bewegungsabläufen in Zusammenhang mit Schwindelanfällen gebracht werden, können in einer eigenen Rubrik notiert werden. Dazu gehören auch Eigenbewegungen wie das Kopfdrehen, Bücken, Aufstehen und die Blickwendung.

Als nächstes wird der Patient über den gesamten Leidenszeitraum und die Dauer der einzelnen Anfälle befragt. Dabei wird ein geometrisches Schema verwendet. In der Rubrik „Dauer der Beschwerde“ handelt es sich um Stunden, Tage, Wochen, Monate, Jahre und Jahrzehnte. Die „Anfallsdauer“ lässt sich chronologisch in 1–2 Sekunden, Minuten, Stunden, Tage, Wochen und Monate beziehungsweise in langdauernd gleichmäßige und an- und abschwellende Anfälle unterteilen.

Die Fragenkomplexe 6–11 beschäftigen sich mit Störungen im Bereich der übrigen Kopfsinne und -nerven. Hier wird nach „Geruchsstörungen“ gefragt, die sich als Anosmie beziehungsweise Parosmie äußern können.

Der 7. Komplex handelt eventuelle Sehstörungen ab. Dabei kann zwischen Unschärfe, Doppelbildern, Bewegungseindrücken mit oder ohne ruckartigem Verlauf und zu guter Letzt zwischen Blindheit am rechten beziehungsweise linken Auge unterschieden werden.

An der 8. Position befindet sich der Fragenkomplex über mögliche „Ohrensymptome“, die auf Grund der engen anatomischen Beziehung zwischen Cochlea und Vestibularorgan auftreten können. Eine Unterscheidung zwischen rechtem und linkem Ohr ist hier bei jedem Unterpunkt möglich. Es handelt sich um gegebenenfalls vorhandene Ohrengeräusche, Hörminderungen oder Taubheit sowie einem postoperativen Zustand des Ohres.

In Punkt 9 werden „Geschmacksstörungen“ in Form von Ageusien und Parageusien abgehandelt.

Der 10. Fragenkomplex beschäftigt sich mit neuralen Leiden in den Kategorien „Trigeminuszeichen“ rechts oder links und der „Facialisparese“, die peripher, zentral sowie an der rechten und linken Gesichtshälfte beschrieben werden kann.

Der Fragenkomplex 12–16 bezieht wichtige Grundleiden der Patienten mit ein und beginnt zunächst mit Kopf-Hals-Traumata, wobei zwischen einem Verkehrs-, Arbeits-, Sport- und einem Hausunfall unterschieden werden kann. Hierbei sollten auch die näheren Umstände des Hergangs beigefügt werden, wie das Datum, eine kurze Unfallrekonstruktion und die Art des Traumas.

Außerdem wird der Patient in dieser Rubrik noch über „neurologische Leiden“, „Herz-Kreislauf-Erkrankungen“ wie Hypertonus, Hypotonus, Arteriosklerose, Herzinsuffizienz, dem Zustand nach Herzinfarkt sowie über das eventuelle Vorkommen eines „Diabetes mellitus“ und eines „Nierenleidens“ befragt.

Der 17. Fragenkomplex widmet sich „Pharmaka oder Genußmitteln“. Hier muss der Patient Stellung nehmen zu regelmäßigem Genußmittelkonsum von Alkohol, Nikotin, Coffein beziehungsweise vorhergegangener oder regelmäßiger Medikation durch Salicylate, Streptomycin, Gentamycin, Contraceptiva, Sedativa, Antivertiginosa und „Sonstige“ Arzneimittel.

Der vorletzte Fragenkomplex bietet eine Bewertungsskala über die nach Voruntersuchung oder Folgeuntersuchungen zwischenzeitlich aufgetretenen, subjektiven Beschwerdeindrücke des Probanden, um eine Verlaufskontrolle des Therapieansatzes und der Erkrankung wiedergeben zu können. Die deskriptive Auswahl besteht hier aus unveränderten, leicht gebesserten, deutlich gebesserten, leicht verschlechterten und deutlich verschlechterten Beschwerden.

Im letzten und 19. Abschnitt wird die Möglichkeit gegeben unter dem Stichwort „Sonstiges“ wichtige Aspekte und auffällige Merkmale, die nicht explizit im vorgedruckten und standardisierten Anamnesebogen aufgeführt sind, zu ergänzen und eventuell handschriftliche Zusätze zu einzelnen neurootologischen Fragenkomplexen von NODEC III zu addieren.

2.3 Polygraphische Elektronystagmographie

Die neurootologische, sensomotorische Patientenuntersuchung erfolgt anhand der Elektrookulographie beziehungsweise Elektronystagmographie. Diese hat sich im Laufe der Zeit klinisch als sehr praxistauglich erwiesen. Sie ermöglicht eine objektive Registrierung sowie die Analyse mit Typisierung der Nystagmusart. Außerdem besteht die Differenzierungsmöglichkeit zwischen zentraler und peripherer Störung. Auf diese Weise können sowohl spontane als auch von standardisierten sensorischen Reizen ausgelöste Nystagmen gemessen werden. Die ermittelten Daten machen eine stichhaltige Auswertung möglich und dienen so der Verlaufskontrolle von neurootologischen Erkrankungsformen. Die Aufzeichnung kann bei allen Patienten vorgenommen werden und ist bei offenen sowie geschlossenen Augen möglich. Bei diesem Verfahren werden die sensomotorischen Signale der schnellen Augenbewegungen, also der Nystagmen, grafisch festgehalten. Unter Nystagmus versteht man in diesem Fall die unwillkürliche, rhythmische Bewegung der Augen. Bei diesem „Augenzittern“ kommt es zu einer langsamen Augenablenkbewegung. Darauf folgt eine schnelle, richtungsangegebende Augenrückstellbewegung. Diese Augenbewegungen können spontan oder auf Grund einer Reizung auftreten und unterliegen dem Prinzip einer Input-Output-Beziehung des vestibulo-okulären Systems. Die Elektronystagmographie basiert auf einer monauralen beziehungsweise binauralen Reizung des lateralen Bogengangs durch Temperaturveränderung oder rotatorische Bewegung. Nach der Verarbeitung im ZNS äußert sich diese schließlich mit einem Horizontalnystagmus am Augenbulbus. Der grafische Nystagmus erscheint hierbei dreiecksförmig als Sägezahnsignal und wird in seiner Gesamtheit als Elektronystagmogramm bezeichnet. Hier wird die Nystagmusdauer im Verhältnis zur Nystagmusamplitude dargestellt. Der flachere Schenkel stellt dabei die langsame Phase dar, der steilere die schnelle. Der Schnittpunkt der beiden Schenkel bestimmt die Amplitudenhöhe. Bei der Elektronystagmographie wird die cornea-retinale Potentialdifferenz des sich bewegenden Dipols Auge als elektrische Potentialverschiebung beziehungsweise Widerstandsänderung gemessen. Die Messwerte werden durch Elektroden abgegriffen. So wird eine noninvasive Datengewinnung möglich. Die Kornea entspricht dabei dem positiven Pol, die Retina dem negativen. Bewegt sich also die

Kornea auf die ableitende Elektrode zu, kommt es zu einer positiven Ladungsverschiebung. Bei der Retina verhält es sich genau antagonistisch. Es findet also bei der Bulbusbewegung immer auch eine Winkeländerung des Dipols statt. Dabei kann eine statische Spannungsdifferenz abgeleitet werden. Die Zusammensetzung eines polygraphischen Elektronystagmographen entspricht in groben Zügen dem eines EEG- und EKG-Gerätes. Der ED 24/16 der Neurootologie Würzburg besteht aus AC-Vorverstärkern, Endverstärker, Schreibgalvanometern mit mehreren Einkanalschreibern und einem Differenzverstärker. Das Papiermagazin ist mit einem Elektromotor für den Papiervorschub ausgestattet. Außerdem sind eine Stoppuhr sowie Tastenfelder zur Wahl der Ableitprogramme in das Gerät integriert. Der regelbare Papiervorschub ist für die neurootologischen Versuche optimal bei 15 mm/sec eingestellt. Diese Registrier-Papier-Geschwindigkeit garantiert eine gute Auflösung der Ladungssignale und sorgt so für deutlich erkennbare Übergänge von schneller zu langsamer Phase. Augenbewegungen nach links und rechts werden durch die Polung mit Ausschlägen im Elektronystagmogramm jeweils nach unten und oben dokumentiert. Augenbewegungen in der Vertikalebene zeigen sich als synchrone Ausschläge nach oben und unten. Ein Filter für untere und obere Grenzfrequenzen von 0,53 Hz – 70 Hz sorgt für störungsfreie und saubere Signale, wobei Lidschlagbewegungen und andere Artefakte von Nystagmussignalen differenziert werden können. Die bei der Ableitung verwendeten Elektroden haben einen Durchmesser von 12 mm. Die Einbuchtungen der Elektroden werden zur besseren Leitfähigkeit mit Elektrolyt-Gel (NaCl) gefüllt und sind außen mit einem Isoliermaterial zirkulär eingefasst, um den Hautkontakt zu optimieren und mögliche Artefakte und Wackelkontakte zu vermeiden. Je nach Versuchsaufbau gibt es in diesem Fall zwei verschiedene Ableitungsmöglichkeiten, wobei sich die indifferente Erdungselektrode immer am rechten Bein befindet. Für Augenbewegungen in der horizontalen Ebene wird eine simultane, binokuläre Ableitung gewählt, bei der die Elektroden an den lateralen Winkeln des linken und rechten Auges angebracht werden. So wird ein summarisches Messergebnis möglich. Bei der monokulären Ableitung von Vertikalbewegungen des Auges werden die Elektroden supra- und infraorbital angebracht. Bei Bewegungen des Augenbulbus in der Horizontalen wird über Elektroden an Nasenwurzel und lateralem Winkel des jeweiligen Auges abgeleitet. Rotatorische Komponenten

sind mit diesem Verfahren nicht registrierbar.

Das integrierte Eichimpulsgerät eicht den Elektronystagmographen so, dass im Standard ein Impuls von $70 \mu\text{V}$ einer Amplitude von einem Zentimeter entspricht. Daraus ergibt sich eine Auflösung von $0,5 - 1$ Grad Bulbusablenkung. Vor jeder Elektronystagmographie muss sowohl eine individuelle, biologisch-optische als auch eine elektronische Systemeichung vorgenommen werden. Erstere muss dabei, wie in der eigentlichen Versuchsanordnung selbst, in einem abgedunkelten Raum stattfinden und ermittelt einen individuellen Wert, der einem Grad einer Bulbusbewegung entspricht. Die erstellten Amplitudenzeitkurven geben zusätzlich Auskunft über Namen und Alter des Patienten. Die Augenbewegungsspuren und die folgenden Parameter sind ebenfalls auf dem Nystagmogramm ablesbar: Die Nystagmusschläge, die Häufigkeit von Nystagmussignalen, die schnelle und langsame Nystagmusphase mit Geschwindigkeit und Dauer von Einzelsignalen, die Nystagmusamplitude, die Gesamtdauer von Nystagmusschlägen, die Augenachsenabweichung von der Mittellage und der wohl bedeutendste Parameter, die Nystagmusschlagrate pro Zeiteinheit.

Die folgenden Versuchsreihen werden mit einem polygraphischen, 5-spurigen ENG-Schema nach CLAUSSEN durchgeführt. So können sowohl horizontale Summenbewegungen als auch monokuläre, horizontale und vertikale Bewegungen des linken und rechten Augenbulbus registriert werden. Dies ist die Voraussetzung für die folgenden äquilibrimetrischen Untersuchungsmethoden.

2.4 Spontannystagmus

Jeder gesunde Mensch hat eine Vielzahl von Spontannystagmen. Darunter versteht man den Ruhetonus der ständigen Aktionsströme des peripheren Vestibularorgans, die ohne auslösenden Reiz und auf Grund unterschiedlichster Genese auftreten. Diese Ruheaktivität oder Basisaktivität wird über den entsprechenden Nerv zu den Vestibulariskernen geleitet und sorgt auf diese Art und Weise im Truncus cerebri, dem so genannten „Nystagmusschrittmacher“, für einen individuellen Ruhetonus zwischen rechtem und linkem Gleichgewichtsorgan. Spontannystagmen können so von zentraler oder peripherer Genese sein. Eine Veränderung des Ruhetonus würde zu einem Auftreten von vorübergehenden

oder permanenten unphysiologischen Nystagmen führen. Die Auslenkungen der Spontannystagmen können sowohl rein horizontal, vertikal und rotatorisch sowie horizontal mit rotatorischer Komponente als auch diagonal sein. Reizleitungen über die sensorische, afferente Sehbahn, hervorgebracht durch jedwede visuelle Aktivität des Auges, bewirken eine Hemmung des Spontannystagmus. Verdunklung und Augenschluß führen dementsprechend zur Aktivitätssteigerung. Auch das Liegen führt zu einer Aktivitätssteigerung, im Gegensatz zum hemmenden Sitzen. Auf Grund dieser potentiell auf das Testergebnis einflußnehmenden Faktoren ist bei der Versuchsanordnung stets auf Reproduzierbarkeit zu achten. Deswegen finden die elektrographischen Messungen immer unter standardisierten, genormten Bedingungen statt. Es herrscht also durchwegs Dunkelheit. Der Patient wird mit geschlossenen Augen in Kalorisationsposition gebracht. Er liegt hierbei um 30 Grad angehoben, um eine Vertikalstellung des lateralen Bogengangs sicherzustellen.

Das nach diesen Kriterien erstellte Spontannystagmogramm gibt dann schließlich Auskunft über eine Vielzahl von Messdaten: Als aussagekräftigster Messwert gilt hierbei die so genannte zentrale Nystagmusfrequenz nach CLAUSSEN. Darunter versteht man die monokuläre, horizontale und vertikale Aufzeichnung innerhalb 60 Sekunden. Ausgewertet wird allerdings nur das zweite 30-Sekunden-Intervall aller aufgetretenen Nystagmusschläge, was eine gewisse Stabilität der gewonnenen Daten gewährleistet. Die zentrale Nystagmusfrequenz liegt bei 0 – 0,6 Hertz (0–17 Schlägen) im normierten Bereich und wird anschließend im Schmetterlingskennlinienschema I und II grafisch dokumentiert. Die Schmetterlingskennlinienschemata sind alle Teil des NODEC III-Systems nach CLAUSSEN.

Des Weiteren kann noch eine Bestimmung der Nystagmusintensität anhand der Nystagmusamplitude vorgenommen werden. Dadurch kann man einen Eindruck von Grobschlägigkeit oder *petite écriture* gewinnen. Dies geschieht durch eine visuelle Abgrenzung der Spontannystagmus-Hüll-Kurve mittels oben und unten addierten, parallelen Bleistiftstrichen. Diese werden dann über die Länge der Nystagmusamplitude lotrecht miteinander verbunden und geben so in Millimetern abgemessen, nach Umrechnung in Winkelgrad beziehungsweise Mikrovolt, die Intensität des Spontannystagmus wieder. Ein Wert von 35–135 μV entspricht, in diesem Fall bei rechtsgerichteten Spontannystag-

men, der mittleren Standardintensität. Dieser Mittelwert ist bei älteren Patienten erniedrigt, bei jüngeren erhöht. Die gewonnenen Daten werden letztendlich grafisch in den Schmetterling Nummer III übertragen.

Schließlich werden im Schmetterlingskennlinienschema IV die Normbereiche der Winkelgeschwindigkeit der langsamen Spontannystagmusphase aufgetragen. Dabei wird das arithmetische Mittel von zehn benachbarten, im Kulminationsbereich lokalisierten Nystagmusschlägen errechnet. Dazu müssen deren zwischen langsamer Phase und Null-Linie gelegenen Winkel gemessen werden. Der normierte Bereich liegt in diesem Fall bei 0–14 Grad/Sekunde für den linksgerichteten und bei 0–12 Grad/Sekunde für den rechtsgerichteten Spontannystagmus.

Bei dem rotatorischen Identitätsdämpfungstest (RIDT) wird an beiden Ohren die vestibulo-okuläre Basisaktivität gemessen. Die Versuchskriterien sind auch hier definiert und so findet der RIDT auf einem Drehstuhl sitzend, im Dunkeln und bei geschlossenen Augen statt. Dabei liegt der genormte Bereich beim linksgerichteten Spontannystagmus bei 0–14, beim rechtsgerichteten bei 0–11 Schlägen pro 30 Sekunden.

2.5 Schmetterlingskalorigramm nach CLAUSSEN

Der thermische Vestibularistest wird anhand des Schmetterlingskalorigramms dokumentiert. Diese monaurale diagnostische Methode beruht auf der Idee von BARANY und stellt eine Funktionsprüfung des lateralen Bogengangszephtors dar. Durch die Ableitung des vestibulo-okulären Nystagmus kann seitengetreunt zwischen peripherer und zentraler Störung sowie völliger Unerregbarkeit differenziert werden. Das geeignetste Reizmedium ist hierbei destilliertes Wasser mit homogener Temperatur. Bei Trommelfellperforationen ist dieses Medium kontraindiziert. Für die laminare Spülung sollte ein Kunststoffkatheter verwendet werden, um gegen mögliche Fehlerquellen vorzubeugen, die aus turbulenten Wirbelbildungen resultieren können. Dieser wird 1,5 cm in den knöchernen Gehörgang eingeführt und darf unter keinen Umständen das Trommelfell verletzen. Der Kopf des Patienten wird nun im Liegen um 30° angehoben, so dass der äußere Bogengangsschenkel gereizt wird durch die Vertikalstellung des horizontalen Bogengangs. Unter diesem Gravitationseinfluß

kann durch die jeweilige Kalorik eine spezifische Veränderung des endolymphatischen Gewichts bewirkt werden, was eine unphysiologische Konvektionsströmung und damit eine Cupulaausbuchtung mit sich führt. Die Warmspülung mit 44 °C warmem Wasser bewirkt somit eine ampullopetale Endolymphbewegung was eine Depolarisation der Sinneszellen und eine Frequenzsteigerung mit sich führt. Die Kaltspülung mit 30 °C warmem Wasser bewirkt dagegen eine ampullofugale Endolymphbewegung und damit auch eine antagonistische Reaktion und Nystagmusrichtung. Beide Spülungstemperaturen sind äquidistant zur Körpertemperatur von 37 °C. Gespült wird jeweils vier mal 30 Sekunden lang mit 20 Millilitern Wasser. Begonnen wird mit der Warmspülung am rechten und dann am linken Ohr. Darauf folgt die Kaltspülung in gleicher Reihenfolge. Das wieder austretende Wasser muss dabei sorgsam aufgefangen werden, um zusätzliche Reize und damit störende Artefakte zu minimieren. Zwischen den vier einzelnen Stimulationen, die mindestens 3 Minuten elektornystagmographisch aufgezeichnet werden, muss eine Reizpause von mindestens 6 Minuten eingehalten werden. Bei Hyperreaktivität fällt diese dementsprechend länger aus.

Die entsprechenden Werte dieser vier Untersuchungszyklen können schließlich grafisch als Reaktionskennlinien in das synoptische Schmetterlingskalorigramm nach CLAUSSEN eingefügt werden und machen so eine schnelle und übersichtliche visuelle Erfassung der neurootologischen Problematik möglich. Dieses Kalorigramm besteht aus vier Quadranten und ergibt so eine Synopsis der vier Spülungseinheiten. Die vier Felder machen eine Unterteilung in rechtes und linkes Ohr aus der Ansicht des Patienten, in Warm- und Kaltspülung sowie in Links- und Rechtsschlägigkeit des Nystagmus möglich. Jedes Feld ist unterteilt in einen flügel förmigen mittleren Normbereich, einen oberen Enthemmungsbereich und einen unteren Hemmungsbereich. Der Rechtsnystagmus wird dabei oberhalb der Abszisse angetragen. In dem linken, oberen Quadranten kann so die Auswertung der Warmspülungsdaten des rechten Ohrs, im rechten, oberen, antagonistisch dazu, die Kaltspülungsdaten des linken Ohrs grafisch übertragen werden. Der Linksnystagmus wird dagegen unterhalb der Abszisse dargestellt. Die diagnostizierten Kaltspülungsdaten des rechten Ohrs werden nun links unten aufgetragen, die Warmspülungsdaten des linken Ohrs genau gegenüber. Daraus ergibt sich eine räumliche Diagonalität der thermi-

schen Reizung.

Die vier asymmetrischen Normbereiche ahmen so in ihrer Gesamtheit die Form eines vierflügligen Schmetterlings nach, was die Namensgebung des Kalorigramms erklärt und eine schnelle visuelle und interindividuelle Auswertung möglich macht. Die Normbereiche von NODEC III liegen bei einer Warmspülung des rechten Ohrs zwischen 20,9 und 57,5, bei der Kaltspülung zwischen 25,6 und 64 Nystagmusschlägen. Die Warmspülung am linken Ohr liegt zwischen 23,1 und 60,9, die Kaltspülung zwischen 24,2 und 66,8 Schlägen im genormten Bereich der Nystagmusreaktion. Zwischen den „kalten“ und „warmen“ kalorischen Normbereichen des rechten beziehungsweise linken Ohres ist außerdem jeweils ein genormter Bereich für den Spontannystagmus mit deutlich kleinerem Maximum eingefügt.

Die systematische Datenerfassung mit NODEC III beinhaltet 4 verschiedene Schmetterlingsvariationen. Der Schmetterling Typ I ermöglicht die Dokumentation des maximalen Nystagmus-Schlagratenzuwachses. Hier wird der Bereich grafisch dargestellt, in dem die Nystagmussignale in einem Zeitraum von 30 Sekunden am größten und dichtesten sind. Dies bezeichnet man als zentrale Nystagmusfrequenz im Kumulationsbereich. Der Kennlinienbereich ergibt sich aus drei solchen aufeinander folgenden 10-Sekunden-Intervallen der ENG-Kurve. Diese benachbarten Intervalle werden nun zu 30-Sekunden-Abschnitten addiert und geben so die maximale Reaktionsdynamik der jeweiligen thermischen Reizung wieder. Dabei entspricht letztendlich 1mm an der Ordinatenachse des Schmetterlingskalorigramms einem Nystagmusschlag. Die angetragene Anzahl der Schläge wird nun mit dem Schmetterlingszentrum verbunden. So ergibt sich nach vollständiger Übertragung der Daten immer eine Kreuzform. Das Kreuz des Spontannystagmus wird zur besseren Übersicht in gestrichelter Form eingetragen.

Zusätzlich sind noch drei weitere Schmetterlingsschemata mit unterschiedlichen Darstellungskriterien von CLAUSSEN entwickelt worden, um dieses Prinzip nicht auf einen einzigen Parameter festzulegen und so eine gewisse Objektivierung zu ermöglichen.

Dabei entspricht das Kennlinienmuster Typ 2 grundsätzlich dem vom Typ 1, wobei hier zusätzlich die Nystagmusfrequenz in Hertz (Hz) an einer nomographischen Skala aufgetragen werden kann. Die Normbereiche des Spontannys-

tagmus sind bei dieser Variante seitlich herausgerückt.

Im Schmetterlingsschema Typ 3 kann die zentrale Nystagmusamplitude dargestellt werden. Die Normbereiche dieser kalorischen ENG-Amplitude liegen bei 44 °C rechts zwischen 34 μV und 152 μV , bei 30 °C rechts zwischen 42 μV und 171 μV , bei 44 °C links zwischen 37 μV und 158 μV und bei 30 °C links zwischen 40 μV und 200 μV .

Das Kennlinienschema des Schmetterlings Typ 4 macht bei der Kalorisation die elektronystagmographische, maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase im Kulminationsbereich darstellbar.

Nachteilig wirkt sich bei Typ 3 und 4 die Überlagerung der Normbereiche für Spontannystagmus und kalorische Reaktion aus.

In jedem Quadranten des Schmetterlingsnystagmogramms befindet sich der Normbereich mittig in der Form eines „dreieckigen Flügels“. Dieser Bereich wird mit der Reaktionscodierung 0 gekennzeichnet. Liegt die Kennlinie unterhalb dieses Normbereichs, handelt es sich um eine gehemmte kalorische Reaktion. Diese wird mit dem Code 1 verschlüsselt. Eine enthemmte Reaktion liegt vor, wenn die Kennlinie oberhalb des Schmetterlingsflügels liegt. Diese Kennlinie wird mit der Codierung 2 gekennzeichnet. Aus diesen drei Reaktionsmöglichkeiten ergibt sich ein trinärer Code mit 81 Variationsmöglichkeiten. Mit der Einbeziehung der grafischen Daten des Spontannystagmus werden sogar 243 verschiedene Muster möglich. Die Codierung der vier Quadranten erscheint vom rechten Ohr mit Warm- und folgender Kaltspülung bis zum linken Ohr mit Warm- und Kaltspülung gegen den Uhrzeigersinn in einer Vierer-Zahlenkombination.

Die Codierung 2200 stellt dementsprechend eine Seitenenthemmung des rechten Ohres, 0022 des linken bei Kalt- und Warmspülung dar. 2002 und 0220 spiegeln eine an beiden Ohren gemeinsame directionale Richtungsenthemmung bei Warm- beziehungsweise Kaltspülung wieder. Ein Ohr ist hier also bei der Warmspülung immer enthemmt, das entgegengesetzte antagonistisch dazu bei der Kaltspülung. Im Folgenden werden die Daten der Patientenkollektive mit den Zahlenkombinationen 2200 und 2002 sowie 0022 und 0220 untereinander differenziert und gegeneinander ausgewertet, um markante Unterschiede aber auch Gemeinsamkeiten der verschiedenen Konstellationen aufzuzeigen. Dadurch können die verschiedenen Schmetterlingsphänomene auf lange Sicht

präzise diagnostisch eingeordnet werden in eine Normalreaktion sowie periphere und zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörungen. Durch die statistisch ausgewerteten, anamnestischen Patientendaten verspricht man sich letztendlich Rückschlüsse auf die anatomische Topographie des Schwindels. Denn erst die Lokalisation des auslösenden Defekts macht eine gezielte Therapie der Erkrankung und damit der Vertigosymptomatik möglich.

2.6 Rotatorischer Intensitäts-Dämpfungs-Test (RIDT)

Der rotatorische Intensitäts-Dämpfungs-Test gehört zu den binauralen Vestibularisprüfungen. Das heißt, dass bei diesem Verfahren gleichzeitig und beidseitig die paarigen Bogengangsrezeptoren des Innenohrs stimuliert werden. Die rotatorische Reizreaktion wird wie bei den kalorischen Versuchsreihen elektromyographisch aufgezeichnet. Bei diesem Verfahren stellt es sich allerdings als schwierig heraus, die simultanen Datenströme später separat voneinander dokumentieren und auswerten zu können. Eine getrennte Bewertung ist nur möglich, da aus dem in Drehrichtung gereizten Rezeptor ein erhöhter efferenter Impuls resultiert.

Im Gegensatz dazu verdeutlicht diese Methode eine genaue Input-Output Beziehung. Je größer also die Drehbeschleunigung, desto deutlicher auch immer die vestibuläre Reizreaktion des geprüften Innenohrs.

Hierbei kann zwischen einem perrotatorischen Stimulus während der Drehbeschleunigung und einem postrotatorischen Stimulus beim abrupten Abbremsen des Vorgangs unterschieden werden. Bei dem Versuchsaufbau ist perrotatorisch eine Rechts- beziehungsweise Linkssdrehung mit dem jeweiligen Postrotatorius durchführbar. Die erhaltenen elektronystagmographischen Ergebnisse können im grafisch-synoptischen RIDT-Kennlinienschema dargestellt werden. Der Versuch wird in einem halb abgedunkelten Raum durchgeführt. Der Kopf des Patienten wird dabei um 30 Grad nach vorne gebeugt, um die lateralen Bogengänge in Drehebene auszurichten. Der Proband wird zuerst auf einem elektronisch programmierbaren Drehstuhl einer konstanten Drehbeschleunigung von 30 Grad pro Quadratsekunde ausgesetzt, um perrotatorische Kräfte wahlweise nach links oder rechts auszuüben. Während dieser Andrehbewegung steigert sich die Beschleunigung sukzessive zu einer Maximalgeschwin-

digkeit von 90 Grad pro Sekunde. Diese wird konstant über einen Zeitraum von drei Minuten beibehalten. Dies bewirkt allerdings keine Stimulusverstärkung, sondern es kommt zu einem stetigen Abklingen der Reizreaktion. Diese Entwicklung beruht auf der rezeptorspezifischen Reizbarkeit des Vestibularisorgans durch Beschleunigung und nicht durch konstante Geschwindigkeit. Die drei Minuten mit der erreichten Endgeschwindigkeit stellen somit eine Stimuluspause dar.

Der Perrotatorius erscheint hier zunächst mit einer parabelförmigen Schlagratenverteilung in Drehrichtung (Perrotatorius I), ähnlich wie beim kalorischen Nystagmus mit Latenzphase, Kumulationsbereich und einem Abklingen der Reaktion. Das Auftreten von zwei richtungswechselnden Nachphänomenen ist dabei möglich. Diese werden als Perrotatorius II und III bezeichnet. Der Perrotatorius überdauert 30 Sekunden nach dem Aussetzen der Drehbeschleunigung.

Darauf folgt direkt im Anschluß der jeweilige postrotatorische Versuchsablauf. Dabei wird die Maximalgeschwindigkeit plötzlich, innerhalb einer dritten Sekunde abgebremst. Hier wird die Diskriminationsgrenze der lateralen Bogengänge, die 180 Grad pro Quadratsekunde beträgt, nadelförmig stark überschritten. Der Bremsimpuls beträgt 270 Grad pro Quadratsekunde. Es handelt sich also um einen supramaximalen Reiz. Der postrotatorische Nystagmus tritt dabei erst nach einer Latenzzeit von 100 Millisekunden auf und ist dabei mindestens noch 30 Sekunden nach dem Stopp dokumentierbar. Der Postrotatorius zeigt sich der Drehrichtung immer entgegengesetzt. Eine Linksdrehung erzeugt also postrotatorisch einen Rechtsnystagmus und umgekehrt. Die gesammelten Reizantworten können nun im L-Kennlinienschema nach CLAUSSEN grafisch dargestellt werden. Das Schema besteht aus einer Ordinate, bei der die Nystagmusschlagrate aufgetragen werden kann und einer Abszisse mit der Möglichkeit das jeweilige Zeitintervall anzugeben. Links neben der Ordinate befindet sich der Bereich des Perrotatorius I. Hier wird das Kumulationsmaximum der perrotatorischen Nystagmusschlagrate innerhalb eines 30-Sekunden-Intervalls aufaddiert. Das Intervall selber wird in 10-Sekunden-Schritte unterteilt. Die Nystagmusschläge werden in Drehrichtung ausgezählt. Eine perrotatorische Beschleunigung nach rechts hat also auch einen Rechtsnystagmus zur Folge. Umgekehrt verhält es sich bei einer Drehbewegung nach links. Jeder Ausschlag

entspricht dabei einem Millimeter auf der Koordinatenachse. Die Datenerfassung erfolgt an einer links konstruierten Ordinatenparallelen für die Schlagrate und der Abszisse mit einem Zeitintervall von 30 Sekunden. Aus den entstandenen Schlagratenpunkten wird eine Kennlinie konstruiert und mit dem Systemzentrum bei 0 Sekunden verbunden. Durch den auf diese Weise entstandenen Differentialquotienten kann die maximale Reaktionsdynamik veranschaulicht werden.

Im neurootologischen Anamnesebogen NODEC III liegt der Normbereich für diese Reaktionsdynamik zwischen 26,4 und 64,6 Schlägen. Der Linksnystagmus liegt im Mittel dagegen zwischen 24,4 und 61.

Der Postrotatorius I wird sowohl rechts von der Ordinate an einer Parallelen als auch an der Abszisse doppellogarithmisch dargestellt. Die hyperbelförmige Kurve wird hierbei in 5-Sekunden-Intervalle an der insgesamt 30 Sekunden darstellenden Abszisse unterteilt und erscheint dadurch linear optimiert. Die Nystagmusschläge werden ebenfalls in Erwartungsrichtung gezählt. Bei Rechtsdrehung und postrotatorischem Stopp ist also mit einem Linksnystagmus zu rechnen und umgekehrt. Die gewonnenen Werte werden nun in den von der Abszisse vorgegebenen Fünferschritten logarithmisch angetragen. Die dabei entstandenen Schlagratenpunkte werden unter Anstreben eines Optimums miteinander verbunden. Auf diese Weise erhält man nun die postrotatorischen Kennlinien in Form von Geraden, die auf Grund ihrer signifikanten Lagerung nicht durch das 0-Sekunden-Systemzentrum verlaufen.

Zur besseren Differenzierungsmöglichkeit werden die beiden Kennlinien des Rechtsnystagmus durchgängig gestaltet, die des Linksnystagmus in gestrichelter Form angedeutet. Zusätzlich werden die jeweilig zugehörigen per- und postrotatorischen Kennlinien miteinander verbunden, um weitere optische Akzente zu setzen. Damit ist trotz der grafischen Datenmenge von vier synoptisch dargestellten Größen immer eine übersichtliche mustererkennende Deutung möglich. Mit der Verknüpfung der Phänomene an den Schnittpunkten bei Rechts- beziehungsweise Linksdrehung gewinnt man die typische L-Form durch die jeweiligen beiden Geraden. Dieser Form verdankt das L-Kennlinienschema seine Namensgebung.

Die grafische Auswertung kann ebenfalls wie beim kalorischen Nystagmus durch einen trinären Code verschlüsselt werden. Der Normbereich wird auch

hier mit dem Code 0, eine überdurchschnittliche Schlagrate mit dem Code 2 und eine gehemmte Nystagmusanzahl mit dem Code 1 verschlüsselt. Auch hier sind also 81 Kennlinienkonstellationen möglich. Die Codierung aus vier Ziffern ergibt sich aus der festgelegten Reihenfolge ausgehend vom Perrotatorius nach rechts über den Perrotatorius und Postrotatorius nach links, um letztendlich mit dem Postrotatorius nach rechts zu enden.

Dennoch kann der RIDT nur als Ergänzung zu den kalorischen Auswertungen gesehen werden. Im anschließenden Kapitel wird daher der Vestibuläre Reiz-Reaktions-Stärke-Vergleich (VRRSV) beschrieben. In diesem Test werden beide Verfahren miteinander kombiniert, um so eine weitere Verifizierung der gewonnenen Daten zu ermöglichen. Auf diese Weise wird bei der Diagnosestellung eine noch bessere Differenzierung zwischen Normalfunktion und zentraler beziehungsweise peripherer Störung möglich.

2.7 Vestibulärer Reiz-Reaktions-Stärke-Vergleich (VRRSV)

Bei diesem Vergleich wird eine Verknüpfung der kalorischen und rotatorischen Versuchsreihen möglich. Am rechten Ohr wird die kalorische Warmreaktion mit den perrotatorischen Werten bei Rechtsdrehung verglichen. Genau konträr verhält es sich am linken Ohr. Die durch den Reiz verursachte Nystagmusrichtung und die Lage des Ohrs muss also immer übereinstimmen. Die Kombination aus beiden Datenmengen macht eine bessere Beurteilung des Krankheitsbilds möglich. So ist es beim Perrotatorius zum Beispiel bei aufgetretenen Hemmungsercheinungen nur bedingt möglich, Rückschlüsse auf eine periphere oder zentrale Problematik zu ziehen. Hier gibt die entsprechende kalorische Testreihe vor allem Aufschluß über pontine, archaio- und palaeozerebelläre Läsionen, während die rotatorischen Versuche eher Auskünfte über die nystagmusgenerierende Anatomie von Mesencephalon und Diencephalon geben können.

Beim VRRSV kann nun zwischen drei Haupttypen unterschieden werden. Eine Einordnung in paralleles Normalverhalten, paralleles Hemmungsverhalten bei peripherer Störung oder in eine parallele Enthemmung bei zentraler Nystagmusenthemmung wird so möglich.

Des Weiteren können bei diesem Datenabgleich auch noch die Phänomene des Recruitments und Decruitments beobachtet werden. Unter einem Recruit-

ment versteht man ein Erholungsphänomen, bei dem sich die kalorische Reaktion gehemmt darstellt, während sich die jeweilige agonistische perrotatorische Reaktion im Normbereich befindet. Dies wird auch als typisches peripheres Aufholphänomen bezeichnet. Außerdem ist auch eine normale kalorische Reaktion mit einer enthemmten, gleichgerichteten perrotatorischen Variante möglich. Dies weist auf eine labil-zentrale Nystagmusenthemmung hin. Der Umschwung von kalorischer Hemmung auf perrotatorische Enthemmung wird als kombiniertes peripheres und zentrales Aufholphänomen bezeichnet. Im Allgemeinen bringt eine überproportionale Reizantwort immer eine Stimuluserhöhung mit sich.

Unter einem Decruitment versteht man im Gegensatz dazu eine zentrale Nystagmusblockierungserscheinung. Hier verhält es sich genau umgekehrt wie beim Recruitment. Der schwächere kalorische Reiz legt ein Normverhalten an den Tag, der stärkere Perrotatorius zeigt sich gehemmt. Dieses Phänomen weist auf eine zentrale Nystagmusblockierung hin.

2.8 Der optokinetische Nystagmus (OKN)

Der optokinetische Nystagmus ist ein normaler okulomotorischer Reflexmechanismus, der retinal ausgelöst wird. Das Auge versucht bei diesem Versuchsaufbau immer wieder die optische Achse durch einen Korrektursprung zu optimieren, um dadurch eine gewisse Bildkonstanz zu erlangen. Dieser Reflex soll also eine optische Stabilisierung des Auges sicherstellen. Da dieses Phänomen bei dem Blick aus fahrenden Zügen zu beobachten ist, wird dieser Nystagmus auch als Eisenbahnnystagmus bezeichnet. Dabei folgt das Auge bei Sehachsenverschiebung vorerst dem fixierten Sehobjekt mit der langsamen Augenbewegung, um mit der anschließenden schnellen Phase in die entgegengesetzte Richtung die rasche Veränderung des Sehfelds wieder ausgleichen zu können.

Diesen Reflex kann man sich im klinischen Alltag zu Nutzen machen, um zentrale beziehungsweise periphere motorische Fehlsteuerungen zu diagnostizieren. Ein optokinetischer Nystagmus kann hier schon recht simpel durch eine Horizontalverschiebung eines Papiers mit vertikalen Linien erzeugt werden.

Eine gute Möglichkeit bietet der so genannte optokinetische Freifeldnystagmus. Dieser wird mit einem Drehstuhl im abgedunkelten Raum mit geschlosse-

nen Augen durchgeführt. Der Patient wird dann mit einer Geschwindigkeit von $90^\circ/\text{s}$ 1,5 Minuten lang gedreht. Dann öffnet der Patient die Augen und wird gleichzeitig beleuchtet. Es kommt nun zu Nystagmusschlägen, die in der Folge gezählt werden. Die Anzahl der aufgetretenen Nystagmen innerhalb von 20–50 Sekunden wird nun ausgezählt. Der Stuhl bleibt nach der Augenöffnung weiter in seiner Drehbewegung. Nach einer Minute wird der Patient wieder dazu aufgefordert die Augen zu schließen. Die Beleuchtung wird ebenfalls wieder gelöscht. Es kommt nun zu dem Phänomen des optokinetischen Afternystagmus (OKAN), der direkt im Anschluß, innerhalb weiterer 30 Sekunden, elektronystagmografisch ausgewertet wird.

Dieser resultiert wahrscheinlich aus einer Speicherung der effektiven Augenbewegungsparameter im Hirnstamm. Dieses Phänomen nimmt schließlich sukzessive wieder ab und entleert somit gewissermaßen diesen „Geschwindigkeitsspeicher“.

2.9 Blickpendelfolge

Mit diesem Testverfahren erhält man elektronystagmographische Informationen über die bioelektrische Augenaktivität. Dies geschieht durch die optokinetische Reizung der Augen mittels eines sinusförmig schwingenden Pendels. Dieses galgenförmige, physikalische Pendel dreht sich um einen virtuellen Drehpunkt, zwei Meter vom Patientenkopf entfernt. Am Ende des Pendels, welches sich ungefähr in Höhe der Nasenwurzel befindet, ist eine Leuchtquelle in Form einer LED angebracht. Der Stimulus sollte annähernd mit einer Taktung von 0,3 Hertz schwingen und auf beiden Seiten gezielt die Grenzen des mittleren Blickbereichs um ungefähr ± 15 Grad überschreiten. Der Auslenkungsgrad des Pendels kann mit einem drei Kilogramm schweren, beweglichen Gewicht am Schaft dosiert werden und ist durch Begrenzungsschrauben auf eine maximale Auslenkung von ± 20 Grad beschränkt. Das entspricht einer Amplitude von 40 Grad. Der Patient soll dem bewegten Leuchtreiz mit den Augen folgen und ist dabei auf einem kardanischen Lagerungstisch horizontal gelagert.

Insgesamt werden zwanzig Pendelumläufe ausgetestet. Dabei stellen die ersten fünf Umläufe eine Gewöhnungsphase dar. Die nächsten fünf Umläufe dienen der qualitativen und quantitativen Diagnostik. Die Dynamik der optokine-

tischen Reaktion kann als normal, gehemmt sowie bei mehr als zehn Nystagmen in der einen oder anderen Richtung als enthemmt gewertet werden.

Bei diesem Testverfahren können zwei unterschiedliche Informationen gewonnen werden. Einerseits wird dadurch eine individuelle, biologische ENG-Eichung durch eine Messung der Augenamplitude mittels Hüllkurven möglich, andererseits aber auch eine Dokumentation der optokinetisch auslösbaren Nystagmen. Das corneo-retinale Potential in Mikrovolt (μV) kann so im Zuge der elektrischen Eichung individuell für ein Grad Bulbusbewegung bestimmt werden.

Zusätzlich können das Phasenverhältnis und Nystagmusüberlagerungen zur Auswertung herangezogen werden. Beim Phasenverhältnis ist eine positive und eine negative Abweichung möglich. Die negative Abweichung veranschaulicht eine der Pendelbewegung hinterherhinkende Augenbewegung, die positive eine vorangehende. Die sinusförmigen Augenbewegungen können von Nystagmen und Sakkaden überlagert werden. Zur quantitativen und qualitativen Auswertung müssen deswegen trianguläre Normbereiche erstellt werden. Außerdem ist die Aufzeichnung der vertikalen Augenbewegung sinnvoll, um Artefakte wie Augenlidbewegungen herausfiltern zu können.

2.10 Cranio-Corpo-Gramm (CCG)

Das CCG nach CLAUSSEN dient als Schnelltest zur objektiven und noninvasiven Überprüfung der vestibulo-spinalen Gleichgewichtssteuerung. Der Gleichgewichtssinn spielt nämlich eine erhebliche Rolle bei der Kopf- Hals- und Körperstellung im dreidimensionalen Raum. Eine Störung des Gleichgewichtssinns auf peripherer oder zentraler Ebene geht auch immer einher mit einer motorischen Bewegungs- und Koordinationsstörung. Der 1968 entstandene Test ist für arbeitsmedizinische Zwecke entwickelt worden und ermöglicht unter anderem den deutschen Berufsgenossenschaften objektive Gutachten bei Arbeitsfeldern mit der Gefahr des Absturzes. Simulation und Aggravation von Schwindelerscheinungen können mit diesem Verfahren genauso ermittelt werden wie psychogene Ursachen. Es handelt sich um eine fotooptische Registrierung der Kopf- und Körperbewegung mit Hilfe einer Polaroidaufnahme.

Bei diesem Versuch steht der Patient aufrecht. Er muss zunächst einen Ar-

beaterschutzhelm mit Glühlampen und Batterieschalter aufsetzen. Die Lampen befinden sich über ein Kabel verbunden an der Stirn, dem Hinterhaupt und separat festgeklemmt an den beiden Schultern. Über dem Patientenkopf an der Decke ist ein runder, konvexer Spiegel angebracht. Eine nach oben gerichtete Linse einer Sofortbildkamera zwischen Patient und Spiegel nimmt während des Versuchs alle reflektierten Leuchtsignale der Lämpchen auf. Zur grafischen Standardisierung jedes Versuchsablaufs wird nach diesem immer ein Bezugspolarkoordinatennetz auf dem Film eingeblendet. Dies geschieht durch eine zweite Belichtungsphase anhand eines Rotors. Auf diesem befinden sich Leuchtmarken in einem Abstand von 20 Zentimetern. Dieser wird um 360° gedreht und wird so in Kopfhöhe eingeblendet. Dabei werden Kreissegmente ausgeblendet. Auf diese Weise können keine geschlossenen Kreise entstehen, sondern abwechselnd vier Leucht- und vier Dunkelsegmente. Diese Segmente stoßen in 12-Uhr-Position aufeinander. Ein Vergleich bei unterschiedlichen Körpergrößen wird dadurch möglich. Die gewonnene Aufnahme erscheint nun ähnlich wie ein Schiffbewegungsmuster auf einem Radarschirm. Dabei können bei Schwindelpatienten durch die senkrechte Kegelprojektion deutliche und spezifische Lichtmuster registriert werden. Die Abweichung vom Zentrum der genormten Radarschablone kann somit entsprechend nach Länge und Winkel der Leuchtspur bestimmt werden. Diese tritt bei Längs- und Querschwankung beziehungsweise Längs- und Querabweichung sowie bei Drehung um die eigene Körperachse auf.

Das aus dem Polaroid erhaltene CCG kann nun beschriftet werden. Dabei sind die Richtungsbeschriftungen (dexter, sinister, anterior, posterior) von besonderer Wichtigkeit, um durch die spiegelverkehrte Dokumentation nicht zu verfälschten Ergebnissen zu gelangen. Außerdem wird noch der Name, das Geschlecht, das Alter und die Art der Beschwerden notiert, um eine patientenspezifische Zuordnung sicherzustellen. Drei vestibulo-spinale Prüfungen sind bei diesem Verfahren möglich. Der Stehversuch nach ROMBERG, das von der NASA entwickelte WOFEC (walk on floor with eyes closed) Verfahren und der Standardversuch nach UNTERBERGER.

Bei diesem Versuch soll der Patient innerhalb einer Minute 80 bis 100 mal auf der Stelle treten. Signifikante Abweichungen ergeben sich bei pathologischen Reaktionen erst nach 30–50 Schritten. Die betroffenen Probanden verlas-

sen dann den eingeblendeten Normbereich von 70° rechts bis 40° links von der Mittellinie.

Bei peripheren Defekten liegt eine signifikante Abweichung zur betroffenen Seite vor. Zentrale Störungen des Gleichgewichtssinns zeigen sich in einer Verbreiterung der Kopf-Körper-Schwankungen bei jedem einzelnen Schritt über 17,5 cm. Auch bei einer Lateralschwankung von über zwanzig Zentimetern im Polarkoordinatensystem besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit auf eine zentrale Erkrankung.

Einen weiteren Anhaltspunkt für eine periphere Gleichgewichtsstörung gibt die anguläre Deviation. Diese kann mit einem Geodreieck gemessen werden. Eine Verbindungslinie zwischen Ausgangs- und Endstellung des Patienten muss dabei zuerst auf dem CCG konstruiert werden. Diese ergibt dann zusammen mit der Ordinate den abzumessenden Winkel. Abweichungen nach rechts werden dabei mit einem positiven Vorzeichen, Abweichungen nach links mit einem negativen versehen. Dabei ist wiederum darauf zu achten, dass auf dem CCG alles spiegelverkehrt erscheint. Im Polarkoordinatennetz befindet sich dann der normierte Bereich vom rechten Ende des Leuchtsegments bis zum linken Ende des vorderen Dunkelsegments.

Auch der so genannte Eigenspin verhält sich synchron zur angulären Deviation. Darunter versteht man die Drehung um die eigene Körperachse. Hierbei wird ein Winkel gebildet zwischen der konstruierten Linie der Schulterleuchtflecken in Endposition und der Abszisse. Eine Drehung des Patienten gegen den Uhrzeigersinn wird mit einem negativen Vorzeichen gekennzeichnet, wobei dies wiederum durch die spiegelverkehrte Bildwiedergabe einer Drehung nach rechts auf dem CCG entspricht. Drehungen die in realitas im Uhrzeigersinn verlaufen, werden dagegen mit einem positiven Vorzeichen versehen.

Eine Umrechnung der im CCG gewonnenen Daten in die tatsächlichen Versuchsdimensionen ist bei diesem Verfahren jederzeit möglich, da der Abstand zwischen den Leuchtpolarkoordinaten mit 20 cm festgelegt ist.

Die im CCG abgebildeten Leuchtspuren können in fünf verschiedene Typen systematisiert werden. Typ I entspricht dabei der Normalreaktion ohne signifikante Abweichungen. Bei Typ II liegt eine Kombination aus Seitenabweichung und Drehung vor, was auf eine periphere Störung schließen lässt. Verbreiterte Lateralschwankungen ohne signifikante Abweichungen bei Typ III deuten

dagegen auf eine zentrale Störung hin. Typ IV äußert sich durch eine kombinierte Seitenabweichung mit verbreiteter Lateralschwankung. Dieses Phänomen ist Ausdruck einer peripheren und zentralen Genese. Bei Typ V ist keine Reproduktion der gewonnenen Leuchtspuren möglich. Wenn nach fünfmaliger Wiederholung des Versuchs also immer wieder diffuse Bewegungsmuster auftreten, ist klar, dass es sich entweder um einen Simulanten handelt oder der Schwindel psychogener Ursache ist.

Um die Vestibularisstörung näher zu definieren, ist es sinnvoll den UNTERBERGERSchen Tretversuch mit dem Stehversuch nach ROMBERG zu kombinieren.

Dieser spröde Versuch findet mit dem selben, wie zuvor beschriebenen, CCG-Versuchsaufbau statt. Der Raum wird auch hier abgedunkelt. Der Patient wird aufgefordert die Augen zu schließen und soll nun völlig regungslos auf der Stelle stehen. Die Füße sollen dabei nebeneinander und symmetrisch platziert werden. Die Arme sollen seitlich, der Länge nach unten, am Körper gehalten werden. Das Polaroid wird nun drei Minuten lang belichtet. Somit können alle Bewegungen von Kopf und Schultern in diesem Zeitraum registriert werden. Der Stehversuch ist bei sehr groben Pathologien mit Kopf-Körper-Taumeligkeit besonders aussagekräftig. So beobachtet man bei schweren zentralen Gleichgewichtsfunktionsstörungen grobe ataktische Schwankungen in alle Richtungen. Die anterior-posterioren Bewegungen sind bei diesen Störungen dominant.

Die Normbereiche liegen bei der Stirnfleckgröße bei bis zu 9,10 cm². Die normierte Länge in anterior-posteriore Richtung der rechten Schulter beträgt 8,4 cm, für die linke 8,1 cm und die für das Hinterhaupt 11,3 cm. Für die Auslenkung nach rechts und links liegt der Normbereich der rechten Schulter bei 5,7 cm, links bei 5,8 cm und die des Hinterhaupts bei 7,2 cm.

Außerdem lassen sich durch den Stehversuch Sehstörungen objektivieren und quantifizieren. Auch ein Morbus Parkinson lässt sich durch deutlich elongierte Kopfschwankungen und gemäßigte Schulterschwankungen in anterior-posteriore Richtung feststellen. Eine schwer zu beherrschende Dyskinesie wie der Torticollis Spasticus kann anhand des aus dem CCG gewonnenen Torticolliswinkel bestätigt werden. Dabei wird der konstruierte Winkel zwischen der Verbindungslinie der Schultersignale und der beiden verbundenen Leuchtspuren des Kopfes ausgemessen.

Auch ist hier eine weitere Typisierung in geometrische Unterformen möglich. So kann man von ovalen, rechteckigen und in wenigen Fällen auch von dreieckigen Figuren sprechen.

2.11 Statistische Auswertung

Die Statistik wird mit einem Personal-Computer (PC) und dem Tabellenkalkulations- und Grafikprogramm EXCEL 2000 (9.0.2812) erstellt.

Die Auswertung erfolgt anhand des neurootologischen Anamnesebogens NODEC III und aus den Daten der äquilibrimetrischen Untersuchungsverfahren. Die gesammelten Daten werden tabellarisch geordnet in das Programm eingegeben. Die Daten eines jeden Patienten befinden sich daher immer von rechts nach links in einer gesonderten Reihe. Gleichrangige Daten der unterschiedlichen Patienten werden dagegen exakt über- und untereinander in die verschiedenen Rubriken gestaffelt. Für jede dieser Spalten wurde schließlich die numerische Anzahl und die Prozentzahl berechnet. Auch das arithmetische Mittel, Standardabweichungen sowie Maxima und Minima können bei Bedarf angewandt werden.

Anschließend wurden verschiedene Patientenkollektive gebildet, die wiederum in Unterkollektive unterteilt werden konnten. Dies macht einen direkten Vergleich der verschiedenen Schmetterlingsphänomene unter zahlreichen medizinischen und neurootologischen Gesichtspunkten möglich. Aus den gewonnenen statistischen Daten können signifikante Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten ermittelt werden. Durch diese neu erstellten Sichtweisen können so interessante Erkenntnisse über die einzelnen Phänomene gezogen werden.

Anhand des Programms EXCEL 2000 können diese Datenvergleiche in Form von Säulen- oder Kuchendiagrammen optisch dargestellt werden, was es einfach macht, Diskrepanzen und Gemeinsamkeiten zu erkennen.

3 Ergebnisse

3.1 Statistische Ergebnisse

Im Folgenden werden Daten, die mit dem Anamnesebogen NODEC III erhoben worden sind, statistisch ausgewertet. Bei der vergleichenden Statistik handelt es sich im Speziellen um die Ergebnisse der Spontannystagmusmessung, des kalorischen Vestibularistests mit Kumulation und Amplitude, der per- und postrotatorischen Auswertung, der optokinetischen Versuchsreihen, des Cranio-Corpo-Gramms mit UNTERBERGERSchem Tretversuch sowie des Stehversuchs nach ROMBERG:

Die Patienten werden unter verschiedenen Aspekten zu Kollektiven zusammengefasst, die dann miteinander verglichen werden können.

Das Gesamtkollektiv umfasst 150 Personen, davon sind 90 (=60%) Männer und 60 (=40%) Frauen. Allen Personen gemeinsam ist eine Seiten- oder Richtungsenthemmung des kalorischen Nystagmus. Das Alter der untersuchten Patienten reicht dabei von 20 bis 79.

3.1.1 Beschreibung der Patientenunterkollektive

Die Patientenunterkollektive wurden generell aus den Hauptkollektiven der Richtungs- beziehungsweise Seitenenthemmung gebildet. Nach dem Vergleich dieser Hauptkollektive konnte nun nach dem Vorhandensein von Vertigo und vegetativen Symptomen weiter unterteilt und auf Unterschiede untersucht werden. Nach dem Vergleich dieser beiden Unterkollektive wurden die Enthemmungsarten weiter spezifiziert in Richtungsenthemmungen nach links (0220) und rechts (2002) sowie in Seitenenthemmungen nach links (0022) und rechts (2200). Anschließend wurden die Kollektive 2200 und 2002 sowie 0022 und 0220 miteinander verglichen. Zu guter Letzt wurden auch noch mehrere spezifische Unterkollektive aus den Datensätzen des OKN und OKAN bei Rechts- und Linksdrehung gebildet.

3.1.2 Vergleich der Hauptkollektive Richtungsenthemmung und Seitenenthemmung

Zunächst werden die beiden Hauptkollektive der Richtungs- und Seitenenthemmung mit jeweils 75 (=50 %) Patienten miteinander verglichen. Das Alter liegt bei der Seitenenthemmung bei $49,9 \pm 13,3$ Jahren und damit um 4,1 Jahre höher als bei der Richtungsenthemmung ($45,8 \pm 14,4$ Jahre).

Vertigosymptome werden von 66,7 % der Patienten mit Richtungsenthemmung (RH) und von 74,7 % mit Seitenenthemmung (SH) angegeben. Die Werte der SH-Gruppe sind demnach hier nur unerheblich höher als die der RH-Gruppe. Die Patienten klagten vor allem gehäuft über Schwank- und Drehschwindel sowie über ein allgemeines Unsicherheitsgefühl. Bei allen drei Kategorien zeigten sich erhöhte Werte bei der SH-Gruppe. Besonders deutlich divergieren die ermittelten Werte beim Unsicherheitsgefühl.

Auch die vegetativen Symptome liegen bei der SH-Gruppe (41,3 %) unerheblich höher als bei der RH-Gruppe (37,3 %). Dabei kam es hauptsächlich zu Übelkeit, Schweißausbrüchen und Erbrechen. Die Werte zeigen ansonsten keine wirklich signifikanten Unterschiede.

Die Anfallsdauer befindet sich bei beiden Hauptkollektiven hauptsächlich im Sekunden-, Minuten-, und Stundenbereich. Hier überwiegen die Werte der SH-Gruppe. Im Sekundenbereich divergieren dabei die prozentualen Werte kaum. Im Minutenbereich dagegen zeigt sich mit 29,3 % bei der SH-Gruppe und 20 % bei der RH-Gruppe ein deutlicher Unterschied. Auch an und ab auftretende Anfälle sind bei der SH-Gruppe (5,3 %) fast doppelt so häufig wie bei der RH-Gruppe (2,7 %).

Der Tinnitus ist vor allem bei der SH-Gruppe (30,7 %) beidseits erhöht, im Gegensatz zur RH-Gruppe (18,7 %).

Ein Hörverlust trat insgesamt bei der SH-Gruppe mit 66,7 % unwesentlich häufiger auf als bei der RH-Gruppe, bei welcher der Wert 58,7 % beträgt (siehe Abbildung 3.1 auf Seite 27).

Der Hörverlust rechts ist dagegen bei der SH-Gruppe mit 24 % doppelt so hoch wie bei der RH-Gruppe mit 12 % (siehe Abbildung 3.2 auf Seite 27).

Auf der linken Seite ist kein signifikanter Unterschied zu vermerken.

Die Mehrzahl der Herzkreislauferkrankungen trat bei der SH-Gruppe auf,

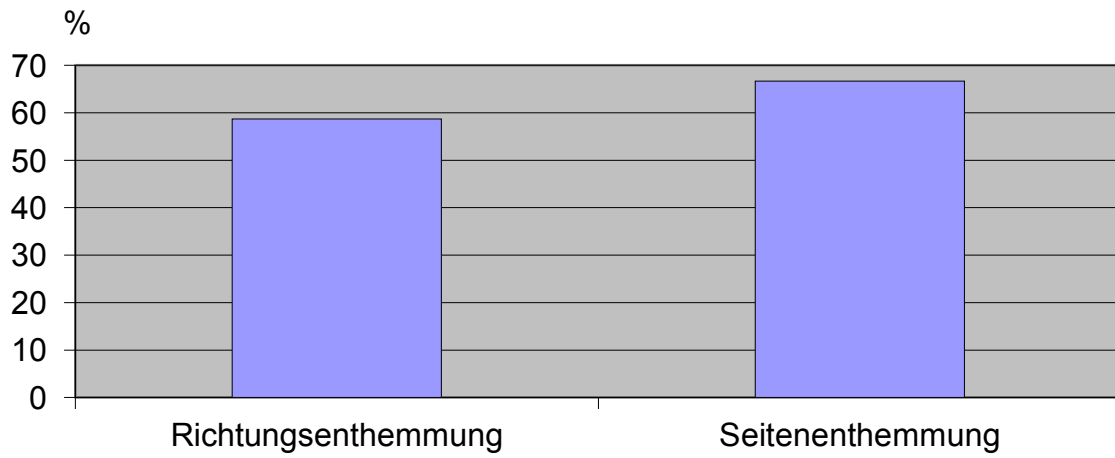


Abb. 3.1: Gesamtkollektiv nach Richtungs- und Seitenenthemmung mit Hörminderung

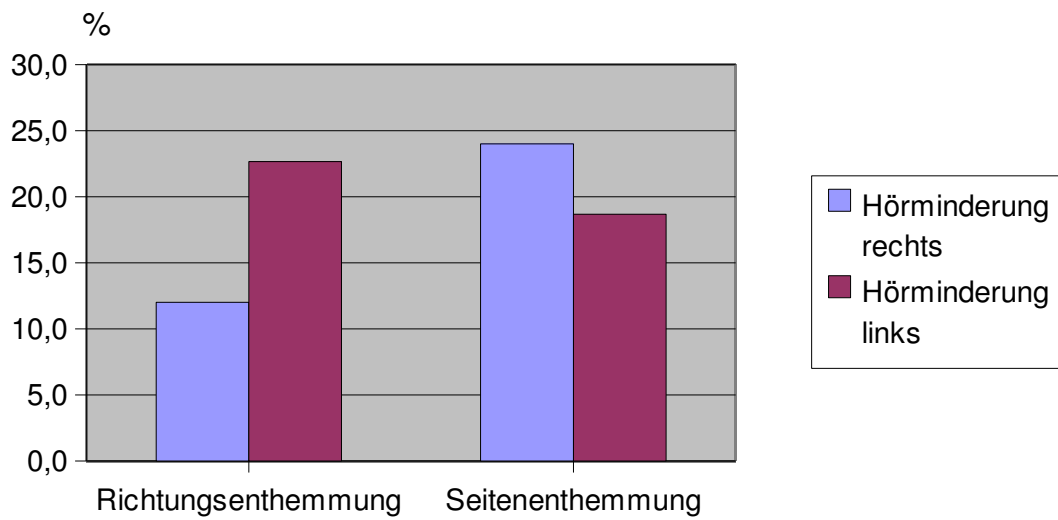


Abb. 3.2: Hörminderung links und rechts im Vergleich bei Richtungs- und Seitenenthemmung

wobei hier vor allem die Werte für den Hypertonus immens erhöht sind. Das Kollektiv der SH-Gruppe besteht dabei zu 28 % aus Hypertonikern, die RH-Gruppe nur zu 17,3 %. Konträr verhält es sich beim Hypotonus, wobei hier kein wirklich deutlicher Unterschied bemerkt werden kann (14,7 % gegenüber 12 %).

Der Spontannystagmus der SH-Gruppe weist links wie rechts einen Mittelwert von 8,7 Schlägen pro 30 Sekunden auf. Bei der RH-Gruppe beträgt dieser rechts ebenfalls 8,7 Schläge im Mittel. Der Spontannystagmus nach links beträgt dagegen bei der RH-Gruppe nur 5,8 Schläge pro 30 Sekunden.

Die Schlagzahl des Perrotatorius nach links ist bei der SH-Gruppe erhöht ($56,2 \pm 18,5$ gegenüber $51,3 \pm 18,4$). Der Postrotatorius ist links durchgängig und rechts nur leicht und unterbrochen erhöht.

Die Amplitude ist bei der RH-Gruppe durchgehend erhöht. Bei der Warmspülung mit 44°C liegen die Werte rechts bei $61,2 \pm 25,3 \mu\text{V}$ gegenüber $53,6 \pm 21,4 \mu\text{V}$ und links differenzieren sich $56,1 \pm 25,5 \mu\text{V}$ von $51,8 \pm 22,3 \mu\text{V}$. Bei der Kaltspülung unterscheiden sich rechts $60,1 \pm 27,1 \mu\text{V}$ gegenüber $50,7 \pm 21,5 \mu\text{V}$ sowie links $65,1 \pm 28,2 \mu\text{V}$ gegenüber $53,1 \pm 23,6 \mu\text{V}$.

3.1.3 Vertigosymptome

Verglichen werden hier die beiden Hauptkollektive unter dem gemeinsamen Aspekt der Vertigosymptomatik. Der Anteil aus dem Gesamtkollektiv liegt hier mit 31,3 % bei der Richtungsenthemmung (Männer=16 % und Frauen=15,3 %) und bei 36 % bei der Seitenenthemmung (Männer=22 % und Frauen=14 %). Das Alter zeigt sich bei der Richtungsenthemmung (RH) mit $48,1 \pm 14,3$ Jahren unter dem Wert der Seitenenthemmung (SH) mit $50,8 \pm 12$ Jahren.

Die vegetativen Symptome überwiegen generell bis auf das Symptom des Erbrechens (RH=27,7 % und SH=27,8 %) bei der Richtungsenthemmung.

Die Anzahl der Hypertoniker ist bei der SH-Gruppe deutlich erhöht (33,3 % gegenüber 25,5 %). Der Hypotonus überwiegt dagegen vernachlässigbar gering auf der Seite der richtungsenthemmten Patienten (12,8 % gegenüber 11,1 %).

Eine Hörminderung überwiegt bei der Gruppe SH (66,6 % gegenüber 46,8 %).

Der Postrotatorius zeigt sich bis auf die 25- und 30-Sekunden-Sequenz nach rechts immer bei der Gruppe SH erhöht. Der Perrotatorius nach links überwiegt in seiner Schlagzahl bei der Seitenenthemmung ($56,9 \pm 18,5$ gegenüber

50,9 ±19,8). Der Spontannystagmus zeigt links bei der Gruppe RH eine Auffälligkeit. Er ist mit 5,9 ±6,5 Schlägen pro 30 Sekunden um fast die Hälfte niedriger als bei der SH-Gruppe mit 9,7 ±11,9 Schlägen im Mittel. Die anguläre Deviation (RH=-8,4 ±76,9° und SH=-7 ±64,5°) und der Eigenspin (RH=-8,7 ±130° und SH=-10,5 ±120,8°) befinden sich bei beiden Gruppen klar im negativen Bereich.

3.1.4 Vegetative Symptome

Hier werden die beiden Gruppen der Richtungs- und Seitenenthemmung unter dem Gesichtspunkt aufgetretener vegetativer Symptome miteinander verglichen. Das neu gebildete Unterkollektiv der Richtungsenthemmung (18,6%) besteht dabei aus 12,6% Frauen und 6% Männern. Die daraus resultierende größere Gruppe der Seitenenthemmung ist mit 20,6% vertreten und besteht konträr aus 8% Frauen und 12,6% Männern. Das mittlere Alter der Seitenenthemmung (SH) ist nur um 1,8 Jahre höher als das der Richtungsenthemmung (RH) (48,5 ±10,2 Jahre gegenüber 46,7 ±15,9 Jahre).

Die Anfallsdauer unterscheidet sich vor allem bei tagelang andauernden Beschwerden. Hier überwiegt die RH-Gruppe (25% gegenüber 9,6%) um mehr als das Doppelte.

Sowohl der Tinnitus (SH=74,2% gegenüber RH=64,3%) als auch die Hörminderung (SH=67,7% gegenüber RH=53,3%) waren bei der Gruppe der Seitenenthemmung erhöht.

Auffällig war bei der Seitenenthemmung auch die große Zahl an Hypertonikern (38,7% gegenüber 17,8%).

Bei der Anzahl der Hypotoniker verhält es sich umgekehrt. Diese sind mit 21,4% bei der RH-Gruppe zahlreicher als bei der SH-Gruppe mit 6,4% (siehe Abbildung 3.3 auf Seite 30).

Der Spontannystagmus hat links im Mittel mehr Ausschläge auf Seiten der SH-Gruppe (9,6 ±13,4 gegenüber 5,5 ±6,3).

Der Amplitudenvergleich zeigt eine generelle Erhöhung bei der Richtungsenthemmung. Die Amplitude liegt hier bei 64,2 ±24,2 μV (44 °C rechts), 65 ±29,6 μV (30 °C rechts), 58,5 ±28,3 μV (44 °C links) und 68,9 ±27,6 μV (30 °C links). Die Vergleichsgruppe wies lediglich Werte von 57,4 ±22,6 μV, 51,6

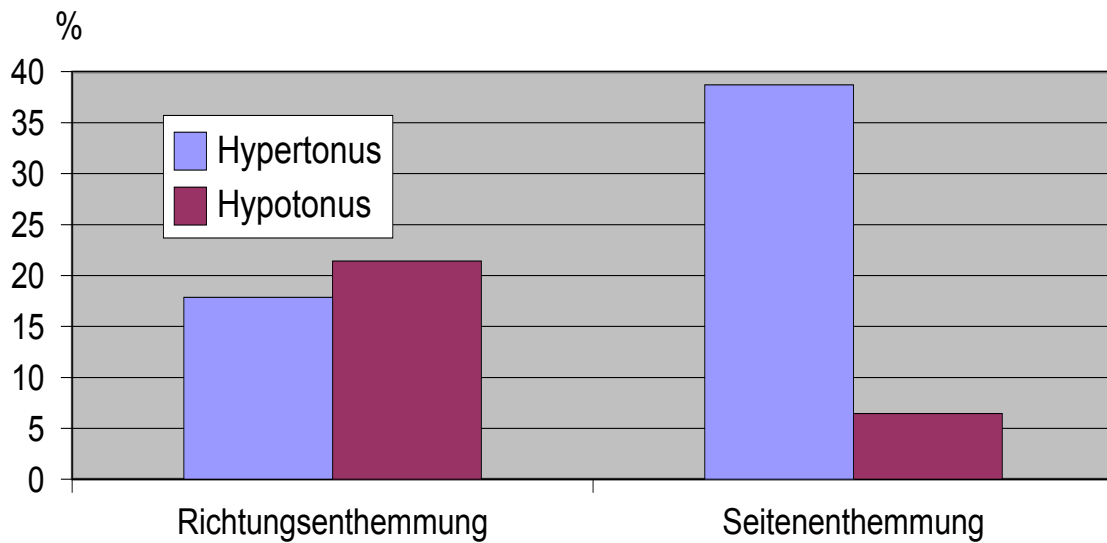


Abb. 3.3: Tonusvergleich des vegetativen Unterkollektivs bei Richtungsenthemmung und Seitenenthemmung

$\pm 25,1 \mu\text{V}$, $52,9 \pm 23,2 \mu\text{V}$ und $52,9 \pm 26,9 \mu\text{V}$ auf.

Der Perrotatorius nach links beträgt bei der RH-Gruppe nur $50,9$ Schläge $\pm 13,4$, bei der SH-Gruppe dagegen $55,5 \pm 18,3$. Der Postrotatorius nach links war bei der Seitenenthemmung stets deutlich erhöht (siehe Abbildung 3.4 auf Seite 31).

Sowohl die anguläre Deviation als auch der Eigenspin befinden sich vor allem bei der SH-Gruppe deutlich im negativen Bereich (RH= $-16 \pm 86,1^\circ$ gegenüber SH= $-16,7 \pm 73,1^\circ$ und RH= $-11 \pm 127,2^\circ$ gegenüber SH= $-29,1 \pm 129^\circ$).

3.1.5 Vergleich 0022 und 0220

Die Patienten mit Seitenenthemmung nach links (0022) stellen dabei 26 % des Gesamtkollektivs, die mit Richtungsenthemmung nach links (0220) 20 %. Das Durchschnittsalter der Personen mit Seitenenthemmung nach links liegt bei $51,5 \pm 13$ Jahren und ist damit um 3,2 Jahre höher als bei den Patienten mit Richtungsenthemmung nach links.

Bei der Gruppe 0022 tritt mit 74,4 % häufiger eine Vertigoproblematik auf als bei der Gruppe 0220 (60 %). Auffallend waren vor allem die großen Unterschiede beim Drehschwindel. Dieser war mit 41 % bei 0022 fast doppelt so häufig

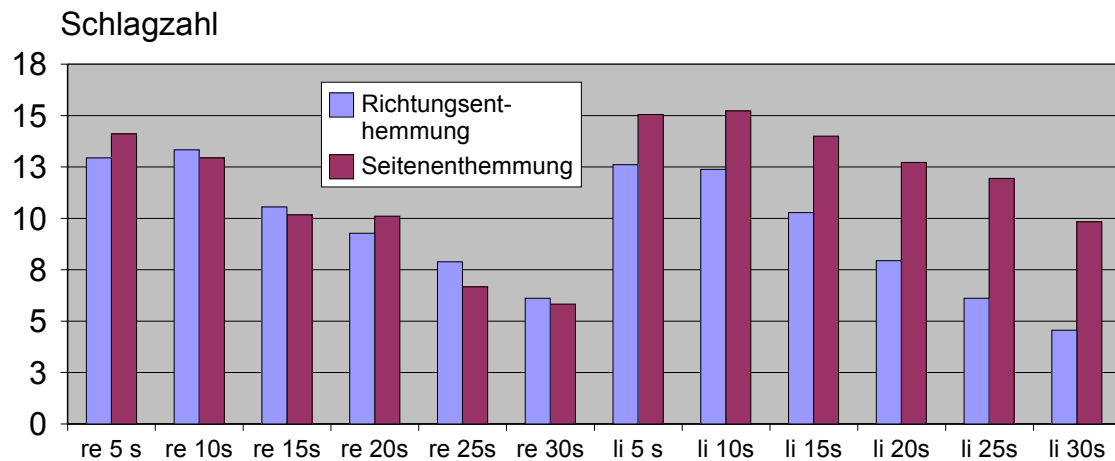


Abb. 3.4: Postrotatoriusvergleich des vegetativen Unterkollektivs von Richtungs- und Seitenenthemmung

anzutreffen wie bei 0220 (26,7%). Das Fallen von Patienten wurde bei 0022 mit 0% angegeben, bei 0220 dagegen mit 13,3%.

Auch die vegetativen Symptome sind bei 0022 mit 35,9% erhöht. Die Gruppe 0220 zeigt nur 23,3%. Die Werte für die Übelkeit sind ebenfalls signifikant erhöht und betragen 30,8% bei 0022 und 23,3% bei 0220. Ein Kollaps dagegen liegt mit 3,3% nur bei der Gruppe 0220 vor.

Die Anfallsdauer tritt in der Gruppe 0022 minutenweise bei 30,8% der Patienten auf, stundenweise bei 25,6%. Die Vergleichsgruppe dagegen zeigt Anfälle von Minuten nur in 23,3%, die von Stunden sogar nur in 16,7% der Fälle.

Der Tinnitus bei 0022 war beidseits signifikant erhöht (30,7%). 0220 weist dagegen nur einen beidseitigen Tinnitus von 16,7% auf.

Eine Hörminderung tritt häufiger bei der Gruppe 0022 (74,4%) auf als bei der Gruppe 0220 (56,7%).

Der Spontannystagmus zeigt sich rechts bei 0022 erniedrigt ($6,7 \pm 8,8$ gegenüber $3,9 \pm 5,7$).

Der Perrotatorius nach rechts ist bei 0022 mit $50,2 \pm 15,9$ Schlägen im Mittel ebenfalls niedriger als bei den anderen perrotatorischen Testreihen beider Kollektive, die hier alle eine Schlagzahl von ungefähr 58 aufweisen (siehe Abbildung 3.5 auf Seite 32).

Der Postrotatorius ist im Mittel nach rechts generell bei dem Kollektiv 0022 er-

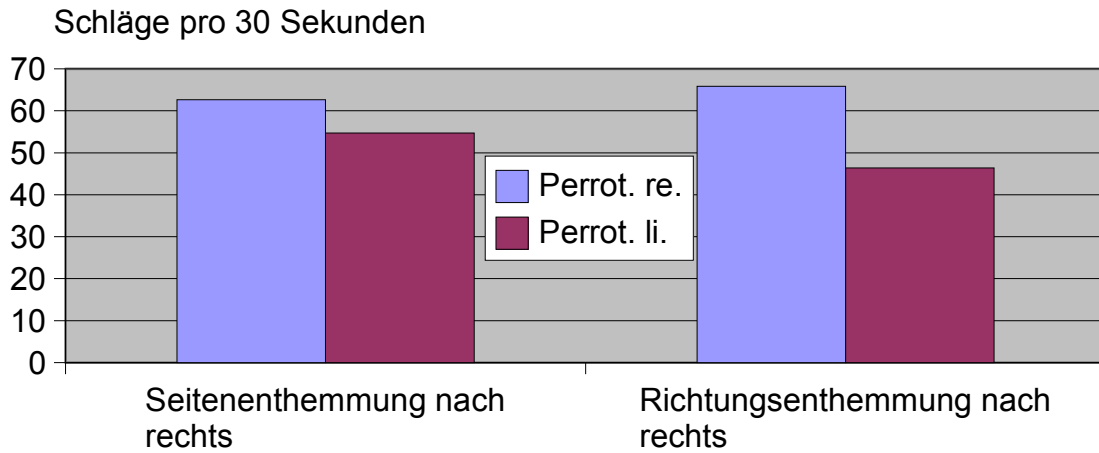


Abb. 3.5: Perrotatoriusvergleich bei Seiten- und Richtungsenthemmung nach rechts

höht. Beim Postrotatorius nach links dagegen sind bis auf die erste 5-Sekunden-Sequenz alle Werte der Gruppe 0220 erhöht.

Bei dem Kollektiv 0022 sind bei der angulären Deviation ($-11,7 \pm 70^\circ$) und dem Eigenspin ($-17,2 \pm 137,6^\circ$) beide Werte im negativen Bereich, die von 0220 dagegen im positiven. Die anguläre Deviation beträgt hier $+15,2 \pm 102,1^\circ$ der Eigenspin $+35,9 \pm 105,1^\circ$.

3.1.6 Vergleich 2200 und 2002

Die Patienten mit Seitenenthemmung nach rechts (2200) machen 24 % des Gesamtkollektivs aus, die mit Richtungsenthemmung nach rechts (2002) 30 %. Das Alter beträgt im Mittel $48,2 \pm 13,7$ Jahre bei 2200 und ist damit um 4,1 Jahre höher als bei 2002.

Beim Kollektiv 2200 sind die Vertigosymptome stets höher (75 % gegenüber 71,1 %). Hier sticht vor allem das Missverhältnis bei den Unsicherheitssymptomen hervor (63,9 % gegenüber 33,3 %, siehe Abbildung 3.6 auf Seite 33).

Die Anfallsdauer der SH-Gruppe ist vor allem bei den Minuten (27,8 % gegenüber 17,8 %), aber auch im Sekundenbereich erhöht (30,6 % gegenüber 26,7 %).

Die vegetativen Symptome sind hier nur leicht und nicht signifikant mit 0,5 % bei der SH-Gruppe erhöht.

Auffällig ist auch der überwiegend bei 2200 aufgetretene Hypertonus. Er be-

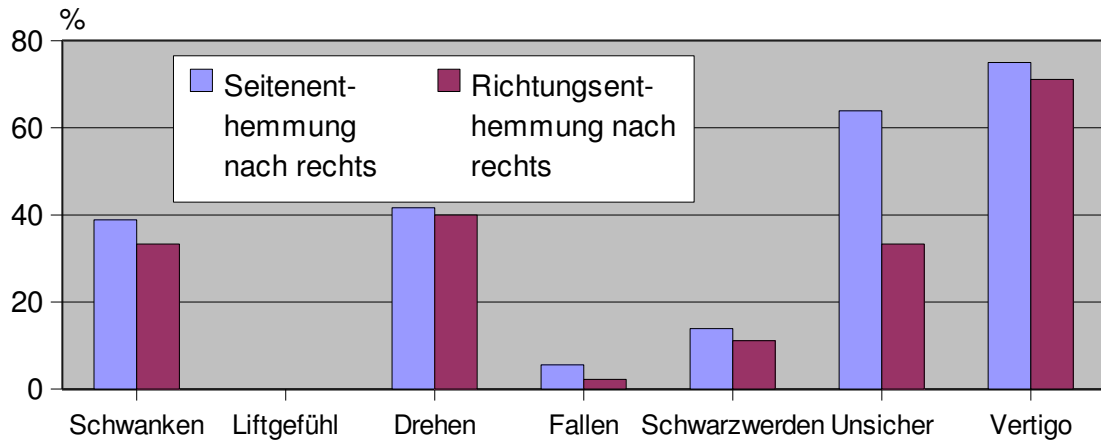


Abb. 3.6: Vertigovergleich von Richtungs- und Seitenenthemmung nach rechts

trägt mit 30,6 % gegenüber 11,1 % nahezu das dreifache (siehe Abbildung 3.7 auf Seite 33).

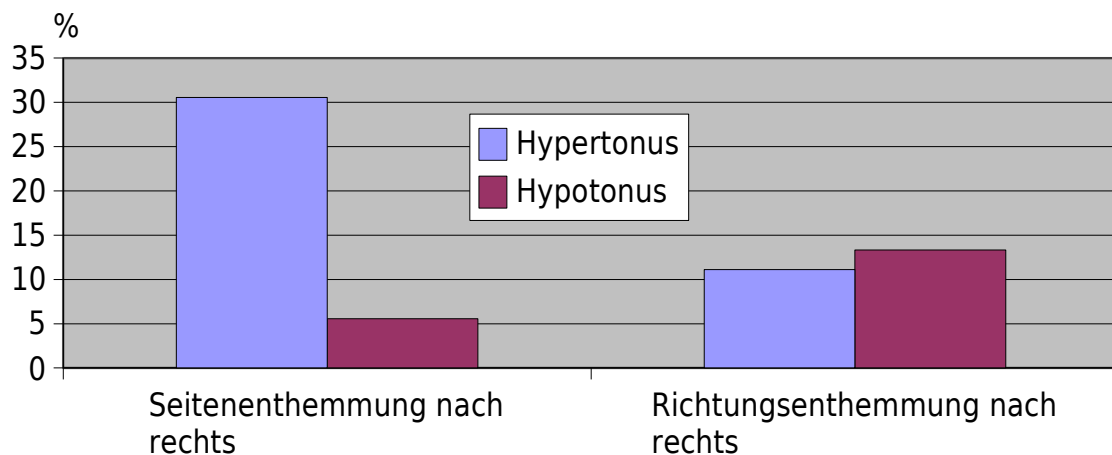


Abb. 3.7: Vergleich von Hypo- und Hypertonus bei Richtungs- und Seitenenthemmung nach rechts

Auch der Tinnitus ist bei 2200 erhöht (80,6 % gegenüber 68,9%).

Der Spontannystagmus rechts unterscheidet sich bei beiden Kollektiven nur geringfügig. Er beträgt $10,8 \pm 11,4$ bei 2200 und $12 \pm 10,7$ Schläge bei 2002 gegenüber $9,2 \pm 12,1$ und auffällig niedrigen $5,2 \pm 6,5$ Schlägen beim linken Spontannystagmus.

Die Amplitude des kalorischen Nystagmus ist bei 2002 immer erhöht. Der

Perrotatorius nach rechts hatte bei beiden Unterkollektiven eine erhöhte Schlagzahl. $62,6 \pm 18,6$ Schläge im Mittel bei 2200 und $65,8 \pm 14,4$ bei 2002 stehen $54,7 \pm 20,3$ und $46,4 \pm 15,7$ Schlägen des Perrotatorius nach links gegenüber.

Der Postrotatorius nach links war bei 2200 signifikant bei allen Werten erhöht. Der Postrotatorius nach rechts war dagegen bis auf die 5-Sekunden-Sequenz bei 2002 erhöht.

Die anguläre Deviation liegt bei beiden Gruppen im negativen Bereich, verstärkt allerdings bei der Richtungsenthemmung ($-26,6 \pm 75,9^\circ$ gegenüber $-4,3 \pm 69^\circ$). Beim Eigenspin verhält es sich ebenso ($-42,6 \pm 131,9^\circ$ gegenüber $-5,6 \pm 116,2^\circ$).

3.1.7 Unterkollektiv OKN 0–60 nach rechts

Es entstanden hier zwei kleine Datenkollektive unter dem Gesichtspunkt, dass der OKN nach rechts lediglich 0–60 Schläge beträgt. Es handelt sich um 6 (4%) richtungsenthemmte und 7 (4,6%) seitenenthemmte Patienten. Das Alter der Patienten war bei der Seitenenthemmung um 6,8 Jahre höher als bei der Richtungsenthemmung ($50,3 \pm 15,8$ gegenüber $57,1 \pm 11,3$ Jahre, siehe auch Abbildung 3.8 auf Seite 34).

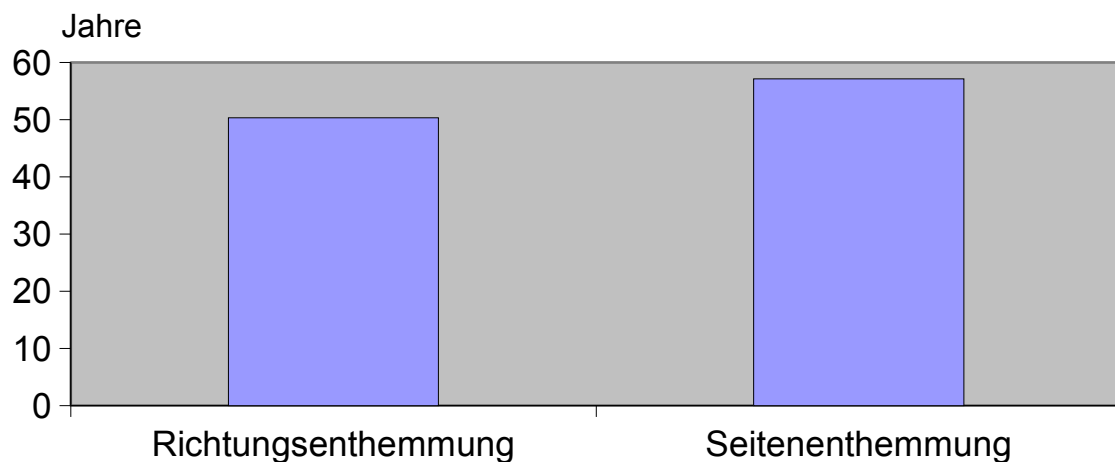


Abb. 3.8: Durchschnittsalter der Patienten im Unterkollektiv OKN nach rechts 0–60 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Bei den Vertigosymptomen ist immer ein deutliches Übergewicht bei der Seitenenthemmung bemerkbar. Dies fällt vor allem beim Drehgefühl auf. Kein Pa-

tient bei der Richtungsenthemmung (RH) klagte über dieses Symptom, bei der Seitenenthemmung (SH) dagegen 57,1 % (siehe Abbildung 3.9 auf Seite 35).

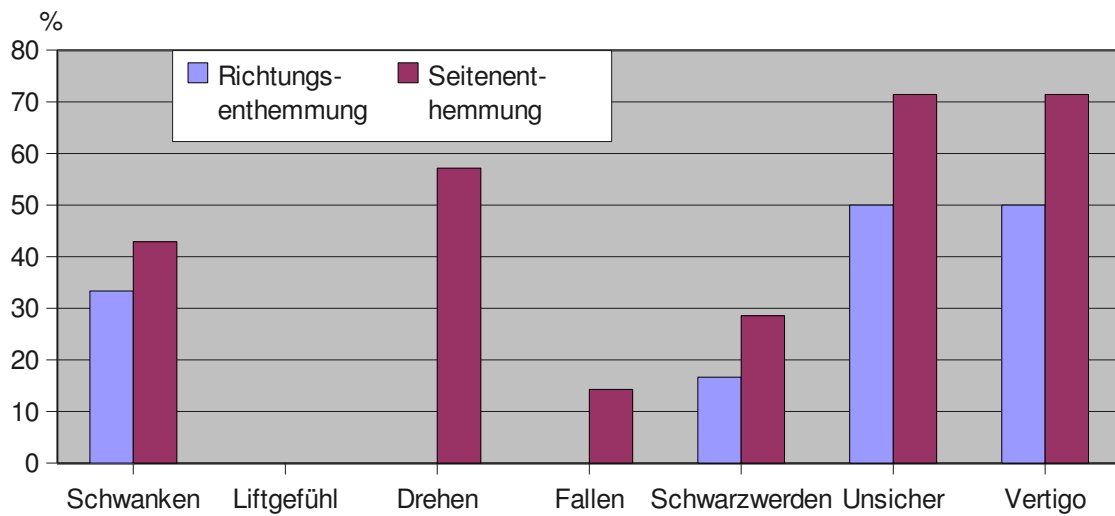


Abb. 3.9: Vertigovergleich des Unterkollektivs OKN nach rechts 0–60 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Auch bei der Anfallsdauer liegt die SH-Gruppe über der RH-Gruppe. Dies im Stunden, Minuten und vor allem im Sekundenbereich (SH=42,8 % gegenüber RH=0 %, siehe Abbildung 3.10 auf Seite 36). Andere Anfallsdauerarten wurden nicht angegeben.

Ein Tinnitus ist bei der RH-Gruppe bei ganzen 100 % vorhanden. Bei der SH-Gruppe liegt die Anzahl lediglich bei 85,7 %. Über eine Hörminderung klagten 50 % der RH-Gruppe und eine größere Anzahl von Patienten (71,4 %) bei der SH-Gruppe.

Eminent war der Unterschied im Hinblick auf den Hypertonus. Dieser beträgt bei der RH-Gruppe 14,2 % und ist damit bei der SH-Gruppe mit 33,3 % mehr als doppelt so hoch. An einem Hypotonus leidet dagegen in beiden Unterkollektiven kein Patient.

Die Werte des Spontannystagmus sind rechts wie links deutlich niedriger auf Seiten der RH-Gruppe (rechts: $12,4 \pm 11,3$ gegenüber $5,1 \pm 3,9$ sowie links $12,5 \pm 9,7$ gegenüber $6,3 \pm 7,9$ Schläge, siehe Abbildung 3.11 auf Seite 36).

Beim Postrotatorius nach links sind stets alle Werte der Seitenenthemmung erhöht.

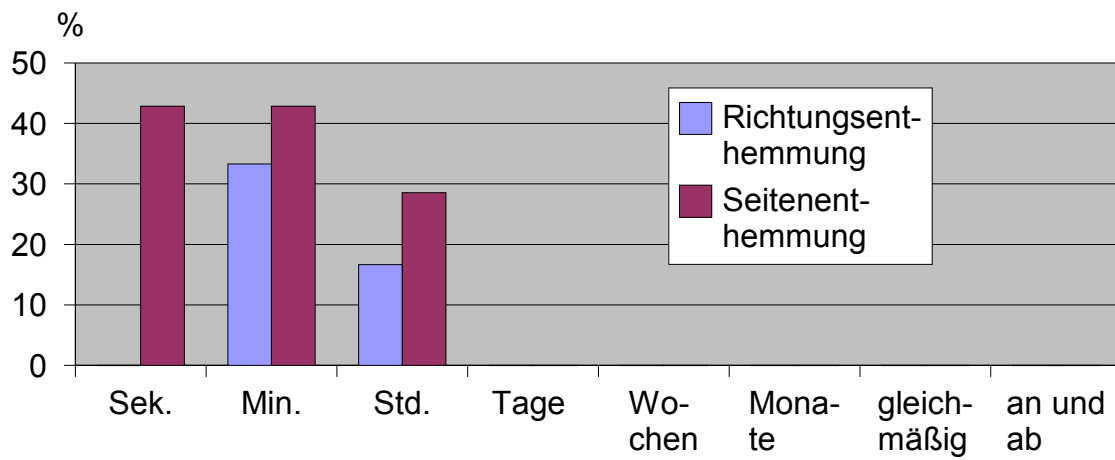


Abb. 3.10: Anfallsdauervergleich des Unterkollektivs OKN nach rechts 0–60 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

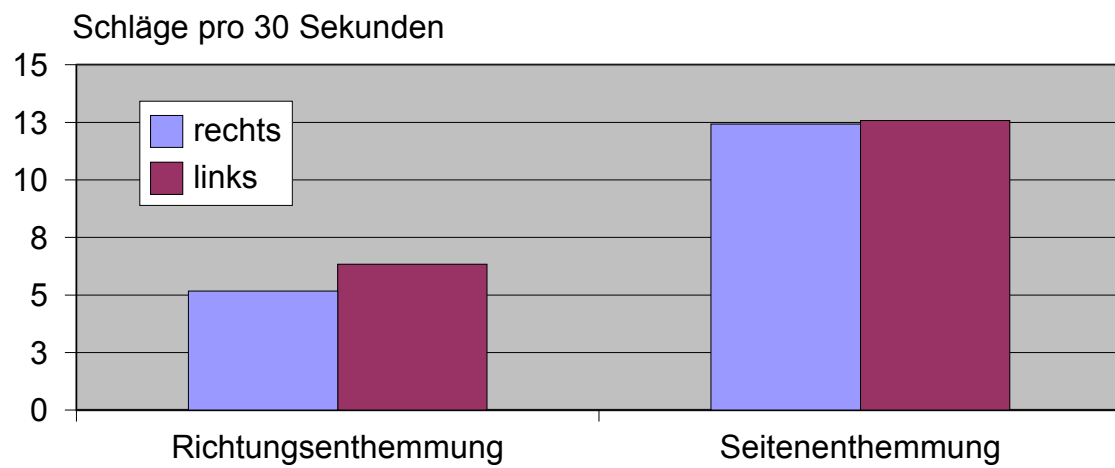


Abb. 3.11: Spontannystagmusvergleich des Unterkollektivs OKN nach rechts 0–60 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Eigenspin und Deviation liegen immer im negativen Bereich. Dabei hebt sich vor allem bei der Richtungsenthemmung der Eigenspin mit $-60^\circ \pm 77,2$ ab.

3.1.8 Unterkollektiv OKN über 60 nach rechts

Die Gruppe der Richtungsenthemmung (RH) besteht aus 68 Personen (45,3 %), die der Seitenenthemmung aus 53 Personen (35,3 %). Das Alter ist bei der SH-Gruppe um 4,9 Jahre höher als bei der RH-Gruppe (SH=50 \pm 12,3 gegenüber RH=45,1 \pm 14,3).

Die Vertigosymptomatik war wiederum bei der SH-Gruppe leicht, aber nicht wirklich signifikant erhöht (73,5 % gegenüber 69,1 %). Die Anfallsdauer ist ebenfalls bei der SH-Gruppe in den Rubriken Sekunden (32 % gegenüber 30,8 %), Minuten (20,7 % gegenüber 19,1 %) und Stunden (18,8 % gegenüber 14,7 %) erhöht.

Auch die vegetativen Symptome liegen bei der SH-Gruppe geringfügig höher (41,5 % gegenüber 38,2 %).

Ein Tinnitusübergewicht liegt ebenfalls auf Seiten der SH-Gruppe (77,3 % gegenüber 64,7 %).

Mit der Hörminderung verhält es sich in der gleichen Art und Weise (67,9 % gegenüber 58,8 %).

Der Hypertonus ist in diesem Fall bei der Seitenenthemmung deutlich erhöht im Vergleich zur Richtungsenthemmung (30,1 % gegenüber 16,1 %). Der Hypotonus zeigt bei der RH-Gruppe eine geringfügig größere Anzahl von Patienten (16,1 % gegenüber 11,3 %).

Bei der RH-Gruppe ist der Spontannystagmus rechts deutlich erhöht. Dieser beträgt bei der RH-Gruppe 9,1 \pm 10,1, bei der SH-Gruppe dagegen nur 6,4 \pm 6,6 Schläge. Die Amplituden bei der Kalorisation der RH-Gruppe sind immer höher (RH=61,4 \pm 25,5 μ V bei 44 °C rechts, 60 \pm 27,6 μ V bei 30 °C rechts, 56 \pm 26,5 μ V bei 44 °C links und 65 \pm 29,2 μ V bei 30 °C links). Die Werte der SH-Gruppe waren mit 52 \pm 21,3 μ V, 49,4 \pm 22,3 μ V, 49,4 \pm 22 μ V und 50,9 \pm 23,6 μ V durchwegs niedriger.

Der Postrotatorius nach rechts und links war ausnahmslos bei der Seitenenthemmung erhöht. Der Perrotatorius nach links ist bei der RH-Gruppe (50,9 \pm 18,8) deutlich niedriger wie bei der SH-Gruppe (57,6 \pm 179).

Die anguläre Deviation ($-9,2 \pm 92,2^\circ$) und der Eigenspin ($-9,5 \pm 131,2^\circ$) lagen bei der Richtungsenthemmung klar im negativen Bereich. Die beiden Werte der Seitenenthemmung betragen dagegen $0 \pm 75,6^\circ$ und $0,5 \pm 138,3^\circ$.

3.1.9 Unterkollektiv OKN 0–60 nach links

Hier werden alle Patienten der Richtungsenthemmung (RH) mit denen der Seitenenthemmung (SH) verglichen, die einen OKN links von 0–60 Schlägen aufweisen. Das Alter ist bei der RH-Gruppe mit $42 \pm 11,2$ Jahren niedriger als bei der SH-Gruppe ($47,6 \pm 12,7$). Das Unterkollektiv der RH-Gruppe besteht aus 35 (23,3%), das der SH-Gruppe aus 25 Personen (16,6%).

Die Anfallsdauer zeigt sich in den Rubriken Sekunden und Minuten bei der Seitenenthemmung deutlich erhöht (44% gegenüber 25,7% und 32% gegenüber 22,8%). Bei Stunden und Tage andauernden Anfällen ist konträr dazu die Seitenenthemmung erniedrigt (12% gegenüber 17,1% und eher weniger signifikant 12% gegenüber 14,2%).

Tinnitus kommt häufiger bei der SH-Gruppe vor (88% gegenüber 71,4%).

Die Schlagzahl des Spontannystagmus ist rechts und links ebenfalls bei der SH-Gruppe größer (rechts $10,4 \pm 7,9$ gegenüber $8,3 \pm 9,4$ sowie links $10,5 \pm 8,9$ gegenüber $8 \pm 8,1$).

Die Amplitude ist außerdem bei der Richtungsenthemmung immer erhöht (siehe Abbildung 3.12 auf Seite 39).

Die Amplituden betragen rechts dabei $64,8 \mu\text{V} \pm 24,8$ gegenüber $52,4 \pm 16,9 \mu\text{V}$ (44°C rechts) und $70,2 \pm 30,7 \mu\text{V}$ gegenüber $54,8 \pm 18,9 \mu\text{V}$ (30°C rechts). Die Amplituden liegen links im Vergleich bei $62 \pm 28 \mu\text{V}$ gegenüber $51,2 \pm 14,5 \mu\text{V}$ (44°C links) und $68,5 \pm 29,9 \mu\text{V}$ gegenüber $52,8 \pm 18,3 \mu\text{V}$ (30°C links). Beim Postrotatorius sind ausnahmslos alle Schläge bei der Seitenenthemmung erhöht.

Der Perrotatorius nach links ist bei der RH-Gruppe erniedrigt ($54,3 \pm 14,6$ Schläge gegenüber $58,2 \pm 18,2$).

Der Eigenspin bewegt sich bei der SH-Gruppe deutlich im positiven, bei der RH-Gruppe dagegen im negativen Bereich ($52 \pm 119,5^\circ$ gegenüber $-10 \pm 124,5^\circ$). Bei der angulären Deviation verhält es sich ebenso (SH= $23,4 \pm 75,1^\circ$ und $-4,1 \pm 56,1^\circ$).

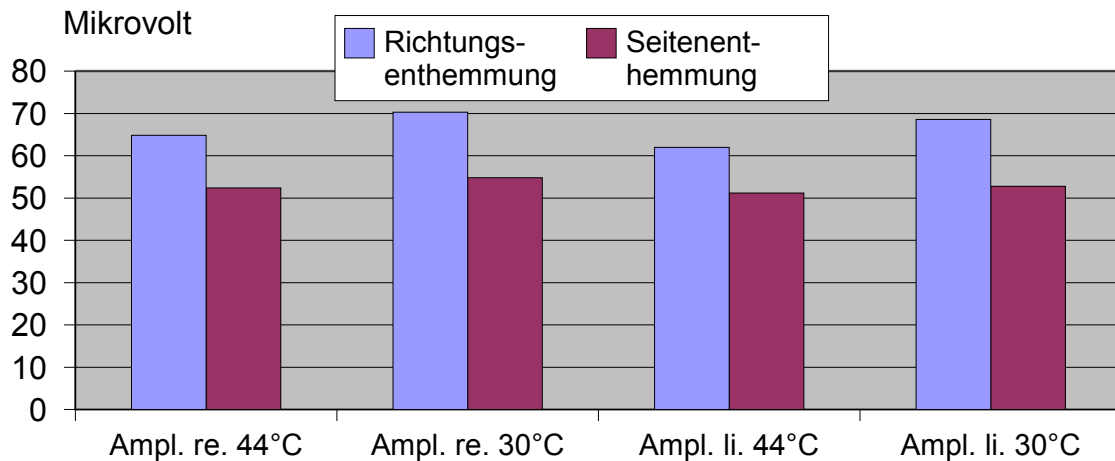


Abb. 3.12: Amplitudenvergleich des Unterkollektivs OKN nach links 0–60 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

3.1.10 Unterkollektiv OKN über 60 nach links

In diesem Unterkollektiv werden die Richtungsenthemmung (RH) und die Seitenenthemmung (SH) unter dem Aspekt OKN über 60 Schläge bei Linksdrehung untersucht. Es handelt sich um 39 Personen (26 %) bei der Richtungsenthemmung und 35 (23,3 %) bei der Seitenenthemmung. Das Alter ist bei der Seitenenthemmung um 4,4 Jahre höher als bei der Richtungsenthemmung ($53,1 \pm 11,8$ gegenüber $48,7 \pm 16,2$ Jahre). Bei den Vertigosymptomen liegt ein leichtes Übergewicht auf der Seite der SH-Gruppe (71,4 % gegenüber 64,1 %). Ebenso verhält es sich bei den vegetativen Symptomen (42,8 % gegenüber 35,8 %). Die Anfallsdauer ist bei der Stundenrubrik ebenfalls bei der SH-Gruppe um mehr als das Doppelte erhöht (25,7 % gegenüber 12,8 %).

Auch die große Anzahl an Hypertonikern ist bei der SH-Gruppe auffällig (SH=37,1 % gegenüber RH=20,5 %). Der Hypotonus dagegen ist deutlich um fast das dreifache bei der RH-Gruppe höher (RH=15,3 % gegenüber SH=5,7 %).

Der Spontannystagmus ist rechts bei der RH-Gruppe zweimal so hoch wie bei der SH-Gruppe ($9,2 \pm 10,2$ Schläge gegenüber $4,8 \pm 6,22$). Die bei der Kalorik auftretende Kumulation zeigt durchgehend bei allen Werten eine Erhöhung bei der Seitenenthemmung. Die Warmspülung beträgt hier rechts $69 \pm 15,1 \mu\text{V}$ gegenüber $67,8 \pm 13,5 \mu\text{V}$ und links $71,2 \pm 15,9 \mu\text{V}$ gegenüber $65,7 \pm 12 \mu\text{V}$. Die Kaltspülung beträgt rechts $69,2 \pm 17,8 \mu\text{V}$ gegenüber $66 \pm 11,1 \mu\text{V}$ und links

$68,2 \pm 19,8 \mu\text{V}$ gegenüber $66 \pm 14,1 \mu\text{V}$. Die Amplitude dagegen ist durchgehend bei der Richtungsenthemmung erhöht (RH= $58,4 \pm 25,6 \mu\text{V}$ gegenüber SH= $52,3 \pm 22,5 \mu\text{V}$ bei 44°C rechts und RH= $51,5 \pm 20 \mu\text{V}$ gegenüber SH= $44,7 \pm 22,1 \mu\text{V}$ bei 30°C rechts sowie RH= $50,7 \pm 22,2 \mu\text{V}$ gegenüber SH= $49,7 \pm 25,2 \mu\text{V}$ bei 44°C links und RH= $62,5 \pm 26,7 \mu\text{V}$ gegenüber SH= $51,4 \pm 25,4 \mu\text{V}$ bei 30°C links).

Der Postrotatorius nach links zeigt sich ebenfalls stets bei der SH-Gruppe höher.

Der Eigenspin befindet sich mit $-40,4 \pm 135,6^\circ$ bei der SH-Gruppe und $-17,1 \pm 132,7^\circ$ bei der RH-Gruppe deutlich im negativen Bereich. Ebenso verhält es sich bei der angulären Deviation (RH= $-15,7 \pm 112,2^\circ$ und SH= $-21,8 \pm 69,3^\circ$).

3.1.11 Unterkollektiv OKAN rechts 0–10

Diese beiden Unterkollektive werden aus Patienten mit Richtungs- und Seitenenthemmung gebildet, die einen OKAN rechts von 0–10 Schlägen aufweisen. Es handelt sich um 17 (11,3 %) richtungs- und 18 (12 %) seitenenthemmte Personen, die hier miteinander verglichen werden. Das Alter der RH-Gruppe liegt um 6,8 Jahre unter dem der SH-Gruppe ($53,7 \pm 12,2$ gegenüber $46,9 \text{ Jahre} \pm 16,4$, siehe Abbildung 3.13 auf Seite 40).

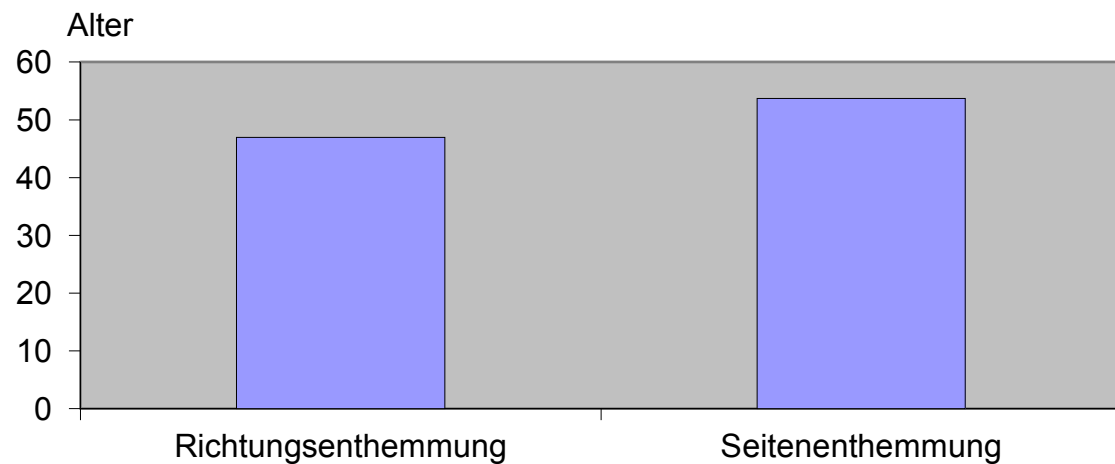


Abb. 3.13: Altersvergleich des Unterkollektivs OKAN nach rechts 0–10 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Vertigosymptome treten hier zahlreicher bei den seitenenthemmten Patienten (72,2 % gegenüber 64,7 %) auf. Die Anfallsdauer im Stundenbereich ist eben-

falls um das dreifache bei der Seitenenthemmung erhöht (33,3 % gegenüber 11,7 %). Die SH-Gruppe überwiegt auch mit 9,2 % bei den vegetativen Symptomen (44,4 % gegenüber 35,2 %, siehe Abbildung 3.14 auf Seite 41).

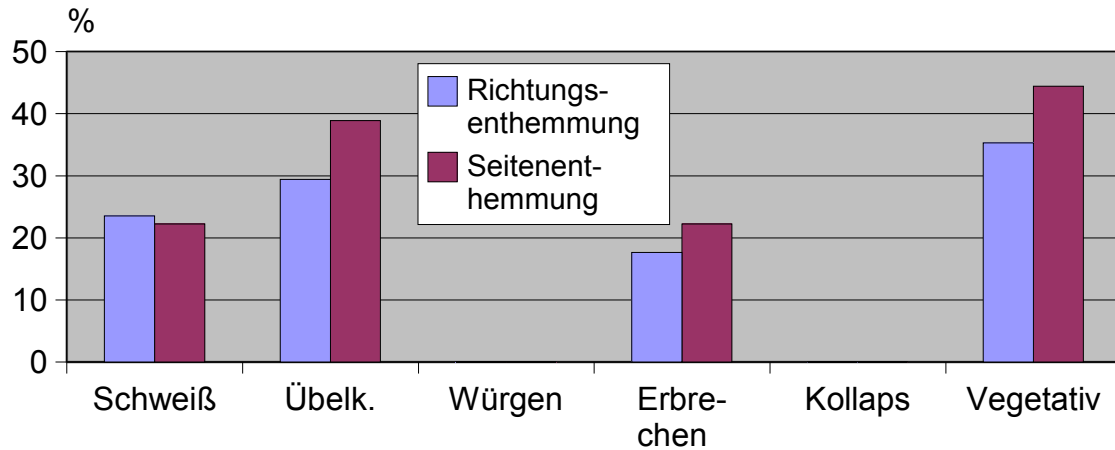


Abb. 3.14: Vegetativer Vergleich des Unterkollektivs OKAN nach rechts 0–10 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Sowohl Tinnitus als auch Hörminderung treten bei der SH-Gruppe signifikant häufiger auf. 88,8 % stehen hier 58,8 % mit Tinnitus gegenüber (siehe Abbildung 3.15 auf Seite 41).

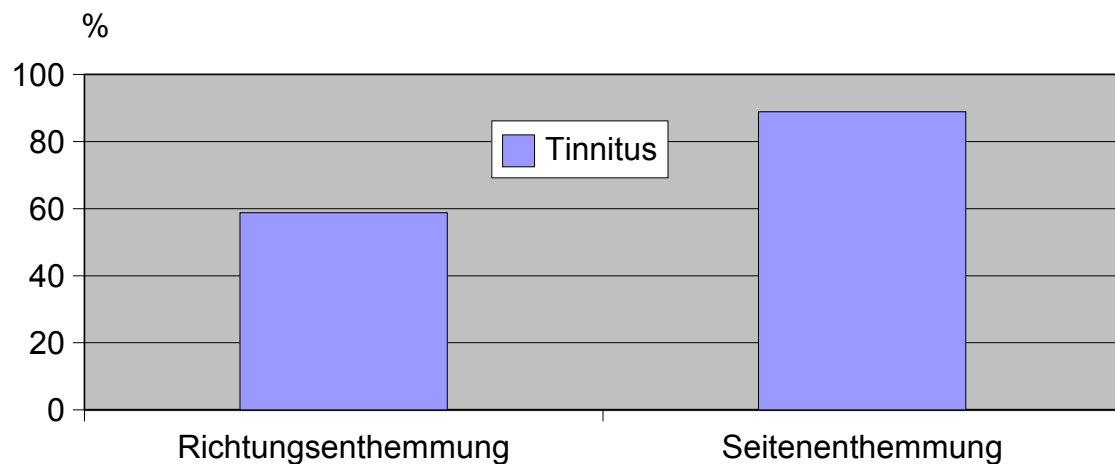


Abb. 3.15: Tinnitusvergleich des Unterkollektivs OKAN nach rechts 0–10 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Bei der Hörminderung liegt ein deutlicher Unterschied von 24,5 % vor (siehe

Abbildung 3.16 auf Seite 42).

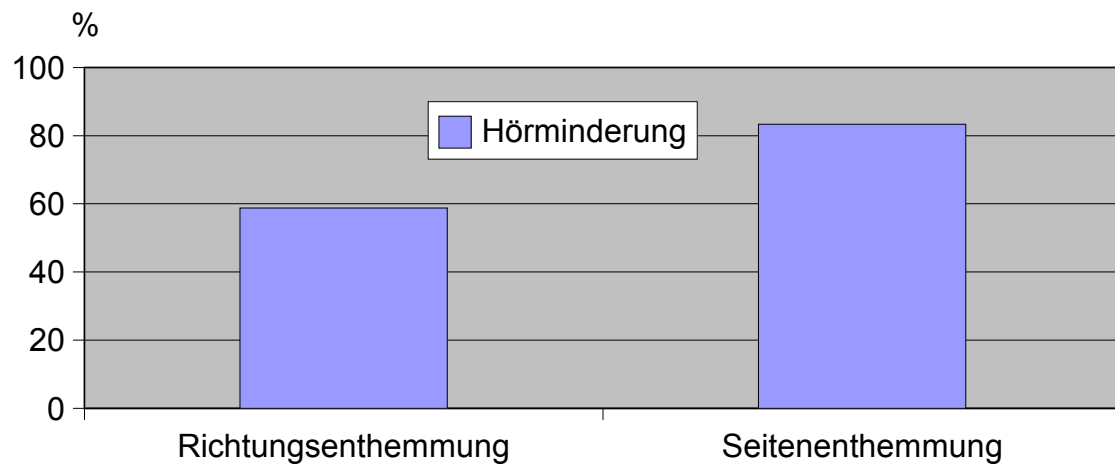


Abb. 3.16: Hörminderung im Vergleich des Unterkollektivs OKAN nach rechts 0–10 bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Auffällig war auch, dass kein Patient mit Richtungsenthemmung an einem Hypotonus leidet, dagegen 11,1 % bei der SH-Gruppe.

Die kalorische Amplitude dagegen ist immer bei der RH-Gruppe erhöht. Die Werte bei der Warmspülung betragen rechts $58,2 \pm 20 \mu\text{V}$ gegenüber $46,6 \pm 15,3 \mu\text{V}$ und links $50 \pm 15 \mu\text{V}$ gegenüber $46,6 \pm 21,6 \mu\text{V}$. Die Kaltspülung beträgt rechts $59,4 \pm 25,6 \mu\text{V}$ gegenüber $43,8 \pm 15,3 \mu\text{V}$ und links $58,2 \pm 23,5 \mu\text{V}$ gegenüber $49,4 \pm 14,3 \mu\text{V}$.

Die SH-Gruppe zeigt beim Perrotatorius nach rechts erniedrigte Werte ($51,7 \pm 23,3$ Schläge gegenüber $55,9 \pm 14$).

Die anguläre Deviation und der Eigenspin sind bei der RH-Gruppe stark im negativen Bereich ($-30,3 \pm 95,1^\circ$ und $-35,6 \pm 120,8^\circ$). Die Werte der SH-Gruppe betragen dagegen $0 \pm 34,4^\circ$ und $13,8 \pm 72,5^\circ$.

3.1.12 Unterkollektiv OKAN über 10 nach rechts

Diese Unterkollektive bestehen aus 57 (36 %) richtungsenthemmten und 42 (28 %) seitenenthemmten Patienten mit einem OKAN, der nach rechts über 10 Schläge beträgt. Das Alter beträgt bei der Seitenenthemmung (SH) $49,6 \pm 12,4$, bei der Richtungsenthemmung (RH) $45,1 \pm 13,9$ Jahre.

Die Vertigosymptome sind bei der SH-Gruppe allgemein erhöht (73,8 % gegenüber 68,4 %). Besonders sticht dabei die Unsicherheitssymptomatik hervor mit 54,7 % bei der SH-Gruppe und nur 31,5 % bei der RH-Gruppe. Auch die Anfallsdauer überwiegt bei der SH-Gruppe. Dies zeigt sich in der Sekunden- (35,7 % gegenüber 26,3 %) und Minutenrubrik (23,8 % gegenüber 21 %).

Ein Tonusvergleich zeigt, dass der Hypertonus bei der SH-Gruppe deutlich überwiegt (23,8 % gegenüber 12,2 %), der Hypotonus dagegen klar bei der RH-Gruppe (19,2 % gegenüber 9,5 %).

Die RH-Gruppe weist rechts beim Spontannystagmus eine erhöhte Schlagzahl auf ($10,7 \pm 10,4$ gegenüber $8,5 \pm 8,1$).

Die kalorische Kumulation ist durchgehend bei der SH-Gruppe erhöht. Rechts betragen die Werte hier $69,7 \pm 14,8 \mu\text{V}$ gegenüber $68,8 \pm 13,7 \mu\text{V}$ bei 44°C und $67,8 \pm 16,2 \mu\text{V}$ gegenüber $67,1 \pm 12,2 \mu\text{V}$ bei 30°C . Bei Linksspülung liegen diese bei 44°C Warmspülung bei $69 \pm 15,9 \mu\text{V}$ gegenüber $68,5 \pm 14,2 \mu\text{V}$ sowie bei 30°C Kaltspülung bei $67,8 \pm 17,8 \mu\text{V}$ im Unterschied zu $66,4 \pm 12,5 \mu\text{V}$. Die Amplitude ist dagegen ausnahmslos bei der RH-Gruppe erhöht (RH= $62,4 \pm 26,7 \mu\text{V}$ und SH= $54,8 \pm 21,6 \mu\text{V}$ bei 44°C , RH= $60,7 \pm 27,8 \mu\text{V}$ und SH= $51,2 \pm 23,2 \mu\text{V}$ bei 30°C sowie RH= $57,8 \pm 27,8 \mu\text{V}$ und SH= $51,9 \pm 21,1 \mu\text{V}$ bei 44°C links und RH= $67,5 \pm 29,3 \mu\text{V}$ und SH= $53,1 \pm 25,4 \mu\text{V}$ bei 30°C . Der Postrotatorius ist durchgängig bei der SH-Gruppe erhöht.

Eigenspin (RH= $-7,5 \pm 130,3^\circ$ und SH= $-8,6 \pm 156^\circ$) sowie die anguläre Deviation (RH= $-4,5 \pm 87,8^\circ$ und SH= $-4,2 \pm 86,7^\circ$) liegen klar im negativen Bereich.

3.1.13 Unterkollektiv OKAN 0–10 nach links

Dieses Unterkollektiv besteht aus 51 (34 %) richtungsenthemmten und lediglich 37 (24,6 %) seitenenthemmten Patienten, deren Wert für den OKAN nach links 10 Schläge nicht überschreitet. Das Alter ist bei der Seitenenthemmung (SH) um 8,3 Jahre höher als bei der Richtungsenthemmung ($53,5 \pm 12,1$ gegenüber $45,3 \pm 14$ Jahre, siehe Abbildung 3.17 auf Seite 44). Die Anfallsdauer zeigt sich vor allem im Sekundenbereich (37,8 % gegenüber 31,3 %), aber auch leicht im Stundenbereich (18,9 % gegenüber 15,6 %) bei der SH-Gruppe erhöht. Die Tagesrubrik dagegen sticht deutlich bei der RH-Gruppe hervor (15,6 % gegenüber 8,1 %).

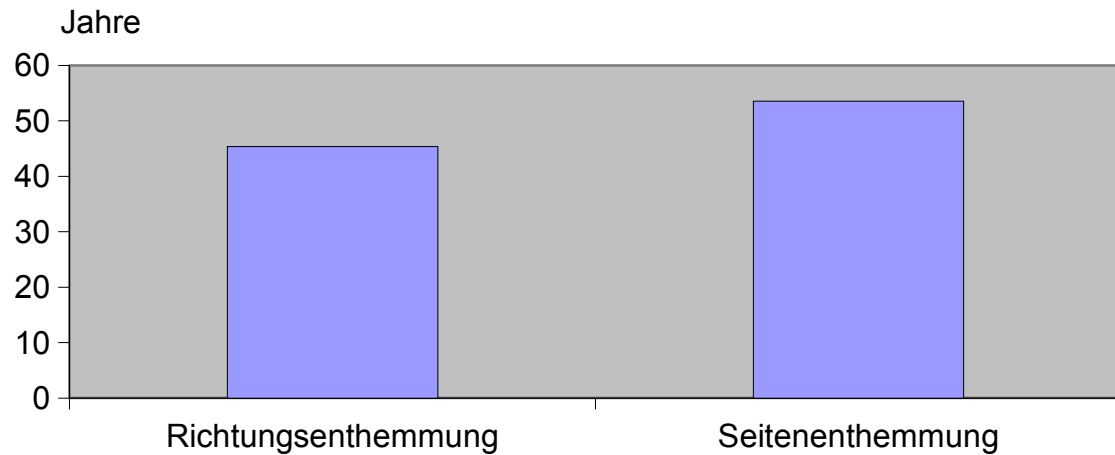


Abb. 3.17: Durchschnittsalter der Patienten des Unterkollektivs OKAN 0–10 nach links bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Die vegetativen Symptome zeigen sich mit 43,2 % gegenüber 39,2 % bei der SH-Gruppe leicht erhöht.

Der Tinnitus zeigt sich vor allem auf Seiten der SH-Gruppe signifikant erhöht (89,1 % gegenüber 64,7 %). Die Werte der Hörminderung heben sich bei dieser Gruppe allerdings nur leicht ab (67,5 % gegenüber 54,9 %).

Besonders viele Patienten leiden bei der SH-Gruppe mit 29,7 % unter einem Hypertonus. Die RH-Gruppe weist dagegen nur 17,6 % Hypertoniker auf.

Der Postrotatorius nach links ist bei der Seitenenthemmung durchgängig erhöht.

Die Amplitude bei der Kalorisation ist stets bei der RH-Gruppe erhöht. Die Werte lagen hier bei der 44 °C Warmspülung rechts bei $59 \pm 23,9 \mu\text{V}$ gegenüber $51,3 \pm 21,7 \mu\text{V}$ und links bei $53,7 \pm 25,2 \mu\text{V}$ gegenüber $50 \pm 19,2 \mu\text{V}$. Bei der Kaltspülung mit 30 °C liegen die Werte rechts bei $60,9 \pm 27,9 \mu\text{V}$ gegenüber $50,5 \pm 22,2 \mu\text{V}$ und links bei $63,7 \pm 28,6 \mu\text{V}$ gegenüber $53,5 \pm 24,5 \mu\text{V}$.

Der Eigenspin und die anguläre Deviation zeigen konträre Werte. Die anguläre Deviation liegt bei der RH-Gruppe klar im negativen ($-11 \pm 76,1^\circ$), bei der SH-Gruppe deutlich im positiven Bereich ($1,6 \pm 81,8^\circ$). Mit dem Eigenspin verhält es sich ebenso ($-13,6 \pm 132,6^\circ$ gegenüber $8,2 \pm 141^\circ$).

3.1.14 Unterkollektiv OKAN über 10 nach links

Bei diesem Unterkollektiv handelt es sich um jeweils 23 (15,3 %) Personen der Richtungsenthemmung (RH) und Seitenenthemmung (SH), die einen OKAN links über 10 Schläge aufweisen. Das Alter beträgt bei der RH-Gruppe $46 \pm 15,5$, bei der SH-Gruppe $46,6 \pm 11,8$ Jahre. Es besteht also lediglich eine Differenz von 0,6 Jahren.

Vertigosymptome waren bei der SH-Gruppe deutlich erhöht (73,9 % gegenüber 47,8 %). Ebenso verhält es sich bei der Anfallsdauer. Hier vor allem in den Rubriken Sekunden (26 % gegenüber 21,7 %), Minuten (21,7 % gegenüber 13 %) und Stunden (21,7 % gegenüber 13 %).

Die Anzahl der Hypertoniker war mit 26 % bei der SH-Gruppe deutlich erhöht. Die RH-Gruppe weist hier nur 17,3 % auf. Konträr dazu kommt der Hypotonus bei der RH-Gruppe deutlich, um fast das doppelte häufiger vor (17,3 % gegenüber 8,6 %).

Die kalorische Kumulation der SH-Gruppe liegt bei allen Werten deutlich über der RH-Gruppe. Die Warmspülung mit 44°C liegt dabei rechts bei $68 \pm 16 \mu\text{V}$ gegenüber $67,1 \pm 13,1 \mu\text{V}$ und links bei $73,2 \pm 16,1 \mu\text{V}$ gegenüber $68 \pm 12,5 \mu\text{V}$. Die Kaltspülung mit 30°C zeigt sich rechts mit $71,5 \pm 18,9 \mu\text{V}$ gegenüber $66,7 \pm 10,7 \mu\text{V}$ und links mit $72,3 \pm 18,1 \mu\text{V}$ gegenüber $64,1 \pm 9,4 \mu\text{V}$. Genau konträr verhält es sich bei der Amplitude (siehe Abbildung 3.18 auf Seite 45).

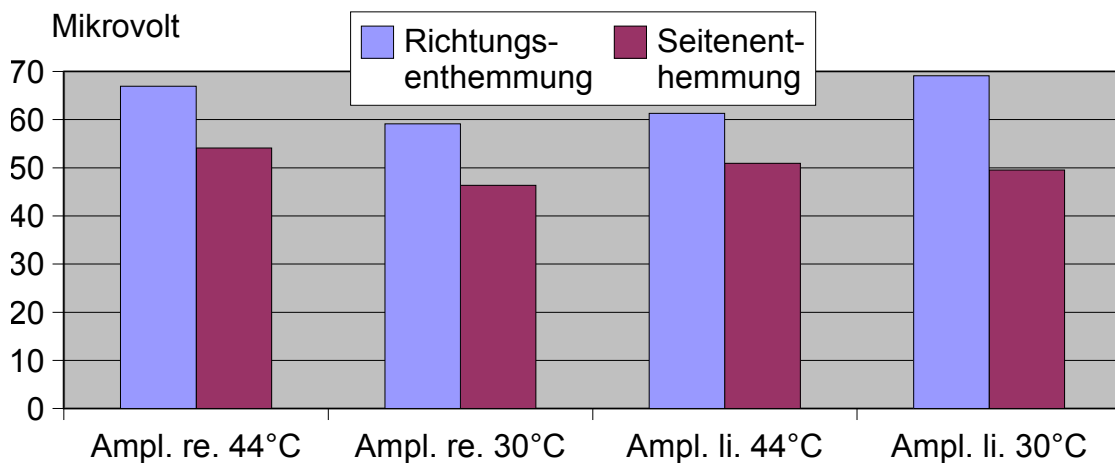


Abb. 3.18: Amplitudenvergleich des Unterkollektivs OKAN über 10 nach links bei Richtungs- und Seitenenthemmung

Hier zeigen sich alle Werte der RH-Gruppe erhöht. Bei der Warmspülung mit 44 °C lassen sich dabei rechts $66,9 \pm 27,8 \mu\text{V}$ gegenüber $54 \pm 17,6 \mu\text{V}$ und links $61,3 \pm 26,1 \mu\text{V}$ gegenüber $50,9 \pm 24,6 \mu\text{V}$ differenzieren. Bei der Kaltspülung mit 30 °C zeigen sich $59,1 \pm 25,9 \mu\text{V}$ gegenüber $46,3 \pm 19,8 \mu\text{V}$ und $69,1 \pm 27,6 \mu\text{V}$ gegenüber $49,5 \pm 19,1 \mu\text{V}$.

Der Perrotatorius nach links ($63 \pm 15,2$ Schläge gegenüber $56,4 \pm 18,6$) und nach rechts ($64,6 \pm 19,3$ Schläge gegenüber $59 \pm 14,8$) ist wiederum bei der SH-Gruppe in seiner Schlagzahl deutlich höher. Auch der Postrotatorius nach links ist bei der SH-Gruppe durchgehend erhöht.

Eigenspin und Deviation befinden sich beide deutlich im negativen Bereich. Die anguläre Deviation zeigt sich bei der SH-Gruppe mit $-10,4 \pm 62,5^\circ$ und der RH-Gruppe mit $-8,2 \pm 115,2^\circ$ jeweils im negativen Bereich. Der Eigenspin ist noch deutlicher im negativen Bereich. Die RH-Gruppe beträgt hier $-13,9 \pm 120,3^\circ$ die SH-Gruppe $-18,2 \pm 129,2^\circ$.

3.2 Kasuistische Ergebnisse

3.2.1 Fall 1: Patient mit Seitenenthemmung nach rechts

Herr K., 63 Jahre, Kfz. Schlosser in Rente, Größe 174 cm, Gewicht 76 kg

Beschwerden:

Der Patient leidet unter einer Sehstörung. Die Unschärfe wird mit einer Nah-Fernbrille ausgeglichen. Schon immer ist bei dem Patienten die Nasenatmung behindert. Diese Hyposmie sollte mit einer Septum-OP behoben werden. Beidseits beklagt der Patient Ohrensausen und eine Hörminderung, was sich vor allem am rechten Ohr bemerkbar macht. Außerdem wurde ein Diabetes mellitus diagnostiziert.

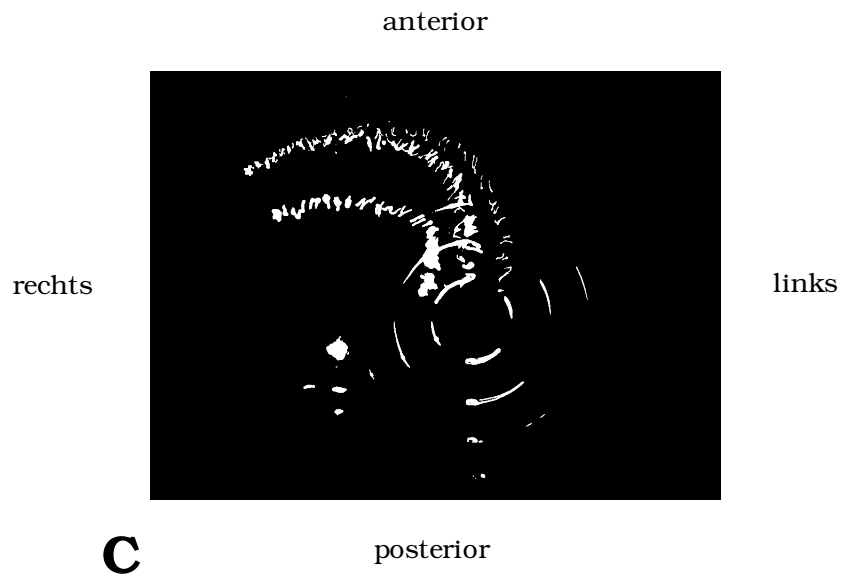
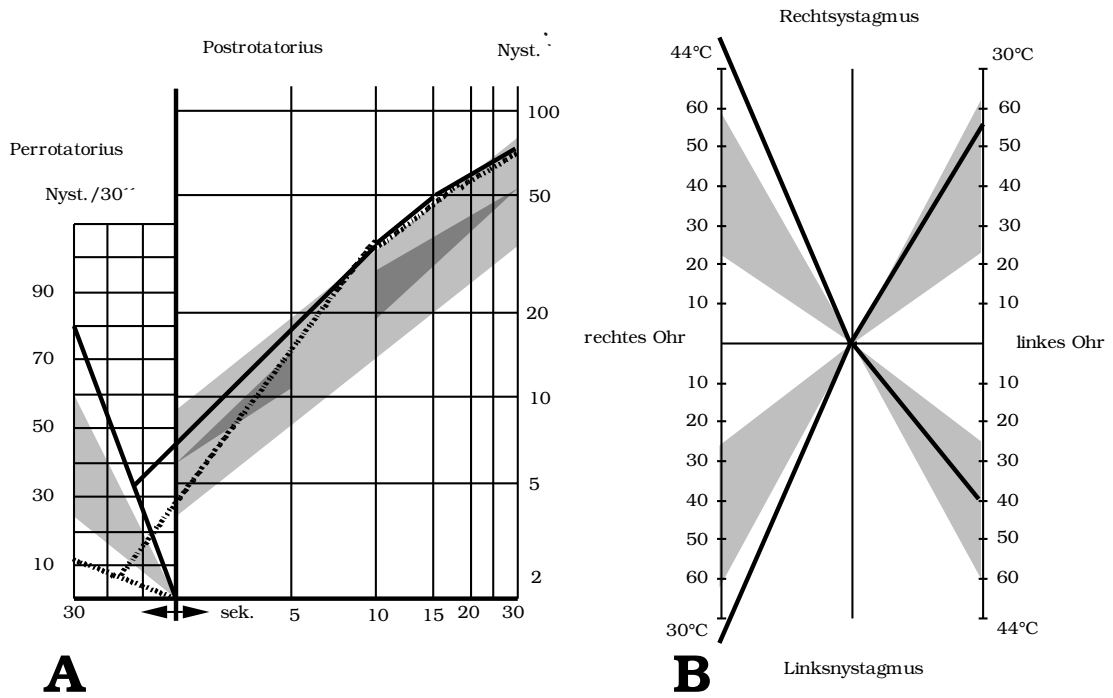
Ergebnisse der neurootologischen Untersuchungen:

Beim thermischen Vestibularistest wird eine Seitenenthemmung nach rechts festgestellt. Der Perrotatorius bei Rechtsdrehung ist enthemmt, bei Linksdrehung gehemmt. Es liegt kein Spontannystagmus vor. Die Blickpendelfolge ist ohne Besonderheiten. Beim VRRSV liegt links ein vestibuläres Decruitment vor. Die optokinetische Augenbewegung ist normal. Im Tret-CCG zeigt sich eine deutliche Rechtsabweichung.

Diagnose:

Hinweise auf rechtsseitigen peripheren Reizzustand.

Fall 1, K. S., 63 Jahre, männlich



3.2.2 Fall 2: Patient mit Richtungsenthemmung nach links

Herr E., 38 Jahre, Tanklastzugfahrer, Größe 195 cm, Gewicht 80 kg

Beschwerden:

Der Patient hatte vor circa 3 Wochen einen Hörsturz links. Ohrensausen sowie eine Hörminderung bestehen seitdem am linken Ohr.

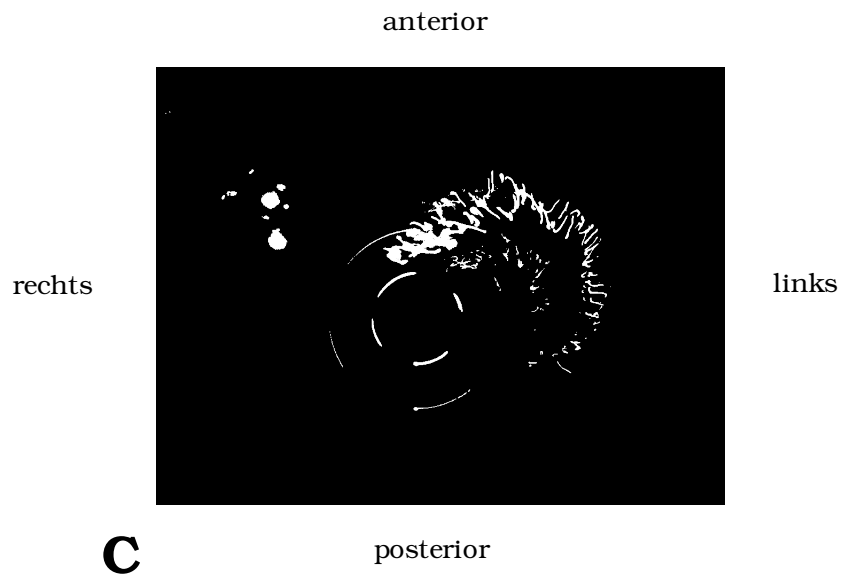
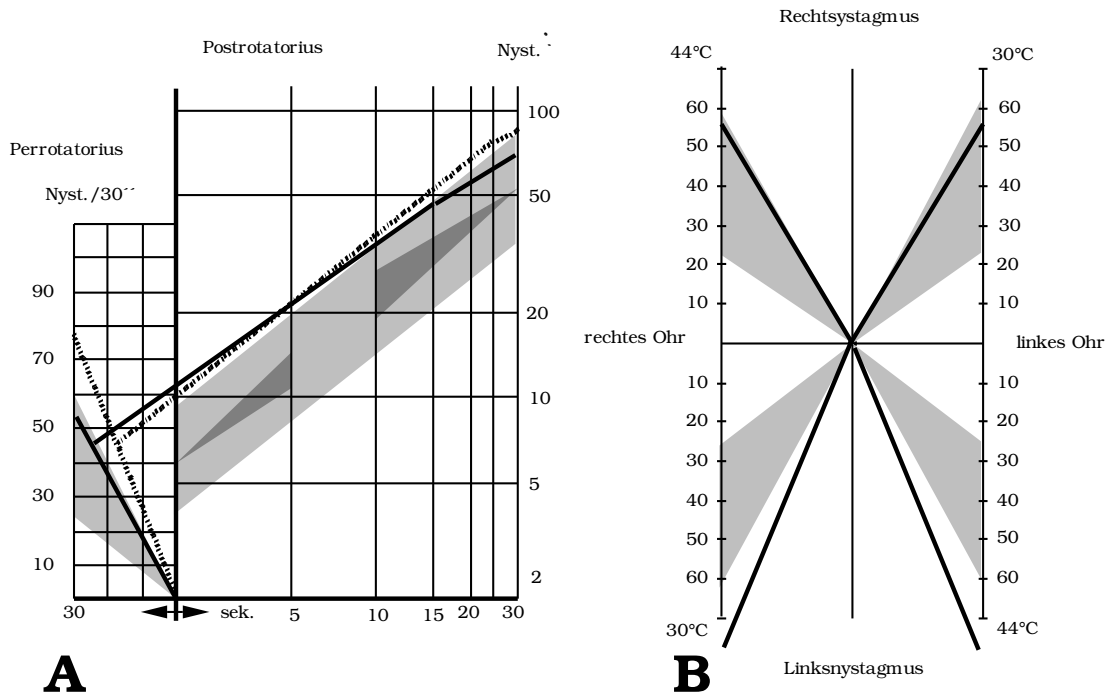
Ergebnisse der neurootologischen Untersuchungen:

Herr E. zeigt bei der Kalorisation erhöhte Werte bei der Kaltspülung rechts und der Warmspülung links sowie normale Werte bei der Warmspülung rechts und der Kaltspülung links. Es liegt also eine Richtungsenthemmung nach links vor mit abwärtsschlägiger Vertikalkomponente. Der per- und postrotatorische Nystagmus ist ebenfalls nach links enthemmt sowie der optokinetische Afternystagmus in Drehrichtung. Das Tret-CCG zeigt eine deutliche Linksabweichung. Die Blickpendelfolge ist ohne Besonderheiten. Es liegt kein Spontannystagmus vor.

Diagnose:

Zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörung, Störung des zentralen Nystagmusgenerators, Linksnystagmusüberwiegen.

Fall 2, E. M., 37 Jahre, männlich



3.2.3 Fall 3: Patientin mit Seitenenthemmung nach links

Frau C., 50 Jahre, Lehrerin, Größe 180 cm, Gewicht 76 kg

Beschwerden:

Die Patientin leidet zunächst an hämmernden und jetzt rauschenden Ohrsymptomen. Dieser Zustand ist nach psychotherapeutischer Behandlung rückläufig. Vor 2 Jahren begab sie sich in neurologische Behandlung wegen eines Tremors der Hände, welcher sich mittlerweile gebessert hat. Der Blutdruck der Patientin ist leicht hypoton.

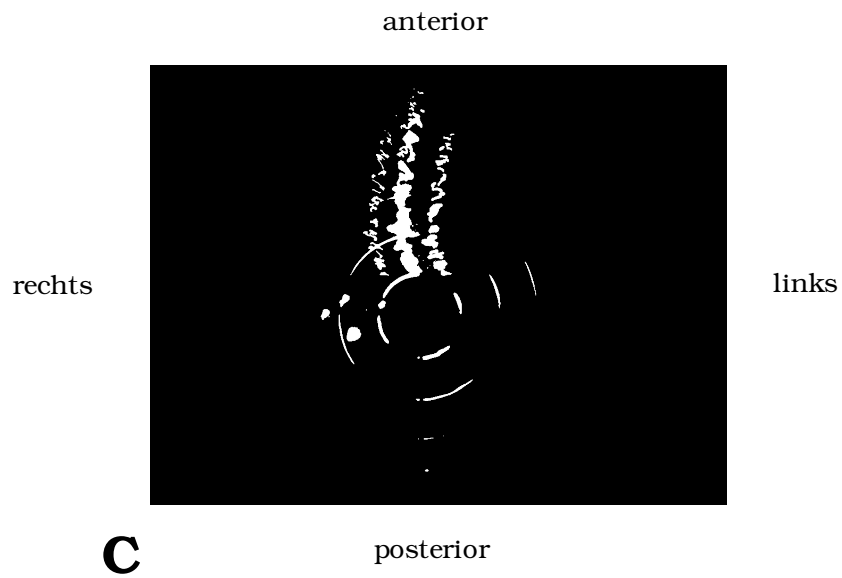
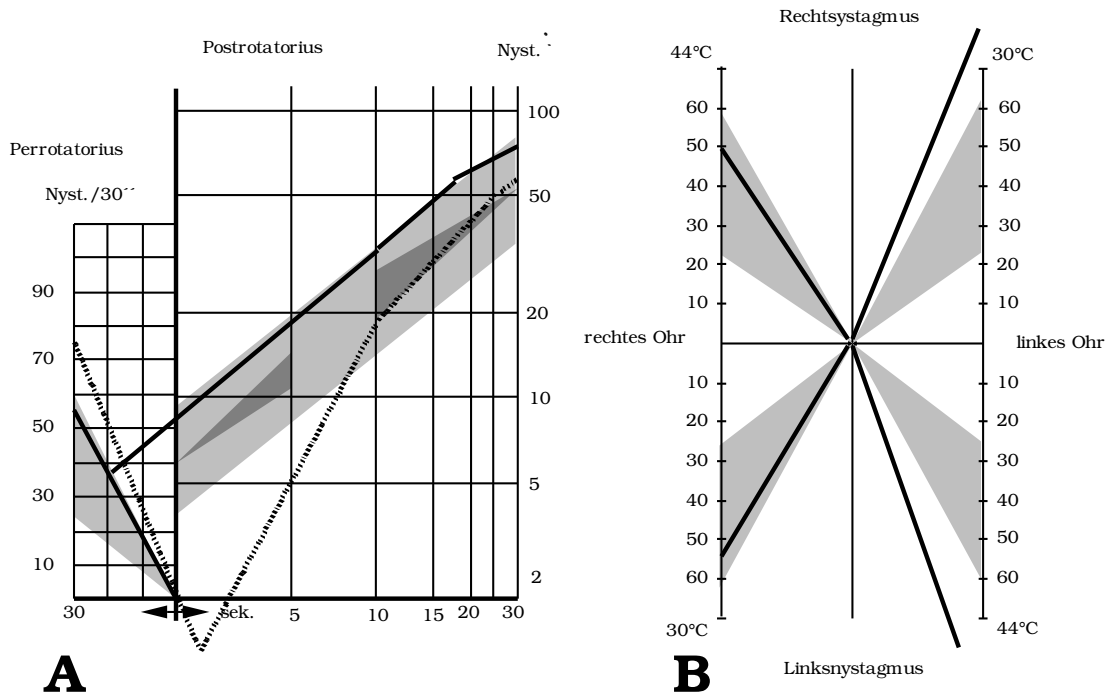
Ergebnisse der neurootologischen Untersuchung:

Frau K. zeigt stark enthemmte kalorische Nystagmusreaktionen am linken Ohr bei den Spülungen mit 30° und 44° Celsius. Der Perrotatorius ist bei Linksdrehung enthemmt. Auch der optokinetische Afternystagmus ist bei Linksdrehung enthemmt. Auf dem CCG sind die Ergebnisse des UNTERBERGERSchen Treversuchs und des Stehversuchs nach ROMBERG ohne pathologischen Befund. Die Blickpendelfolge ist ohne Besonderheiten. Es liegt kein Spontannystagmus vor.

Diagnose:

Zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörung, zentrales Hemmungsdefizit.

Fall 3, C. A., 50 Jahre, weiblich



3.2.4 Fall 4: Patient mit Richtungsenthemmung nach rechts

Frau H., 37 Jahre, Köchin in der Mission, Größe 180 cm, Gewicht 70 kg

Beschwerden:

Seit Monaten leidet die Patientin unter 1–2 Sekunden andauerndem Schwindel und seltener Unsicherheit. Schwindelauslöser sind hierbei das Kopfdrehen, Aufstehen und Bücken. Außerdem leidet die Patientin an einer Sehstörung mit Unschärfe, die mit einer Fernbrille gegen Kurzsichtigkeit ausgeglichen wird.

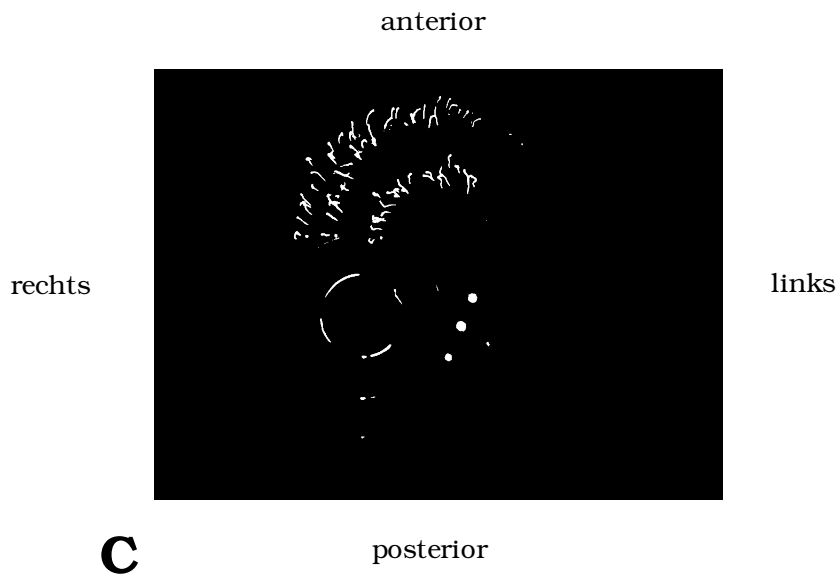
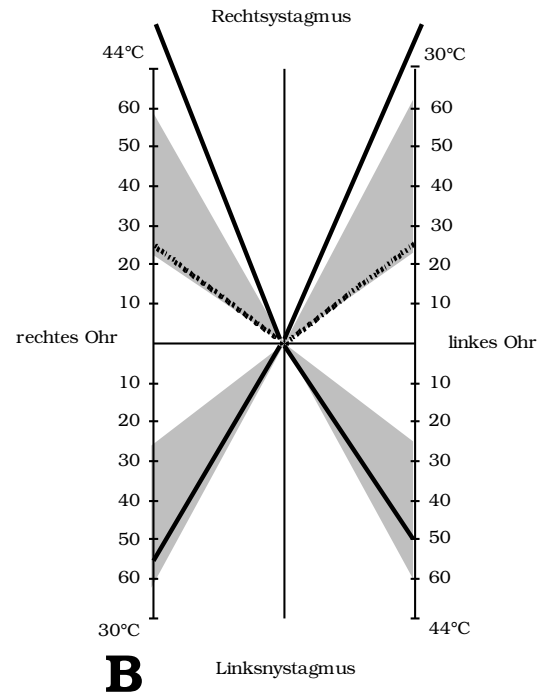
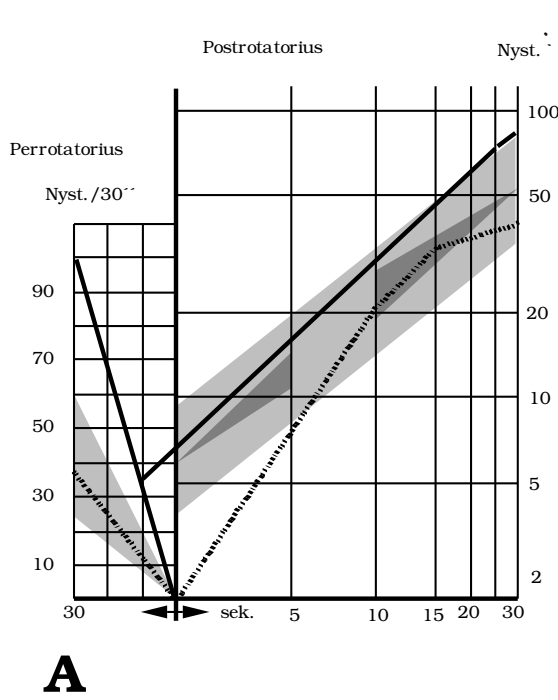
Ergebnisse der neurootologischen Untersuchungen:

Bei der kalorischen und rotatorischen Vestibularisprüfung wird eine Richtungsenthemmung nach rechts diagnostiziert. Auch der Spontannystagmus ist deutlich rechtsschlägig sowie der opto-kinetische Afternystagmus nach rechts stark enthemmt. Die Blickpendelfolge ist ohne Besonderheiten. Das Tret-CCG zeigt eine deutliche Linksabweichung.

Diagnose:

Zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörung, Überwiegen des Rechtsnystagmus, Störung der zentralen Nystagmusgenerierung.

Fall 4, H. A., 38 Jahre, weiblich



4 Diskussion

4.1 **Moderne neuroanatomische Aspekte der vestibulo-okulären Gleichgewichtsreaktion**

Die neuronale vestibuläre Verknüpfung ist eine der ältesten zentral-nervösen Reflexbahnen. Diese hat für das Gleichgewicht eine stabilisierende Funktion, vor allem bei höheren Lebensformen.

Säugetiere haben dabei zwei verschiedene Sinnesorgane, die für die Gleichgewichtsempfindung verantwortlich sind: Die Cupula und die Macula. Diese liegen zusammen mit dem Hörorgan in der Felsenbeinpyramide des Os temporale. In dieser liegt, den knöchernen Anteilen konform, das in sich geschlossene, häutige, membranöse Labyrinth. Das Labyrinth entwickelte sich aus Teilen der Haut, genauer gesagt aus dem lateralen Ektoderm, in der frühen Phase der embryonalen Entwicklung. Der endolymphatische Raum entstand also ursprünglich aus den äußeren Anteilen des Organismus. Im evolutionären Verlauf stellte es sich dann allerdings als vorteilhaft heraus einen abgeschlossenen, abgekapselten endolymphatischen Raum im Innenohr auszubilden. So war es möglich, konstante ionale Zusammensetzungen der Endolymphe sicherzustellen. Aber auch die Zilienbewegung konnte dadurch gerichteter und präziser werden. Mit dem Übergang vom Meer- zum Landleben haben die Wirbeltiere schließlich den Mittelohrapparat entwickelt. Durch die nun nach und nach ausgebildeten Orientierungsreaktionen konnten sich diese mobilen Tiere trotz der zugenommenen Schwerkraft kontrolliert fortbewegen.

Das Labyrinth endet blind mit der apikalen Cochleawindung. Es ist nach außen zum knöchernen Felsenbein mit 12–16 mm³ Perilymphe umgeben und über Bindegewebszüge an diesem fixiert. Innen befindet sich, zu Cupula und Macula gewandt, 3–5 mm³ kaliumreiche Endolymphe. Die unterschiedliche chemische Beschaffenheit zwischen Peri- und Endolymphe ist für eine enorme bioelektrische Potentialdifferenz verantwortlich. Diese ist Grundvoraussetzung für die normale, physiologische Funktion des Gleichgewichtsorgans. Die folgenden anatomischen Strukturen gehören alle zum in sich geschlossenen System des Ductus cochlearis. Sie stellen den vestibulären Teil des membranösen Labyrinths dar.

Die Crista ampullaris und die drei Bogengänge (superior, lateral, posterior) bilden den Rezeptor für dreidimensionale Rotationsbewegungen im Raum. Die Macula mit dem länglichen Utriculus und dem runden Sacculus reagiert auf lineare Beschleunigungen. Utriculus und Sacculus sind durch den Ductus utriculosaccularis und den Ductus endolymphaticus miteinander verbunden. Die häutigen Bogengänge schließen sich ebenfalls an den Utriculus an.

Die Crista ampullaris verknüpft die Sinneszellen des Rezeptors mit dem Nervus vestibularis. Sie befindet sich im ausgeweiteten, vergrößerten Teil (Ampulla), jeweils am Ende der drei membranösen Bogengänge. Die Crista stellt durch ihre anatomische Lage eine ebene Fläche im Raum dar. Auf dieser befindet sich ein neurosensorisches Epithel, welches mit einer gallertartigen Mucopolysaccharidschicht umhüllt ist. Dieser zuckerhutförmige, der Crista gegenüber liegende Gallertkörper wird auch als Cupulaorgan bezeichnet. Die 1 mm hohe Cupula erstreckt sich von der Oberfläche des Sinnesorgans bis zum ampullären Dach. Sie dient als elastische Abgrenzung und endolymphdichter Verschluss. Die Abscherungen dieses „Segels“ kommen dabei durch die Relativbewegung zwischen Flüssigkeit und Labyrinthwand zustande. Die Sinneshaarzellen selber sitzen auf der Crista und ragen in die gallertige Cupula herein. Zwischen Crista und Cupula befindet sich der subcupuläre Raum, der von den Sinneshaarzellen durchzogen wird. Ein stetiger Endolymphfluß umgibt dabei die Haarzellen. Bei angulärem Beschleunigen und Abbremsen kommt es zur Auslenkung der Cupula, was wiederum zu einem Abbiegen von starren Stereozilien führt, die aus dem neurosensorischen Epithel herausragen. Daraufhin wird ein Aktionspotential ausgelöst, was wiederum durch die neuronale Verknüpfung der Sinneszellen eine Reizung des Nervus vestibularis zur Folge hat. Nach Versuchen in der Schwerelosigkeit ist zusätzlich eine Änderung der Thermokonvektion als Cupulareiz denkbar. Aber auch die Tatsache, dass alleine der Temperaturunterschied schon eine Änderung der Entladungsrate bewirkt, wurde diskutiert. Dies wird aber bei der kalorischen Prüfung bisher lediglich als unbedeutender Sekundäreffekt eingestuft.

Die Macula utriculi und sacculi ist ein untertassenartiges Gebilde aus neurosensorischen Zellen, welches unterhalb einer verflochtenen Membran liegt. Diese Membran enthält Calciumkarbonat-Kristalle, so genannte Otholiten. Diese Calcitkristalle haben ein spezifisches Gewicht von 2,71. Ein Verschieben der

Otholithenschicht durch lineares Beschleunigen und Abbremsen beziehungsweise generell wirkende Schwerkraft hat immer auch eine Seitenabweichung der Haarzellen-Zilien durch Abbiegen zur Folge. Dies bewirkt wiederum eine spezifische Polarisierung.

Die Haarzellen entwickelten sich evolutionär, äußerlich an Meereswirbeltieren. Diese konnten so die Wasserströmung in relativen Bezug zu ihrer Körperoberfläche bringen. Ein Abknicken der Zilien konnte auf diese Weise die Wasserströmung modifizieren.

Es gibt immer zwei verschiedene Haarzelltypen. Typ I Haarzellen sind phylogenetisch gesehen neuer. Sie sind kolbenförmig und von einem breiten, calyxartigem Ende umhüllt, welches mit großkalibrigen, vestibulären Dendriten versehen ist. Die afferenten Fasern des Vestibularnervs sind dabei wie ein Kelch um die Zelle angeordnet. Der Zellkern befindet sich im basalen Teil. Ein einzelner großer Dendrit innerviert ein oder zwei Typ I Haarzellen, in wenigen Fällen auch drei. Die Efferenz hat nicht direkten synaptischen Kontakt mit der Sinneszelle, sondern nur indirekten über die afferenten Fasern.

Typ II Haarzellen sind zylindrisch und basal direkt synaptisch verbunden mit separaten, dünnen, knopfartigen Nervenendigungen der Afferenz. Es handelt sich um kleinkalibrige, vestibuläre Dendriten. Efferenz und Afferenz haben hier beide direkten synaptischen Kontakt zur Sinneszelle.

Kleine afferente Fasern verzweigen sich und innervieren eine große Anzahl von Typ II Haarzellen. Jede größere Nervenfasern erhält deswegen ein Inputsignal von einer bestimmten Region des Sinnesorgans. Jede kleine Faser ist wiederum mit mehreren weitreichenden Regionen des Neuroepithels verknüpft.

Zwischen den zwei unterschiedlichen Haarzelltypen befinden sich immer Stützzellen. Beide haben eine charakteristische Zilienanordnung, die von der Platte des Oberhäutchens abscheren kann. Jede Zelle hat an einem Ende eine einzelne Kinozilie, am anderen eine Anhäufung von ca. 40–100 Stereozilien. Diese sind immer kürzer als das Kinozilium. Zwischen dem Kinozilium und der längsten benachbarten Stereozilie einer Haarzelle besteht über feine Filamente eine Verbindung. Das bewegliche Kinozilium ist wiederum mit der gallertartigen Cupula verbunden. Die Länge der darauffolgenden freien Stereozilien nimmt dabei sukzessive ab. Die Rezeptorfunktion beruht hauptsächlich auf der Abscherung von Stereozilien. Ihre Verlagerung in Richtung der Kinozilie

verursacht dabei einen anhaltenden Membranfluß durch die Öffnung von Ionenkanälen. Die längeren Stereozilien in der unmittelbaren Nähe des Kinoziliums stehen beim erregenden Pol der Haarzelle, die kürzeren beim hemmenden.

Die Stereozilien bestehen aus einem Aktinfilamentskelett. Sie penetrieren direkt unterhalb in die cuticuläre Platte. Wenn nun diese Stereozilien abknicken, ziehen sie die cuticuläre Platte und damit auch indirekt das Kinozilium mit sich. Über die Stereozilien verschiedener Länge können nun die unterschiedlichen rezeptorischen Frequenzen abgeleitet werden.

Das Kinozilium besteht aus 9 peripheren Doppeltubuli und einem zentralen Doppeltubulus, der die typische $9 \times 2 + 2$ Struktur aufweist. Es endet nicht wie die Stereozilien in der Cuticula, sondern in einem Basalkörperchen der gallertartigen Cupula. Die spezielle Anordnung von Stereo- und Kinozilien ist ausschlaggebend für das elektrische Potential, welches beim Abknicken der Haarzellen auftritt. Hierbei vergrößert ein Ablenken der Zilien in Richtung der Kinozilie die Potentialdifferenz zwischen der Endolymphe und der Sinneszelle. Dies führt wiederum zu einer intrazellulären Depolarisation und damit zu einer Abnahme der Aktionspotentialfrequenz im Nervus vestibularis. Beim Abweichen in die Gegenrichtung verhält es sich genau umgekehrt. Es besteht also durch Reizung immer die Möglichkeit, die neurale Aktivität zu erhöhen beziehungsweise abzusenken. Die Aufgabe des mobilen Kinoziliums ist es, die Ruheaktivität des geneigten Stereoziliums durch einen stetigen subcupulären Lymphstrom zu bewerkstelligen.

Durch eine abgestimmte, komplementäre und räumliche Anordnung von Stereo- und Kinozilien in den verschiedenen vestibulären Rezeptoranteilen von Utriculus, Sacculus und den drei Cristae ampullares wird damit ein dreidimensionales Gleichgewichtsempfinden möglich.

Der Nervus vestibularis versorgt jeweils auf beiden Seiten diese fünf vestibulären Sinnesorgane des Labyrinths. Er besteht aus bipolaren Neuronen mit myelinisierten peripheren und zentralen Fortsätzen. Die Ganglienzellen dieser bipolaren Neuronen sind im Scarpa Ganglion lokalisiert, welches im inneren Gehörgang von cerebrospinaler Flüssigkeit umgeben ist. Der menschliche Vestibularisnerv ist aus ungefähr 18.000 Neuronen zusammengesetzt. Die drei ampullären und der utriculäre Nervenanteil bestehen dabei jeweils aus 3.500 Nervenfasern, der sacculäre aus weniger als 3.000. Die vestibulären Neuronen

erster Ordnung enden alle in den vier vestibulären Hauptkernen und in drei Nebenkernen. Die Dendriten, die für die Versorgung der Cristae ampullares zuständig sind, finden sich beide im oberen und unteren vestibulären Teil. Ihre Axone dagegen liegen beim Eintritt in den Hirnstamm in der rostralen Hälfte des Vestibularisnervs.

Die für die Versorgung von Utriculus und Sacculus verantwortlichen Neuronen nehmen vor dem Eintritt in den Hirnstamm die caudale Hälfte des Vestibularisnervs ein.

Die Neuronen der Bogengänge enden vorerst im superioren (Bechterew) und medialen (Schwalbe) Vestibulariskern, die maculären im lateralen (Deiters), medialen und inferioren (Roller). Dort treffen sie auf die zweiten Neuronen, die wiederum Impulse der Halsrezeptoren erhalten.

Dabei kann man in den vestibulären Nervenfasern zwischen kleinen Populationen größerer Neuronen und größeren Populationen kleinerer Neuronen unterscheiden. Beide Neuronenformen zeichnen sich durch einen unterschiedlichen peripheren Input aus. Die großen Fasern innervieren dabei die Typ I Haarzellen, die schmalen dagegen die Typ II Haarzellen. Auch existieren dimorphe Fasern mittlerer Größe, die beide Haarzelltypen innervieren. Die großen Fasern zeigen ein irreguläres Entladungsmuster und befinden sich vornehmlich im Zentrum des ampullären Nervs. Die Kleinen zeigen dagegen ein reguläres Muster und sind hauptsächlich in der Peripherie des Nervs lokalisiert. Die genauen Umstände dieses Phänomens sind dabei noch unbekannt.

Die vestibulären Neuronen erster Ordnung enden nun, ausgehend von den Rezeptorzellen, in allen vier Haupt- und den drei Nebenkernen.

Der superiore vestibuläre Kern liegt im rostralen Teil des linken Ventrikels. Er besteht aus Neuronen mittlerer Größe. Diese liegen im Randbereich und um das Zentrum. Sie sind multipolar oder birnenförmig. Kluster von größeren, multipolaren Zellen liegen zerstreut zwischen den Zellen mittlerer Größe im Zentrum des Kerns. Die Dendriten dieser Kernzellen strahlen in verschiedene Richtungen aus.

Die großen Neuronen und die von mittlerer Größe representieren hauptsächlich vestibulo-okuläre und vestibulo-cerebellare Projektionen. Die kleinen Neuronen representieren dagegen commissurale Verknüpfungen. Der Input zum superioren Vestibulariskern kommt dabei ausschließlich aus den Cristae cupu-

lares, wobei im Gegensatz dazu die efferenten Projektionen vestibulo-okulär, vestibulo-cerebellar und commissural sind.

Der laterale vestibuläre Kern befindet sich direkt unterhalb des superiores Vestibulariskerns und unterwandert mit seinem rostralen Ende dessen kaudales. Er besteht aus charakteristischen, großen, multipolaren und zahlreichen, kleineren Zellen, die konzentriert in zwei Untereinheiten vorliegen. Der eine Anteil befindet sich dabei im dorsocaudalen, der andere und kleinere im rostroventralen Kerngebiet.

Die ventralen Zellen dieses Kerngebiets erhalten ihren Input vom Labyrinth, hauptsächlich aber vom Utriculus. Der dorsale Anteil der Zellen erhält seinen Input dagegen vom cerebellaren Cortex und in besonderem Maße von der Hemisphäre, Flocculus und Paraflocculus. Der Informationsoutput der großen, multipolaren Zellen verläuft in absteigender Richtung zu den anterioren Hornzellen des Spinalstrangs und formt somit den lateralen vestibulospinalen Trakt aus.

Der mediale Vestibulariskern liegt rostrocaudal und ist der längste aller Hauptkerne. Hier finden sich große, mittlere und kleine Zellen. Die meisten kleinen Neuronen befinden sich im rostralen Teil des Kerngebiets, wobei im caudalen Anteil und dem Hauptkörper die großen und mittleren Zellen dominieren. Die Zellen des Hauptkörpers erhalten ihr Input von den Cristae ampullares, dem Utriculus und zu kleinen Teilen vom Sacculus. Die Neuronen projizieren auch nach contralateral wie die vestibulo-oculäre Nervenbahn, außerdem aber auch noch in absteigender Weise den medialen longitudinalen Fasciculus entlang wie der mediale vestibulospinale Trakt. Eine kleine Anzahl von Neuronen projiziert von hier auch zum lateralen Tegmentum als eine separate vestibulo-okuläre Nervenbahn (aufsteigende Deiters-Bahn). Diese endet in dem ipsilateralen Teil des Oculomotoriuskerns, welcher den Musculus rectus medialis versorgt. Die größeren Neuronen in der rostralen Ausdehnung stellen vestibulo-okuläre Neuronen dar, die zum ipsilateralen und contralateralen Abduzenskern projizieren. Die kleinen, rostralen Neuronen und die Zellen des Hauptkörpers liefern außerdem commissurale Projektionen dieses Kerngebiets.

Der inferiore Vestibulariskern liegt lateral und parallel zum Kernkörper des medialen Vestibulariskerns. Dieser Kern beinhaltet große und mittlere Neuronen, die cerebello-vestibulär projizieren. Der primäre Output des inferioren

Kerns verläuft absteigend über den medialen vestibulo-spinalen Trakt. Auch liegt hier eine zum medialen und superioren Vestibulariskern vergleichbare commissurale Komponente vor.

Eine kleine Anzahl von Zellgruppen assoziiert mit den Hauptkerngebieten. Es handelt sich um Ansammlungen von Y, L, F, X und Z Neuronengruppierungen. Sie sind ebenfalls für afferente und efferente Projektionen verantwortlich. Es gibt noch weitere spezifische Zellansammlungen, deren Rolle bis jetzt aber nicht signifikant erscheint.

Bisher wurden vier verschiedene physiologische Untertypen vestibulärer Neuronen zweiter Ordnung in den Hauptkernen beschrieben. Typ I Neuronen sind dabei am häufigsten. Sie machen beinahe 90 % der Neuronen zweiter Ordnung aus und reagieren nach dem gleichen Muster wie Afferenzen erster Ordnung. An zweiter Stelle kommen Typ II Neuronen zweiter Ordnung. Sie haben im Gegensatz zu inputliefernden Neuronen erster Ordnung ein entgegengesetztes Reaktionsmuster. Typ III und IV Neuronen sind eher selten. Sie zeigen beide ansteigende und abnehmende Aktivität bei Rotationsbewegungen nach links und rechts. Die Mehrheit der Typ I und II Neuronen zweiter Ordnung befindet sich im rostralen Teil des medialen und im superioren Vestibulariskern. Auffällig ist in diesen Arealen ein gehäufte Input aus den Bogengängen.

Im Allgemeinen sind folgende efferente vestibulo-okuläre Projektionen bekannt. Die vestibulo-okulären Neuronen zweiter Ordnung befinden sich dabei im superioren und medialen Vestibulariskern, dem ventralen Anteil des lateralen Kerns und dem Kern der Gruppe Y. Es ist anzunehmen, dass einige vestibuläre Neuronen erster Ordnung ausgehend vom Utriculus auch direkt mit dem ipsilateralen Abduzenskern verbunden sind. Die efferenten Projektionswege sind der mediale longitudinale Fasciculus, die aufsteigende Deitersbahn, die *Formatio reticularis* und das *Brachium conjunctivum*. Die vestibulo-okulären Projektionen, die für horizontale Augenbewegungen verantwortlich sind, unterscheiden sich von denen, die vertikale oder ungerichtete Augenbewegungen generieren. *Musculus rectus lateralis* und *medialis* werden vom *Nervus oculomotorius* und dem Abduzenskern innerviert. Die beiden Muskeln sind für horizontale Augenbewegungen verantwortlich. Für die rotatorische und ungerichtete, schräge Augenbewegung sind *Musculus rectus superior* und *inferior* sowie der *Obliquus superior* und *inferior* verantwortlich. Die Muskelgruppe

wird vom Oculomotorius- und Trochleariskern innerviert.

Bei den kranialen Nervenkernen, die für die extraokuläre Innervation verantwortlich sind, handelt es sich um den dritten, vierten und sechsten Kern. Der dritte oder Oculomotoriuskern ist von allen der komplexeste und befindet sich am Boden des Mittelhirns nahe dem Aqueductus sylvius. Dieser Kern innerviert vier Augenmuskeln: Den Musculus rectus medialis und inferior sowie den Musculus rectus superior und obliquus.

Der runde Trochleariskern ist der kleinste extraokuläre Kern und liegt direkt unterhalb vom Oculomotoriuskern. Er befindet sich an der dorsalen Oberfläche des medialen longitudinalen Fasciculus (MLF) und innerviert sowohl hauptsächlich den kontralateralen Musculus obliquus superior als auch geringfügig dessen ipsilateralen Anteil.

Der Abduzenskern befindet sich in der Medulla oblongata direkt oberhalb des Facialisknies und innerviert primär den ipsilateralen Musculus rectus lateralis. 25 %–50 % davon sind kleine, fusiforme Neuronen, die kontralateral entlang des MLF zu einer Untergruppe des rectus medialis des Oculomotoriuskerns ziehen.

Die vestibulo-okulären Neuronen der vertikalen und schrägen Augenmuskelnneuronen entspringen primär vom superioren und rostralen Teil des medialen Kerns. Der superiore Kern projiziert ipsilateral, der mediale kontralateral über den MLF zum Trochleariskern und zu Untergruppen des Oculomotoriuskerns. Die ipsilaterale vestibulo-okuläre Bahn, die vom superioren Kern entspringt, ist dabei inhibitorisch, die kontralateralen Projektionen vom medialen Kern dagegen exzitatorisch. Neuronen im dorsalen Teil des superioren Nucleus sind vom vorderen Nervenbündel durchsetzt und projizieren über das Brachium conjunctivum bis zum dritten und vierten Nucleus. Große Zellen in einer infracerebellaren Ansammlung von Gruppe Y Kernen projizieren ebenfalls zum vierten und zu einigen Untergruppen des dritten Kerns. Da auch der Sacculus zu diesem Kern projiziert, verhindert die Gruppe Y eine Projektion von vertikalen Augenbewegungen, die von sacculärem Input ausgehen.

Vestibulo-okuläre Projektionen, die horizontale Augenbewegungen hervorbringen, werden von der Untergruppe des rectus lateralis und rectus medialis generiert. Die Neuronen zweiter Ordnung projizieren zum ipsilateralen und kontralateralen Abduzenskern. Sie befinden sich innerhalb des medialen Vesti-

bulariskerns, insbesondere im rostralen Anteil. Die Erregung wird dabei zum ipsilateralen, Hemmung dagegen zum kontralateralen Abduzenskern weitergeleitet. Auf diese Weise werden synchrone Augenbewegungen möglich. Interneuronen des Abduzenskerns projizieren dagegen kontralateral über den MLF zur Untergruppe des rectus medialis und stellen damit eine enge Verbindung her zwischen den Motoneuronen des ipsilateralen rectus lateralis und dem kontralateralen rectus medialis. Einige Neuronen im medialen Vestibulariskern erheben sich zusammen mit dem ventralen Anteil des lateralen Nucleus zur aufsteigenden Deitersbahn und projizieren so, außerhalb des MLF, zur ipsilateralen Untergruppe des rectus medialis. Auf diese Weise bringen sie einen exzitatorischen Input hervor. Dieses neuronale Netzwerk projiziert wiederum zu Neuronen des Abduzens und rectus medialis, die beide von Utriculus- und Bogengangafferenzen aktiviert werden können.

Um den komplexen Vorgang der Gleichgewichtsregulation zu bewerkstelligen, sind allerdings nicht allein der neuronale Kontakt zwischen den einzelnen Vestibulariskernen und die vielfältigen vestibulo-okulären Projektionen nötig. Dieses hochdifferenzierte Netzwerk besteht zusätzlich auch noch aus efferenten vestibulo-cerebellaren Verknüpfungen sowie commissuralen, vestibulo-spinalen und vestibulo-reticulären Projektionen. Aber auch eine efferente vestibuläre Bahn projiziert vom Hirnstamm zum vestibulären Sinnesorgan.

Außerdem sind, zusätzlich zum Input aus dem Nervus vestibularis, auch zwei afferente Hauptprojektionen zu den Vestibulariskernen bekannt. Es handelt sich dabei um spinal-vestibuläre und vestibulo-cerebellare Projektionen.

Nur aus dem Zusammenspiel von vestibulo-okulärer Blickmotorik, vestibulo-spinaler Stützmotorik und kortikaler Raumorientierung sowie einem Raumgedächtnis in höheren, zentralen, vestibulären Zentren im Mittelhirn, dem Thalamus und dem Kortex, wird schließlich ein stetiger Erhalt des Gleichgewichts möglich.

Der vestibulo-okuläre Reflex, der die Grundvoraussetzung darstellt für die kalorische Prüfung, verläuft über spezifische efferente Projektionsbahnen der Vestibulariskerne. Er stellt die wesentliche Grundlage dar für die Stabilisierung des Netzhautbildes bei Kopfbewegungen und macht so scharfes Sehen erst uneingeschränkt möglich. Wie wichtig dieser Reflex ist, wird einem schnell bewusst, wenn man versucht ein Buch zu lesen, dass mehrmals in der Sekunde

hin- und herbewegt wird. Das Lesen wird unmöglich. Wenn man dagegen während des Lesens den Kopf gemäßigt schüttelt, ist es ein leichtes weiterzufahren, da jetzt der vestibulo-okuläre Reflex (VOR) die vom visuellen Ziel abweichenden Bewegungen kompensieren kann. Strenggenommen ist der VOR als eine kompensatorische Augenbewegung definiert, die durch die Stimulation labyrinthärer Rezeptoren bei Kopfbewegungen hervorgerufen wird. Im Grunde genommen sind diese Augenbewegungen aber eine Kombination von mehreren Reflexen, die isoliert voneinander nachgewiesen werden können. Die jeweiligen separaten Reflexbahnen des Hirnstamms werden nach ihrem Ursprungsgebiet innerhalb des Labyrinths bezeichnet. Der Reflex kann also vom horizontalen, anterioren und posterioren Kanal sowie von der Otolithenmembran ausgehen.

Im Folgenden soll die Reflexbahn des horizontalen beziehungsweise lateralen Bogengangs näher beschrieben werden, da dieser bei der kalorischen Reizung ausschlaggebend ist für die Nystagmusauslösung. Der Patient wird im Liegen mit dem Oberkörper um 30° nach vorne gelagert. Der laterale Bogengang liegt jetzt vertikal und kann so isoliert kalorisch gereizt werden, was eine endolymphische Dichteänderung zur Folge hat. Dies bewirkt wiederum durch den auftretenden hydrostatischen Druckunterschied eine spezifische Cupulaauslenkung, was letztendlich den vestibulo-okulären Reflex auslöst.

Die afferenten Erregungsimpulse des lateralen Bogengangs führen über exzitatorische Interneuronen in den Vestibulariskern und von dort zum kontralateralen Abduzenskern. Daraus resultiert wiederum eine Erregung der motorischen Einheit des Musculus rectus lateralis. Eine zweite Gruppe von exzitatorischen, vestibulären Neuronen sendet seine Axone über die aufsteigende Deitersbahn, um in den motorischen Einheiten des ipsilateralen Musculus rectus medialis im Okulomotoriuskern zu enden. Nur wenn der ipsilaterale Musculus rectus medialis und der kontralaterale Musculus rectus lateralis gemeinsam kontrahieren sollten, sendet der korrespondierende vestibuläre Kern keine axonalen Kollateralen zu beiden Motoneuronengruppen. Erst durch diese strikte Differenzierung dieser Bahnen wird die separate Regulation von Muskelkontraktionen möglich.

Weil die Augen einer stetigen push-pull Bewegung unterworfen sind, werden die jeweiligen antagonistischen Augenbewegungen immer simultan relaxiert über zwei separate inhibitorische Bahnen. Hemmende Neuronen, die aus-

gehend vom lateralen Bogengang erregt wurden, projizieren direkt zum ipsilateralen Abduzenskern, was eine Relaxierung des Musculus rectus lateralis hervorruft. Die hemmende Bahn zum kontralateralen Musculus rectus medialis ist ein Reflexbogen über vier Neuronen. Der Nerv des lateralen Bogengangs kontaktiert dabei exzitatorische Interneuronen des Vestibulariskerns, um wiederum umgekehrt ein inhibitorisches Interneuron im superioren Vestibulariskern zu aktivieren. Dieses sendet sein Axon über den medialen longitudinalen Fasciculus (MLF), um kontralaterale motorische Einheiten des Musculus rectus medialis zu hemmen. Wiederum werden auch hier die inhibitorischen Bahnen zu beiden Augen strikt differenziert. Sowohl inhibitorisch als auch exzitatorisch vermittelnde Neuronen des vestibulo-okulären Reflexes senden rückführende Kollateralen zum Vestibulariskern.

4.2 Begriff der Nystagmuspreponderance

Das englische Wort Preponderance heißt übersetzt Übergewicht. So bezeichnet der Begriff Nystagmuspreponderance, in der anglo-amerikanischen Literatur auch als Directional Preponderance bekannt, eine Enthemmung. In diesem Fall beschreibt er ein Richtungsüberwiegen des experimentellen Nystagmus. Im Deutschen sind die Synonyme Nystagmusrichtungsüberwiegen oder Nystagmusbereitschaft gebräuchlich.

Eingeführt wurde diese Begrifflichkeit von HALLPIKE und FITZGERALD. Diese entdeckten 1942 bei Patienten mit peripheren und zentralen vestibulären Funktionsstörungen eine pathologische Reizantwort. Bei dem vestibulären Stimulus handelte es sich um eine kalorische Labyrinthreizung, die anschließend in Schaubildern dokumentiert wurde. Hier konnten die vier Kalorisationsmöglichkeiten grafisch dargestellt werden. Dabei wurde an jedem Ohr jeweils kalt und warm gespült (1=30 °C links, 2=30 °C rechts, 3=44 °C links, 4=44 °C rechts). Eine direktionale Preponderance lag nun definitionsgemäß vor, wenn die Reaktion eines Nystagmus deutlich stärker war als die des Nystagmus zur anderen Seite. Es liegt dabei also immer ein Missverhältnis zwischen Rechtsnystagmus (Reaktion 1 und 4) und Linksnystagmus (Reaktion 2 und 3) vor.

Eine Präzisierung dieses Begriffs wurde erst von CLAUSSEN vorgenommen. Er entwickelte das Schmetterlingskalorigramm mit vier Quadranten für

die jeweiligen Spülungen. Erst durch diese Systematik wurde ein analytisch-diagnostisches Vorgehen möglich. Bei der Auswertung kann nun ein schneller, grafisch-numerischer Seiten- und Nystagmusrichtungsvergleich vorgenommen werden. Ein Nystagmusrichtungsüberwiegen kann so auf den ersten Blick erkannt werden. Durch die Schaffung von Normbereichen wird durch CLAUSSEN zusätzlich eine klare, grafische und begriffliche Abgrenzung in Nystagmusenthemmungs- und Nystagmushemmungsrichtungsüberwiegen möglich.

Beim Typ der Seitenenthemmung nach rechts und links (trinäre Codes 2200 und 0022, siehe Kapitel 2.5) ist die Nystagmusreaktion nach kalorischer Reizung sowohl bei der Frequenz als auch der Amplitude auf jeweils einem Ohr bei Kalt- und Warmspülung enthemmt und liegt damit außerhalb des Normbereichs. Die Werte des gegenüberliegenden Ohrs entsprechen dagegen der Norm.

Beim Typ der Richtungsenthemmung (=Nystagmusenthemmungsrichtungsüberwiegen) nach rechts und links (trinäre Codes 2002 und 0220, siehe Kapitel 2.5) ist die Nystagmusreaktion nach kalorischer Reizung ebenfalls für Frequenz und Amplitude in einer Schlagrichtung enthemmt. Das heißt, die Kennlinien der einen Schlagrichtung befinden sich deutlich außerhalb, die anderen klar innerhalb des Normbereichs. Der von CLAUSSEN geprägte Begriff Nystagmusenthemmungsrichtungsüberwiegen entspricht der von FITZGERALD und HALLPIKE für dieses Phänomen festgelegten Bezeichnung Nystagmuspreponderance.

4.3 Moderne Untersuchungstechniken des vestibulo-okulären Nystagmus

Der vestibulo-okuläre Nystagmus kann mittlerweile auf verschiedenste Art und Weise untersucht werden. Die Anfänge liegen hier bei der monauralen kalorischen und binauralen rotatorischen Vestibularisprüfung, die sich im neurotologischen Praxisalltag bereits manifestiert haben. Welche neuen Möglichkeiten diese altbewährten Methoden in der vergangenen und modernen Forschung bieten und welche neuen Erkenntnisse, auch gerade im Bezug auf eine Richtungs- und Seitenenthemmung, daraus gezogen werden können, soll im

Folgenden erläutert werden. Aber auch neue Untersuchungs- und Forschungsmethoden und deren Ergebnisse werden beschrieben, um einen zukunftsweisenden Ausblick geben zu können.

Bereits im Jahr 1860 bemerkte BROWN-SEQUARD nach einer Kaltspülung des Gehörgangs Schwindel, Augenzittern und Fallneigung bei seinen Probanden.

1906 entwickelte BARANY die Grundform der heutigen kalorischen Versuchsreihen mit einer Kombination aus Kalt- und Warmspülungen. Dieses Verfahren wurde über die Jahre immer mehr verfeinert und verifiziert bis zu der heute gängigen Vorgehensweise.

Eine Nystagmuspreponderance beziehungsweise Richtungs- oder Seitenenthemmung wurde erstmals von HALLPIKE und FITZGERALD als abnorme kalorische Reaktion beschrieben. Diese trat in der Gesellschaft unterschiedlichster, unilateraler Läsionen des zentralen und peripheren Vestibularsystems auf. Sie beobachteten außerdem 1942 zusammen mit CAWTHORNE, dass einseitige Labyrinthektomien eine Richtungsenthemmung zum gesunden Labyrinth fördern. Es kommt hier nach ihrer Ansicht zu einer unilateralen Einschränkung der utriculären Funktion. In ihrer Hypothese sprechen sie von einer so genannten Utriculuslähmung.

TOUPET wies 1982 nach, dass der Spontannystagmus die kalorische Nystagmusantwort verändert, indem er eine Richtungsenthemmung zur selben Seite hervorruft. Bis dahin konnte keine wirkliche wechselseitige Beziehung zwischen der Intensität der Richtungsenthemmung und der des Spontannystagmus aufgezeigt werden. Die Korrelation dieser beiden Parameter beruht nach TOUPET auf einem dritten Faktor: Der vestibulären Reflektierung. Der Spontannystagmus kann so als eine Richtungsenthemmung definiert werden, die sich indirekt proportional zur vestibulären Reflektionsrate verhält. Dies entspricht wiederum der Summe von kalorischer Kalt- und Warmreizung. Das Phänomen generiert also eine thermische Enthemmung im Laufe der kalorischen Reizung. Diese Ergebnisse resultierten aus insgesamt 56 Messungen von 34 Patienten mit einer vestibulären Neuritis.

1983 stellten MC CLURE und LYCETT theoretische und praktische Überlegungen zu vestibulären Asymmetrien wie der Richtungsenthemmung an. Sie sind der Auffassung, dass diese sich in statische und dynamische Typen un-

terteilen lassen. Statische Asymmetrie resultiert dabei aus einer Änderung des neuralen Ruhetonus durch eine einseitige periphere Läsion. Sie tritt in der Abwesenheit von Kopfbewegungen auf. Akute, chronische und Erholungsphasen können danach erkannt werden, indem man Richtung und Intensität des resultierenden Spontannystagmus in Beziehung bringt zu den spezifischen klinischen Anzeichen. Der Spontannystagmus hat dabei Indikatorfunktion für eine statische Asymmetrie. Diese geht einher mit einer directionalen Proponderance des Spontannystagmus zur unbetroffenen Seite bei akuten Fällen oder zeigt sich als richtungsfixierte beziehungsweise richtungsändernde Erscheinung bei chronischen Erkrankungen. Die dynamische Asymmetrie dagegen ist auf eine abnormale Asymmetrie zurückzuführen, die von normalen Kopfbewegungen ausgelöst wird. Sie ist das Resultat einer peripheren Läsion. Der Spontannystagmus bei diesen Patienten addiert sich hier immer zu dem hervorgerufenen Nystagmus.

1984 veröffentlichten MATSUNAGA, YAMAMOTO und KUBO eine Studie über die vestibulären Effekte bei verändertem vertebralem Blutfluß und einer Sympathektomie des cervikalen Ganglions. Ihre gewonnenen Erkenntnisse beruhen dabei auf den Versuchen mit anästhesierten Kaninchen. Sie versuchten nachzuweisen, dass durch Verschuß der Vertebralarterien Seitenunterschiede bei der neuronalen Aktivität auftreten. Außerdem verursacht wiederum eine cervikale Sympathektomie einen Seitenunterschied im cerebralen Blutfluß. Die cervikalen sympathischen Nerven innervieren nämlich die Arteria vertebrobasilaris und regulieren so die Durchblutung im zentralen und peripheren Vestibularsystem. Bei den Kaninchen wurde also der perrotatorische Nystagmus mit einer einseitig verengten Arteria vertebralis oder mit einer einseitigen Sympathektomie aufgezeichnet. Bei normalem arteriellen Blutdruck konnte im Vorfeld keine Asymmetrie des perrotatorischen Nystagmus festgestellt werden. Dagegen trat bei erhöhtem oder zu niedrigem Blutdruck eine directionale Preponderance auf. Dies wurde sowohl als Resultat einer cerebellaren Fehlfunktion als auch einer Blutdruckregulationsstörung des Innenohrs gesehen. Vaskuläre Fehlfunktionen stehen somit in direktem Zusammenhang mit neuronalen Dysfunktionen und der damit einhergehenden spezifischen Schwindelsymptomatik. Speziell die Erkrankung von Vertebralarterien kann dafür verantwortlich gemacht werden.

Viele Neurootologen nehmen an, dass Dysfunktionen des autonomen Nervensystems, die durch physischen und psychologischen Stress verursacht werden, der Grund sind für Schwindelerscheinungen.

MATSUNAGA, YAMAMOTO und KUBO führten nach diesen Gesichtspunkten ihre Untersuchungen weiter und berichteten bereits 1985 über den Zusammenhang einer direktionalen Preponderance und der Erregung des autonomen Nervensystems. Autonom-nervöse Dysfunktionen sind nach ihrer Ansicht der bekannteste vorhersehbare Faktor für Schwindelsymptome. In diesem Fall sollten wiederum Versuche an Kaninchen den funktionellen Zusammenhang dieser wechselseitigen Beziehung verdeutlichen. Den Tieren wurde dabei wie gehabt das obere cervicale Ganglion entfernt und an dessen Stelle eine bipolare Elektrode eingebracht. Zusätzlich wurden außerdem bipolare Elektroden in den Hypothalamus implantiert. So wurden nun ENG-Messungen des perrotatorischen Nystagmus durchgeführt. Die elektrische Stimulation des oberen zervikalen Ganglions und die Sympathektomie einerseits sowie die Veränderung des Blutdrucks und die Stimulation des Hypothalamus andererseits führten dabei eher selten zu einem asymmetrischen vestibulo-okulären Reflex. Wenn man dagegen andere Reizkombinationen bildete aus der Stimulation des zervikalen Ganglions und der Veränderung des Blutdrucks beziehungsweise aus der Sympathektomie und der hypothalamischen Stimulation, kam es zum gehäuftem Auftreten einer direktionalen Preponderance. Diese wird dabei als objektiver Maßstab gesehen für auftretende Schwindelreaktionen.

Schon TOROK entdeckte nach seinem Bericht im Jahre 1970 eine Seitenenthemmung zur Gegenseite bei Patienten mit Hypofunktion von Cochlea und Vestibularorgan. Er zog als Ursache dieser Nystagmushyperaktivität eine sekundäre, zentrale Interaktion in Betracht.

HUYGEN, NICOLASEN, VERHAGEN und THEUNISSEN führten zu dieser Thematik an 600 Patienten kalorische Routineuntersuchungen durch. Dabei stellte sich bei 10 Patienten mit einseitigem Labyrinthausfall eine kontralaterale Seitenenthemmung dar. Bei 9 dieser Probanden ging dieser Ausfall mit einem Hörverlust einher. Die Wissenschaftler erklärten sich 1989 dieses Phänomen mit einer aufgehobenen commissuralen Hemmung auf der Basis einer temporären, vestibulären Dekompensation.

EICHHORN stellte sich dagegen die Frage, ob man die rotatorisch ermittel-

ten ENG-Daten in ein einfaches Quotientenverhältnis setzen sollte oder ob es nicht doch aussagekräftiger ist, die Differenz der Reaktionen zu ihrer Summe in Relation zu bringen. Anhand der auf diese Weise von JONGKEES und PHILIPPSZON errechneten Daten für die directionale Preponderance wurde hier auf die selbe Weise versucht mit 70 gleichgewichtsgesunden Probandendaten zu verfahren. So sollten pathologische und physiologische Normbereiche weiter verifiziert werden. 1992 stellte sich heraus, dass mit dieser Methode recht sicher differentialdiagnostisch zwischen Gesunden und Erkrankten mit akuten peripheren Vestibularläsionen und deren Folgestadien, der Kompensation und Erholung, unterschieden werden kann.

Die Tatsache, dass eine directionale Preponderance des horizontalen, kalorischen Nystagmus auftreten kann ohne einen signifikanten Spontannystagmus oder den Ausfall eines Bogengangs, macht deutlich, dass dieser nicht nur aus einer Fehlfunktion des peripheren Vestibularsystems resultieren kann. Deswegen versuchten CARTWRIGHT, CREMER, HALMAGYI und CURTHOYS anhand eines realistischen, neuronalen Netzwerkmodells eine isolierte directionale Preponderance nachzuweisen. Dies durch die Modulation am medialen Vestibulariskern des Hirnstamms. Das Modell basierte dabei auf den bekannten anatomischen Strukturen und physiologischen Funktionen des zentralen Vestibularsystems. Dieses konstruierte Netzwerk gab dabei den vestibulo-okulären Reflex wieder. Die simulierte Reizung einer bithermalen Kalorik aber auch das Reizmuster einer rotatorischen Simulation bei isolierter directionaler Preponderance sollte so dokumentiert werden. Die im Jahr 2000 veröffentlichten Resultate deuteten hier auf einen denkbaren neuralen Ort hin, der für die Generierung einer isolierten directionalen Preponderance bei vestibulären Dysfunktionen verantwortlich ist. Das Netzwerk sagte außerdem aus, dass die rotatorisch herbeigeführte directionale Preponderance seltener auftritt als die kalorische.

1861 war Prosper Ménière der Erste, der ein Syndrom mit Hörverlust, Tinnitus und Vertigo beschrieb, das auf eine labyrinthäre Dysfunktion zurückzuführen war. Bei dem nach ihm benannten Morbus Ménière wurde eine unilaterale Hypo- und Hyperaktivität beobachtet. Man nahm an, dass diese Hyperaktivität durch eine Enthemmung verursacht wird, die wiederum verursacht wird durch eine zentral-cerebellare Dysfunktion auf der Basis einer temporären, vestibulären Kompensation.

2001 versuchten MATEIJSEN, HENGEL, KINGMA, OREEL, WIT und ALBERS bei 92 einseitig und beidseitig betroffenen Patienten den Morbus Ménière weiter zu klassifizieren. Dies geschah durch standardisierte Verfahren der Kalorik, die Tretversuche sowie die Messung des Spontannystagmus. Eine directionale Preponderance bei einseitig betroffenen Patienten zeigte sich dabei signifikant zur gesunden Seite. Beim Spontannystagmus und Tretversuch konnten keine Seitenunterschiede festgestellt werden. Als Erklärung führen die Wissenschaftler an, dass die directionale Preponderance als ein latenter Spontannystagmus gesehen werden kann, der auch nach Aussage anderer Veröffentlichungen zur gesunden Seite gerichtet ist. Generell zeige sich dieses Phänomen nicht auf Grund einer zentralen Kompensation.

Durch Versuche am Affen wurden anatomische und elektrophysiologische Anhaltspunkte geliefert für multiple, vestibulär verknüpfte, kortikale Areale, die sich vom posterioren parietalen Kortex bis zu den frontalen Regionen ausbreiten. Die neuronale Aktivität dieser Gebiete charakterisiert sich durch ein multiples Konvergieren visueller, vestibulärer, propriozeptiver oder darauffolgender entladender Impulse, welche die Informationsverknüpfung dieser Regionen in assoziierende, übergeordnete Transformationsorte reflektieren. In funktionellen Studien, die sich in gleicher Weise hinsichtlich des Effekts von einseitigen kortikalen Läsionen der vestibulären Funktionseinheit äußern, manifestierte sich die Meinung einer direkten Kontrolle des parieto-temporalen Kortex. Dies wurde von gleichen, symmetrischen Ergebnissen der vestibulo-okulären Funktion bei Katzen und Affen abgeleitet.

VENTRE-DOMINEY, NIGHOGHOSSIAN und DENISE versuchten deswegen die kortikalen Mechanismen, die mit der vestibulären Funktion verbunden sind, zu verifizieren. Aus diesem Grund untersuchten sie rotatorisch die unterschiedliche Dynamik vestibulo-okulärer Antworten. Dabei wurde eine Gruppe von 14 Patienten mit einseitigem kortikalem Schaden untersucht, die gleichzeitig eine Schädigung der occipito-temporo-parietalen Verbindung aufwies. Diese kortikalen Läsionen brachten nach der 2003 veröffentlichten Studie einen signifikanten vestibulo-okulären Reflex hervor, der sich in einer Richtungsenthemmung zur gegenüberliegenden Seite äußerte. Bei rotatorischer Reizung kam es konträr dazu zu einer Frequenzerhöhung in Richtung der kortikalen Läsion. Diese Ergebnisse beweisen nach Meinung der drei Wissenschaftler eine korti-

kale Beeinflussung der vestibulären Funktion.

4.4 Klinisches Bild der Richtungsenthemmung im Vergleich mit der Seitenenthemmung

In dieser Arbeit wurden die verschiedenen Formen der Entthemmung erstmals miteinander verglichen. Dies wird erst durch das Schmetterlingskalorigramm nach CLAUSSEN möglich. Nur so konnte die Richtungsenthemmung mit einer Seitenenthemmung verglichen und durch Unterkollektive verifiziert werden. Außerdem war es auf Grund der synoptischen Darstellung möglich, weiter spezifizierte Untergruppen zu bilden und wiederum voneinander zu differenzieren. Die Richtungsenthemmung nach links (0220) wurde so der Seitenenthemmung nach links (0022) gegenüber gestellt und analog dazu die Richtungsenthemmung nach rechts (2002) von der Seitenenthemmung nach rechts (2200) unterschieden.

Die dabei in allen Vergleichskonstellationen gehäuft aufgetretenen signifikanten Unterschiede können nun abschließend zusammengefasst werden. Bei den seitenenthemmten Patienten zeigten sich folgende Auffälligkeiten:

- ein höheres Durchschnittsalter. Am größten ist der Altersunterschied bei dem Unterkollektiv OKAN 0–10 nach links, gefolgt von den gleich auf liegenden Vergleichsgruppen OKAN 0–10 nach rechts und OKN 0–60 nach rechts.
- deutlich mehr Patienten mit Vertigoproblematik, vor allem im Bereich des Drehschwindels und der Unsicherheit. Die gesamten Vertigosymptome unterscheiden sich dabei eminent bei dem Vergleich der Unterkollektive 2200 und 2002. Der herausragendste Unterschied beim Drehschwindel zeigte sich vor allem bei dem Unterkollektiv OKN 0–60 nach rechts.
- erhöhte Patientenzahlen bei der Anfallsdauer, vor allem im Sekunden-, Minuten- und Stundenbereich. Dies zeigte sich vor allem bei dem Unterkollektiv OKN 0–60 nach rechts, bei dem alle Rubriken durchgängig und herausragend erhöht sind.

4.4 *Klinisches Bild der Richtungsenthemmung im Vergleich mit der Seitenenthemmung*

- mehr Patienten mit vegetativen Symptomen. Ein wirklich signifikanter Unterschied zeigte sich hier allerdings nur bei dem Unterkollektiv OKAN 0–10 nach rechts.
- häufigeres Tinnitusvorkommen beidseits. Hier zeigt sich vor allem das Unterkollektiv OKAN 0–10 nach rechts auffällig erhöht.
- mehr Patienten mit Hörminderung. Die größte Diskrepanz machte sich bei dem Unterkollektiv OKAN 0–10 nach rechts bemerkbar. Die Werte beim Vergleich der Hauptkollektive sind außerdem bei den seitenenthemmten Patienten doppelt so hoch.
- eine deutlich erhöhte Anzahl an Hypertonikern. Diese hob sich bei dem Vergleich des vegetativen Unterkollektivs besonders ab. Bei der Gegenüberstellung der Kollektive 2200 und 2002 zeigten sich sogar fast dreimal so hohe Werte bei dem seitenenthemmten Unterkollektiv.
- einen deutlich stärker ausgeprägten Postrotatorius nach links. Vor allem das vegetative Unterkollektiv zeigte hier durchgängig erhöhte Werte.
- eine eminent höhere Schlagzahl beim Spontannystagmus nach links. Dies wurde vor allem bei dem Unterkollektiv OKN 0–60 nach rechts deutlich. Der Wert ist hier lediglich halb so groß auf Seiten der richtungsenthemmten Patienten.
- eine höhere Schlagzahl beim Perrotatorius nach links. Ein signifikanter Unterschied machte sich hier vor allem bei der Gegenüberstellung der Untergruppen 2200 und 2002 bemerkbar.

Das richtungsenthemmte Kollektiv zeigte konträr dazu:

- deutlich mehr Hypotoniker. Mit diesem Symptom fanden sich auffällig viele Probanden in der vegetativen Vergleichsgruppe auf Seiten der richtungsenthemmten Patienten. Der Wert ist dabei um mehr als das dreifache größer.
- eine wesentlich, meist ausnahmslos höhere Amplitude bei Kalorisation. Dieses Phänomen zeigte sich bei den beiden Unterkollektiven OKAN über 10 nach links und OKN 0–60 nach links am ausgeprägtesten.

4.4 Klinisches Bild der Richtungsenthemmung im Vergleich mit der Seitenenthemmung

Damit können wir anhand unserer empirischen Studie über neurootologische Patienten mit Schwindelbeschwerden und nystagmusrichtungsdifferenzierter kalorischer Vestibularisreaktion im Schmetterlingskalorigramm nach CLAUSEN feststellen, dass es sich bei den Patienten mit „Richtungsenthemmung“ um ein klinisch anders strukturiertes Kollektiv handelt als bei den Patienten mit einer „Seitenenthemmung“.

4.4 *Klinisches Bild der Richtungsenthemmung im Vergleich mit der Seitenenthemmung*

5 Zusammenfassung

Bei dieser statistischen Auswertung wurde das klinische Bild der Seiten- und Richtungsenthemmung miteinander verglichen. Die gewonnenen Daten stammten dabei ausnahmslos aus den für jeden Patienten angelegten Anamnesebogen NODEC III. Hier sind nicht nur die persönlichen Daten und die subjektiven Beschwerden des Patienten dokumentiert, sondern auch die objektiven äquilibrimetrischen Untersuchungswerte. Die Datenerhebung erfolgte dabei aus dem Patientenstamm der Neurootologie Würzburg. Das Gesamtkollektiv besteht in dieser Untersuchung aus 75 richtungsenthemmten und 75 seitenenthemmten Schwindelpatienten. Anhand eines PCÄ´s wurde mit dem Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL 2000 (9.0.2812) gruppiert, sortiert und anschließend statistisch ausgewertet. Aus den gebildeten Mittel- und Prozentwerten konnte eine vergleichende Gesamtstatistik beider Hauptkollektive erstellt werden. Die so gewonnenen Vergleichsdaten konnten durch die Bildung von spezifischen, korrespondierenden Unterkollektiven nach verschiedenen Gesichtspunkten verifiziert werden. Auch wurde zusätzlich die Richtungsenthemmung und Seitenenthemmung in zwei links- und zwei rechtsenthemmte Untergruppen weiter unterteilt und konnte so kollektivintern mehrfach miteinander verglichen werden.

Darüber hinaus wurden repräsentative Fälle der Richtungs- und Seitenenthemmung nach rechts beziehungsweise links in Form von einzelnen Kasuistiken vorgestellt.

6 Literaturverzeichnis

AKBARIAN S.; GRUSSER O. J.; GULDIN W. O.

Corticofugal connections between the cerebral cortex and brainstem vestibular nuclei in the macaque monkey.

J Comp Neurol., 339: 421-437, 1994.

ALLUM J. H. J.; GRAF W.; DICHGANS J.

Visual-vestibular interaction in the vestibular nuclei of the goldfish.

Exp. Brain Res., 26: 463-485, 1976.

ANASTASIO T. J.

Testable predictions from recurrent backpropagation models of the vestibulo-ocular reflex.

Neurocomp., 6: 237-255, 1994.

ANDERSON H. C.; JEPSEN O.; KRISTIANSEN F.

The occurrence of directional preponderance in some intracranial disorders. A study of the Fitzgerald-Hallpike caloric test.

Acta Otolaryngol., Suppl., 118: 19-31, Stockholm, 1954.

AUBRY M.; PIALOUX P.

Maladies de l'oreille interne et otoneurologie.

Masson édit., Paris, 1957.

BARANY R.; WITTMAACK K.

Funktionelle Prüfung des Vestibularapparates

Verlag G. Fischer, Jena, 1911.

BENSE S.; STEPHAN T.; YOUSRY T. A.; BRANDT T.; DIETRICH M.

Multisensory cortical signal increases and decreases during vestibular galvanic stimulation

J Neurophysiol., 85: 886-899, 2001.

BOUZOUITA H.

Etude de la fréquence du nystagmus vestibulaire.
These de doctorat, Paris, 1975.

BROOKLER K. H.

Directional preponderance in clinical elektronystagmography.
The Laryngoscope, 80 (5): 747-754, 1970.

BROOKLER K. H.

Alternate binaural bithermal: normal; simultaneous binaural bithermal: directional preponderance.
Ear Nose Throat J., 78 (8): 538, 1999.

BERGSTEDT M.

Studies of positional nystagmus in the human centrifuge.
Acta Otolaryngol., Stockh. Suppl. 165: 1-144, 1961.

BRANDT T.; DIETRICH M.; STRUPP M.

Vertigo Leitsymptom Schwindel.
Steinkopff Verlag, Darmstadt, 2003.

BÁRÁNY R.

Untersuchung über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen.
Mschr. Ohrenheilk. 40: 193-297, 1906.

CARTWRIGHT A. D.; CREMER P. D.; HALMAGYI G. M.;

CURTHOYS I. S.

Isolated directional preponderance of caloric nystagmus: II. a neural network model.
Am J Otol., 21 (4): 568-572, 2000.

**CLAUSSEN C. F.; AUST G.; HORTMANN G.;
MÜLLER-KORTKAMP M.**

Praktikum der Elektronystagmographie.

Verhlg. d. GNA, Bd. 2, Edition medicin & pharmacie, Hamburg und Neu-Isenburg, 1975.

CLAUSSEN C. F.; AUST G.; SCHÄFER D.; SCHLACHTA I. VON

Atlas der Elektronystagmographie.

Edition medicin & pharmacie, Hamburg und Neu-Isenburg, 1975.

CLAUSSEN C. F.; AUST G.

Über das kalorisch ausgelöste Nystagmussignal.

Arch. klin. exp. Ohren-, Nasen-, Kehlkopfheilk., 203 (3): 255-266, 1973.

CLAUSSEN C. F.; DE SA J. V.

Clinical study of human equilibrium by electronystagmographie and allied tests.

Popular Prakashan, Bombay, 1978.

CLAUSSEN C. F.; FORT E.

Der Schwindelkranke und seine neurootologische Begutachtung.

Edition medicin & pharmacie, Hamburg und Neu-Isenburg, 1976.

CLAUSSEN C. F.; LÜHMANN M. VON

Das Elektronystagmogramm und die neurootologische Kennliniendiagnostik.

Edition medicin & pharmacie, Hamburg, 1976.

CLAUSSEN C. F.

Cranio-Corpo-Graphie

Verhandl. .GNA, VI, 151 - 189. Edition medicin & pharmacie, Hamburg, 1978.

CLAUSSEN C. F.

Der schwindelkranke Patient. Grundlagen der Neurootologie und Äquilibrionetrie

Edition medicin & pharmacie, Hamburg, 1992.

CLAUSSEN C. F.

Die Cranio-Corpo-Graphie

Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehlk. Heilk. 207: 1, 1974.

CLAUSSEN C. F.

Schwindel und Gleichgewichtsstörungen. Grundlagen, Diagnose und Therapie
Mainzer Verlagsanstalt, Ettlingen, 1991.

CLAUSSEN C. F.

Schwindel. Symptomatik, Diagnostik, Therapie.

Edition medicin & pharmacie, Hamburg und Neu-Isenburg, 1981.

CLAUSSEN C. F.

Über den Schwindel.

Verhandlungen d. Ges. Neurootol. Aequ. 1: 1-16, 1975.

CLAUSSEN C. F.

Über die Aufzeichnung und Auswertung ausgewählter quantitativer Gleichgewichts-funktionsprüfungen

Habilitationsschrift, Berlin 1970.

DECHER H.

Zum Richtungsüberwiegen des experimentellen Nystagmus bei Notfällen.

Arch. klin. exp. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk., 183: 285-288, 1964.

EICHHORN T.

Nystagmusreaktionen nach rotatorischer Vestibularisreizung (modif. Langdrehmethode nach VEITS) bei Gleichgewichtsgesunden.

Laryngo-Rhino-Otol., 71: 576-580, 1992.

FITZGERALD G.; HALLPIKE C. S.

Studies in human vestibular function: I. Observations on the directional preponderance („Nystagmusbereitschaft“) of caloric nystagmus resulting from cerebral lesions.

Brain, 65 (2): 115-137, 1942.

GALIANA H. L.; OUTERBRIDGE J. S.

A bilateral model for central neural pathways in vestibuloocular reflex.
J. Neurophysiol., 51: 210-241, 1984.

HAKAS P.; KORNHUBER H.

Der vestibuläre Nystagmus bei Großhirnläsionen des Menschen.
Arch. Psychiatr. Nervenkr., 200: 19-35, 1959.

HALLPIKE C. S.

Directional preponderance, 1942-1974. A review
Acta Otolaryngol., 79 (5-6): 409-418, 1975.

HALLPIKE C. S.

The caloric tests.
J. Laryngol. Otol., 70 (1): 15-28, 1956.

HINCHCLIFFE R.

Nystagmus rate as an index of caloric test response.
Acta Otolaryngol., 65: 311-315, 1968.

**HUYGEN P. L. M.; NICOLASEN M. G. M.; VERHAGEN W. I. M.;
THEUNISSEN E. J. J. M.**

Contralateral hyperactive caloric response in unilateral labyrinthine weakness
Acta Otolaryngol., 107: 1-4, 1989.

JANCZEWSKI G.; BIEN S.

The phenomenon of vestibular recruitment and its diagnostic significance.
Acta Méd Pol., 16: 269-273, 1975.

JACKLER R. K.; BRACKMANN D. E.

Neurotology
The C.V. Mosby Company, St. Louis, 2004.

JONKEES L. B. W.; MAAS J. P. M.; PHILIPZOOON A. J.

Clinical nystagmography: A detailed study of electronystagmography in 341

patients with vertigo.

Pract. Otorhinolaryngol., 24: 65-93, 1962.

KIMM J.; DONALDSON J. A.

Hyperactive vestibular response of peripheral origin.

Am. J. Otol., 1 (4): 238-239, 1980.

MATEIJSEN D. J. M.; HENGEL P. W. J.; KINGMA H.; OREEL M. A.;

WIT H. P.; ALBERS F. W. J.

Vertigo and electronystagmography in uni- and bilateral Ménière's disease.

ORL, 63 (6): 341-348, 2001.

MATSUNAGA T.; YAMAMOTO K.; KUBO T.

Directional preponderance of nystagmus and excitement of autonomic nervous system

Acta Otolaryngol., 99:459-465, 1985.

MC CLURE J. A.; LYCETT P.

Vestibular Asymmetry

Arch. Otolaryngol., Vol 109 (10): 682-687, 1983.

MICHEL O.

Morbus Ménière und verwandte Gleichgewichtsstörungen.

Georg Thieme Verlag, 1998.

PFALTZ C. R.; BECK C.

HNO Information, Sonderheft: Methoden zur Untersuchung des vestibulären Systems

Demeter Verlag, Gräfelfing, 1980.

PRECHT W.; SHIMAZU H.; MARKHAM C. H.

A mechanism of central compensation of vestibular function following hemilabyrinthectomy.

J. Neurophysiol., 29: 996-1010, 1966.

**REISS G.; WALKOWIAK W.; ZENNER H.-P.; PLINKERT P. K.;
LENHARDT E.**

Das stato-akustische Organ.
Duphar Pharma, 1989.

REKER U.

Untersuchungsmethoden der Gleichgewichtsorgane.
Georg Thieme Verlag, 1984.

ROMBERG M. H.

Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen.
A. Dunkler Verlag, Berlin, 1846.

SCHERER H.

Das Gleichgewicht I.
Springer-Verlag, 1984.

SCHERER H.

Das Gleichgewicht II.
Springer-Verlag, 1984.

SCHERER H.

Das Gleichgewicht.
Springer Verlag, 1984.

SCHIEBLER T. H.; SCHMIDT B.

Anatomie der Menschen
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1987.

SCHLITTER K.

Vertigo
Harsch Verlag, Karlsruhe, 1986.

STOLL W.; MATZ D. R.; MOST E.

Schwindel und Gleichgewichtsstörungen.
Georg Thieme Verlag, 1986.

STOLL W.

Schwindel und schwindelbegleitende Symptome
Springer-Verlag, Wien, 1994.

STOLL W.

Vestibuläre Erkrankungen
Georg Thieme Verlag, 2001.

TOROK N.

The hyperactive vestibular response.
Acta Otolaryngol., 70: 153-162, 1970.

TOUPET M.

Comment le nystagmus spontané modifie le nystagmus provoqué par la stimulation vestibulaire calorique, chez 34 patients atteints de névrite vestibulaire
Ann. Oto-Laryng, 99: 453-464, 1982.

UNTERBERGER S.

Neue objektiv registrierbare Vestibularis-Körperdrehreaktion, erhalten durch Treten auf der Stelle: Der Tretversuch.
Arch. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilkunde, 145: 478-492, 1938.

VENTRE-DOMINEY J.; NIGHOGHOSSIAN N.; DENISE P.

Evidence for interacting cortical control of vestibular function and spatial representation in man.
Neuropsychologia, 41 (14): 1884-1889, 2003.

YAMAMOTO K.; KUBO T.; MATSUNAGA T.

Effects of asymmetric vertebral blood flow upon the vestibulo-ocular reflex of the rabbit.
Arch. Otolaryngol., 241: 195-202, 1985.

7 Tabellen

7.1 Gesamtkollektiv Richtungsenthemmung

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Alter	75	100,0	45,8	14,4	79	20
	Schwanken	24	32,0				
	Liftgefühl	0	0,0				
	Drehen	26	34,7				
	Fallen	5	6,7				
	Schwarzwerden	9	12,0				
	Unsicherheit	27	36,0				
	Vertigo	50	66,7	1,8	0,9	4	1
	Schweissausbruch	16	21,3				
	Übelkeit	26	34,7				
	Würgen	2	2,7				
	Erbrechen	13	17,3				
	Kollaps	3	4,0				
	Vegetative Symptome	28	37,3	2,1	1,1	5	1
Dauer	seit Stunden	0	0,0				
	seit Tagen	8	10,7				
	seit Wochen	11	14,7				
	seit Monaten	18	24,0				
	seit Jahren	16	21,3				
	seit Jahrzehnten	0	0,0				
Anfallsdauer	Sekunden	21	28,0				
	Minuten	15	20,0				
	Stunden	11	14,7				
	Tage	9	12,0				
	Wochen	1	1,3				
	Monate	0	0,0				
	gleichmäßig	2	2,7				
	an und ab	2	2,7				

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
Tinnitus	gesamt	50	66,7				
	rechts	15	20,0				
	links	21	28,0				
	beidseits	14	18,7				
Hörminderung	gesamt	44	58,7				
	rechts	9	12,0				
	links	17	22,7				
	beidseits	18	24,0				
Grunderkrankungen	Neurologische Leiden	14	18,7				
	Hypertonus	13	17,3				
	Hypotonus	11	14,7				
	Herzinsuffizienz	1	1,3				
	Herzinfarkt	3	4,0				
	Diabetes	5	6,7				
	Nierenleiden	3	4,0				
Kalorisation	Spontannystagmus rechts	75	100,0	8,7	9,8	37	0
	Spontannystagmus links	75	100,0	5,8	7,4	29	0
	44°C rechts	75	100,0	62,6	15,4	108	28
WARE	Code	75	100,0				
	30°C rechts	75	100,0	59,5	14,3	93	28
KARE	Code	75	100,0				
	44°C links	75	100,0	57,2	16,7	99	30
WALI	Code	75	100,0				
	30°C links	75	100,0	64,4	10,5	89	35
KALI	Code	75	100,0				
Kalorischer Code		0	0,0				
	normal	0	0,0				
	peripher	0	0,0				
	zentral	0	0,0				
	kombiniert	75	100,0				
	Kumulation rechts 44°C	75	100,0	68,2	14,1	95	45

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Kumulation rechts 30°C	75	100,0	65,4	11,7	95	45
	Kumulation links 44°C	75	100,0	68,6	14,3	115	45
	Kumulation links 30°C	75	100,0	66,3	12,1	105	45
	Amplitude rechts 44°C	75	100,0	61,2	25,3	120	20
	Amplitude rechts 30°C	75	100,0	60,1	27,1	150	20
	Amplitude links 44°C	75	100,0	56,1	25,5	130	20
	Amplitude links 30°C	75	100,0	65,1	28,2	140	20
RIDT	Perrotatorius rechts	74	98,7	59,7	16,7	100	4
	Rechts-Code	74	98,7				
	Perrotatorius links	74	98,7	51,3	18,4	94	1
	Links-Code	74	98,7				
	ware-perre	0	0,0				
A	ZPNK	74	98,7				
	Parallel	46	61,3				
	Recruitment	2	2,7				
	Decruitment	26	34,7				
	wali-perli	0	0,0				
	ZPNK	74					
	Parallel	15					
	Recruitment	15	20,0				
	Decruitment	44	58,7				
Postrotatorius	rechts 5s	46	61,3	13,1	5,7	23	0
	rechts 10s	46	61,3	12,5	4,9	19	0
	rechts 15s	46	61,3	10,7	4,3	16	0
	rechts 20s	46	61,3	9,6	3,8	16	0
	rechts 25s	46	61,3	7,7	3,5	14	0
	rechts 30s	46	61,3	6,1	3,4	14	0
	links 5s	46	61,3	12,6	5,6	25	0
	links 10s	46	61,3	12,4	4,7	21	0
	links 15s	46	61,3	10,7	4,4	20	0
	links 20s	46	61,3	9,1	4,2	18	0

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	links 25s	46	61,3	7,3	4,0	16	0
	links 30s	46	61,3	5,7	3,5	14	0
OKN-Rechtsdrehend	OKN	74	98,7	80,7	21,8	131	0
	OKAN rechts	74	98,7	26,6	18,6	71	0
	OKAN links	74	98,7	8,5	9,2	49	0
OKN-Linksdrehend	OKN	74	98,7	45,8	42,4	121	0
	OKAN links	74	98,7	10,0	14,4	53	0
	OKAN rechts	74	98,7	5,8	9,5	41	0
Tret-CCG	Abweichende Länge (mm)	74	98,7	28,5	7,9	40	5
	Abweichende Länge (cm)	74	98,7	95,1	26,4	133	17
	Anguläre Deviation	74	98,7	-10,2	88,9	395	-360
	Eigenspin	74	98,7	100,3	78,6	360	0
	Laterale Schwankung (mm)	74	98,7	3,1	1,0	6	1
	Laterale Schwankung (cm)	74	98,7	10,5	3,4	20	3
Steh-CCG	anterior-posteriore Schwankung (mm)	74	98,7	1,6	0,8	4	1
	anterior-posteriore Schwankung (cm)	74	98,7	5,3	2,6	13	3
	Laterale Schwankung (mm)	74	98,7	1,8	0,7	5	1
	Laterale Schwankung (cm)	74	98,7	5,7	2,1	10	0

7.2 Gesamtkollektiv Seitenenthemmung

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Alter	75	100,0	49,9	13,3	77	22
	Schwanken	27	36,0				
	Liftgefühl	1	1,3				
	Drehen	31	41,3				
	Fallen	2	2,7				
	Schwarzwerden	12	16,0				
	Unsicherheit	40	53,3				
	Vertigo	56	74,7	2,0	0,9	5	1
	Schweißausbruch	13	17,3				
	Übelkeit	28	37,3				
	Würgen	2	2,7				
	Erbrechen	15	20,0				
	Kollaps	0	0,0				
	Vegetative Symptome	31	41,3	1,9	0,9	4	1
Dauer	seit Stunden	0	0,0				
	seit Tagen	4	5,3				
	seit Wochen	4	5,3				
	seit Monaten	18	24,0				
	seit Jahren	31	41,3				
	seit Jahrzehnten	2	2,7				
Anfallsdauer	Sekunden	22	29,3				
	Minuten	22	29,3				
	Stunden	15	20,0				
	Tage	4	5,3				
	Wochen	0	0,0				
	Monate	0	0,0				
	gleichmäßig	2	2,7				
	an und ab	4	5,3				
Tinnitus	gesamt	58	77,3				
	rechts	17	22,7				

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	links	18	24,0				
	beidseits	23	30,7				
Hörminderung	gesamt	50	66,7				
	rechts	18	24,0				
	links	14	18,7				
	beidseits	18	24,0				
Grunderkrankungen	Neurologische Leiden	14	18,7				
	Hypertonus	21	28,0				
	Hypotonus	9	12,0				
	Herzinsuffizienz	1	1,3				
	Herzinfarkt	0	0,0				
	Diabetes	4	5,3				
	Nierenleiden	2	2,7				
Kalorisation	Spontannystagmus rechts	75	100,0	8,7	10,3	56	0
	Spontannystagmus links	75	100,0	8,7	11,2	53	0
	44°C rechts	75	100,0	59,1	16,8	96	25
WARE	Code	75	100,0				
	30°C rechts	75	100,0	56,8	17,6	99	26
KARE	Code	75	100,0				
	44°C links	75	100,0	62,8	18,5	109	25
WALI	Code	75	100,0				
	30°C links	75	100,0	63,5	16,6	105	27
KALI	Code	75	100,0				
Kalorischer Code		0	0,0				
	normal	0	0,0				
	peripher	0	0,0				
	zentral	75	100,0				
	kombiniert	0	0,0				
	Kumulation rechts 44°C	75	100,0	67,9	13,7	115	45
	Kumulation rechts 30°C	75		67,3	15,7	105	45
	Kumulation links 44°C	75	100,0	69,0	15,3	125	45

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Kumulation links 30°C	75	100,0	65,3	16,8	125	35
	Amplitude rechts 44°C	74	98,7	53,6	21,4	110	20
	Amplitude rechts 30°C	74	98,7	50,7	21,5	120	10
	Amplitude links 44°C	74	98,7	51,8	22,3	120	10
	Amplitude links 30°C	74	98,7	53,1	23,6	140	10
RIDT	Perrotatorius rechts	72	96,0	60,6	19,1	115	0
	rechts-Code	72	96,0				
	Perrotatorius links	72	96,0	56,2	18,5	104	11
	links-Code	72	96,0				
	ware-perre	0	0,0				
A	ZPNK	72	96,0				
	Parallel	39	52,0				
	Recruitment	15	20,0				
	Decruitment	18	24,0				
	wali-perli	0	0,0				
	ZPNK	72					
	Parallel	36					
	Recruitment	12	16,0				
	Decruitment	24	32,0				
Postrotatorius	rechts 5s	45	60,0	14,8	4,6	23	3
	rechts 10s	45	60,0	13,2	3,9	21	2
	rechts 15s	45	60,0	11,2	3,9	18	3
	rechts 20s	45	60,0	9,8	4,2	19	1
	rechts 25s	45	60,0	7,6	3,4	14	0
	rechts 30s	45	60,0	6,0	3,5	14	0
	links 5s	46	61,3	15,2	3,8	24	6
	links 10s	46	61,3	14,4	4,3	29	8
	links 15s	46	61,3	12,6	3,5	21	6
	links 20s	46	61,3	10,3	3,2	18	3
	links 25s	46	61,3	8,8	3,5	19	3
	links 30s	46	61,3	6,7	3,5	14	1

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
OKN-Rechtsdrehend	OKN	60	80,0	80,6	16,9	117	36
	OKAN rechts	60	80,0	21,8	15,9	72	0
	OKAN links	60	80,0	9,3	9,6	44	0
OKN-Linksdrehend	OKN	60	80,0	51,1	37,2	100	0
	OKAN links	60	80,0	10,8	12,5	54	0
	OKAN rechts	60	80,0	6,5	9,7	39	0
Tret-CCG	Abweichende Länge (mm)	75	100,0	29,0	8,1	45	10
	Abweichende Länge (cm)	75	100,0	96,6	26,9	150	33
	Anguläre Deviation	75	100,0	-8,1	69,2	270	-270
	Eigenspin	75	100,0	92,3	87,6	380	0
	Laterale Schwankung (mm)	75	100,0	3,2	1,2	7	1
	Laterale Schwankung (cm)	75	100,0	10,8	3,9	23	3
Steh-CCG	anterior-posteriore Schwankung (mm)	75	100,0	1,7	0,9	5	1
	anterior-posteriore Schwankung (cm)	75	100,0	5,6	3,1	17	3
	Laterale Schwankung (mm)	75	100,0	1,9	0,9	5	1
	Laterale Schwankung (cm)	75	100,0	6,2	3,0	17	3

7.3 Kollektiv 0022

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Alter	39	100,0	51,5	13,0	72	22
	Schwanken	13	33,3				
	Liftgefühl	1	2,6				
	Drehen	16	41,0				
	Fallen	0	0,0				
	Schwarzwerden	7	17,9				
	Unsicherheit	17	43,6				
	Vertigo	29	74,4	1,9	1,0	5	1
	Schweiß	6	15,4				
	Übelkeit	12	30,8				
	Würgen	2	5,1				
	Erbrechen	7	17,9				
	Kollaps	0	0,0				
	Vegetative Symptome	14	35,9	1,9	1,0	4	1
Dauer	seit Stunden	0	0,0				
	seit Tagen	4	10,3				
	seit Wochen	2	5,1				
	seit Monaten	8	20,5				
	seit Jahren	13	33,3				
	seit Jahrzehnten	2	5,1				
Anfallsdauer	Sekunden	11	28,2				
	Minuten	12	30,8				
	Stunden	10	25,6				
	Tage	1	2,6				
	Wochen	0	0,0				
	Monate	0	0,0				
	gleichmäßig	2	5,1				
	an und ab	1	2,6				
Tinnitus	gesamt	29	74,4				
	rechts	11	28,2				

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	links	6	15,4				
	beidseits	12	30,8				
Hörminderung	gesamt	29	74,4				
	rechts	13	33,3				
	links	6	15,4				
	beidseits	10	25,6				
Grunderkrankungen	Neurologische Leiden	7	17,9				
	Hypertonus	10	25,6				
	Hypotonus	7	17,9				
	Herzinsuffizienz	1	2,6				
	Herzinfarkt	0	0,0				
	Diabetes	1	2,6				
	Nierenleiden	1	2,6				
Kalorisation	Spontannystagmus rechts	39	100,0	6,7	8,8	43	0
	Spontannystagmus links	39	100,0	8,3	10,5	42	0
	44°C rechts	39	100,0	46,4	11,6	61	25
WARE	Code	39	100,0				
	30°C rechts	39	100,0	43,4	9,2	59	26
KARE	Code	39	100,0				
	44°C links	39	100,0	76,1	13,3	109	64
WALI	Code	39	100,0				
	30°C links	39	100,0	75,6	10,5	105	64
KALI	Code	39	100,0				
Kalorischer Code		0	0,0				
	normal	0	0,0				
	peripher	0	0,0				
	zentral	39	100,0				
	kombiniert	0	0,0				
	Kumulation rechts 44°C	39	100,0	70,4	14,5	115	45
	Kumulation rechts 30°C	39		71,9	17,5	105	45
	Kumulation links 44°C	39	100,0	68,3	14,9	125	45

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Kumulation links 30°C	39	100,0	64,7	17,7	125	45
	Amplitude rechts 44°C	38	97,4	52,1	21,8	110	20
	Amplitude rechts 30°C	38	97,4	49,5	20,9	100	20
	Amplitude links 44°C	38	97,4	58,4	19,7	120	30
	Amplitude links 30°C	38	97,4	59,5	21,8	120	20
RIDT	Perrotatorius rechts	38	97,4	58,7	19,5	101	0
	Rechts-Code	38	97,4				
	Perrotatorius links	38	97,4	57,5	16,8	87	18
	Links-Code	38	97,4				
	ware-perre	0	0,0				
A	ZPNK	38	97,4				
	Parallel	21	53,8				
	Recruitment	15	38,5				
	Decruitment	2	5,1				
	wali-perli	0	0,0				
	ZPNK	38					
	Parallel	24					
	Recruitment	12	30,8				
	Decruitment	2	5,1				
Postrotatorius	rechts 5s	26	66,7	15,1	4,6	22	3
	rechts 10s	26	66,7	13,1	4,4	21	2
	rechts 15s	26	66,7	11,1	3,9	18	5
	rechts 20s	26	66,7	10,1	4,3	19	3
	rechts 25s	26	66,7	7,4	3,5	14	0
	rechts 30s	26	66,7	6,0	3,5	14	1
	links 5s	26	66,7	14,8	3,5	21	6
	links 10s	26	66,7	13,8	3,7	21	8
	links 15s	26	66,7	12,2	3,1	21	8
	links 20s	26	66,7	10,3	3,2	18	5
	links 25s	26	66,7	8,6	3,7	19	3
	links 30s	26	66,7	6,9	3,4	14	1

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
OKN-Rechtsdrehend	OKN	32	82,1	79,4	18,9	117	39
	OKAN rechts	32	82,1	23,6	17,3	72	0
	OKAN links	32	82,1	10,6	11,5	44	0
OKN-Linksdrehend	OKN	32	82,1	53,5	33,2	94	0
	OKAN links	32	82,1	14,5	13,9	54	0
	OKAN rechts	32	82,1	6,8	10,1	39	0
Tret-CCG	Abweichende Länge (mm)	39	100,0	29,6	8,4	45	10
	Abweichende Länge (cm)	39	100,0	98,5	28,1	150	33
	Anguläre Deviation	39	100,0	-11,7	70,0	130	-270
	Eigenspin	39	100,0	-17,2	137,6	270	-370
	Laterale Schwankung (mm)	39	100,0	3,1	1,1	7	1
	Laterale Schwankung (cm)	39	100,0	10,3	3,5	23	3
Steh-CCG	anterior-posteriore Schwankung (mm)	39	100,0	1,6	0,9	4	1
	anterior-posteriore Schwankung (cm)	39	100,0	5,2	2,8	13	3
	Laterale Schwankung (mm)	39	100,0	1,8	0,8	4	1
	Laterale Schwankung (cm)	39	100,0	6,1	2,7	13	3

7.4 Kollektiv 0220

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Alter	30	100,0	48,3	14,6	79	20
	Schwanken	9	30,0				
	Liftgefühl	0	0,0				
	Drehen	8	26,7				
	Fallen	4	13,3				
	Schwarzwerden	4	13,3				
	Unsicherheit	12	40,0				
	Vertigo	18	60,0	2,1	1,0	4	1
	Schweißausbruch	6	20,0				
	Übelkeit	7	23,3				
	Würgen	1	3,3				
	Erbrechen	5	16,7				
	Kollaps	1	3,3				
	Vegetative Symptome	7	23,3	2,9	1,1	5	2
Dauer	seit Stunden	0	0,0				
	seit Tagen	4	13,3				
	seit Wochen	5	16,7				
	seit Monaten	6	20,0				
	seit Jahren	4	13,3				
	seit Jahrzehnten	0	0,0				
Anfallsdauer	Sekunden	9	30,0				
	Minuten	7	23,3				
	Stunden	5	16,7				
	Tage	1	3,3				
	Wochen	0	0,0				
	Monate	0	0,0				
	gleichmäßig	0	0,0				
	an und ab	0	0,0				
Tinnitus	gesamt	19	63,3				
	rechts	6	20,0				

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	links	8	26,7				
	beidseits	5	16,7				
Hörminderung	gesamt	17	56,7				
	rechts	4	13,3				
	links	6	20,0				
	beidseits	7	23,3				
Grunderkrankungen	Neurologische Leiden	6	20,0				
	Hypertonus	8	26,7				
	Hypotonus	5	16,7				
	Herzinsuffizienz	0	0,0				
	Herzinfarkt	2	6,7				
	Diabetes	2	6,7				
	Nierenleiden	2	6,7				
Kalorisation	Spontannystagmus rechts	30	100,0	3,9	5,7	22	0
	Spontannystagmus links	30	100,0	6,7	8,5	29	0
	44°C rechts	30	100,0	47,7	9,4	60	28
WARE	Code	30	100,0				
	30°C rechts	30	100,0	73,7	8,9	93	60
KARE	Code	30	100,0				
	44°C links	30	100,0	74,5	8,9	99	64
WALI	Code	30	100,0				
	30°C links	30	100,0	54,5	7,7	63	35
KALI	Code	30	100,0				
Kalorischer Code		0	0,0				
	normal	0	0,0				
	peripher	0	0,0				
	zentral	0	0,0				
	kombiniert	30	100,0				
	Kumulation rechts 44°C	30	100,0	70,7	15,7	95	45
	Kumulation rechts 30°C	30		65,7	10,8	95	45
	Kumulation links 44°C	30	100,0	71,3	12,2	95	45

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Kumulation links 30°C	30	100,0	66,3	10,4	85	45
	Amplitude rechts 44°C	30	100,0	53,7	20,3	100	30
	Amplitude rechts 30°C	30	100,0	61,7	28,2	120	20
	Amplitude links 44°C	30	100,0	60,0	27,8	120	20
	Amplitude links 30°C	30	100,0	60,7	28,4	140	20
RIDT	Perrotatorius rechts	29	96,7	50,2	15,9	78	4
	Rechts-Code	29	96,7				
	Perrotatorius links	29	96,7	58,9	20,1	88	1
	Links-Code	29	96,7				
	ware-perre	0	0,0				
A	ZPNK	29	96,7				
	Parallel	24	80,0				
	Recruitment	2	6,7				
	Decruitment	3	10,0				
	wali-perli	0	0,0				
	ZPNK	29					
	Parallel	11					
	Recruitment	15	50,0				
	Decruitment	3	10,0				
Postrotatorius	rechts 5s	17	56,7	11,9	6,0	23	0
	rechts 10s	17	56,7	10,9	5,2	19	0
	rechts 15s	17	56,7	9,1	4,6	15	0
	rechts 20s	17	56,7	8,7	4,2	15	0,0
	rechts 25s	17	56,7	6,5	2,9	11	0
	rechts 30s	17	56,7	4,9	3,1	11	0
	links 5s	17	56,7	13,5	6,3	25	0
	links 10s	17	56,7	13,8	5,8	21	0
	links 15s	17	56,7	12,6	5,3	20	0
	links 20s	17	56,7	10,6	4,6	18	0
	links 25s	17	56,7	8,9	4,0	15	0
	links 30s	17	56,7	7,2	3,7	14	0

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
OKN-Rechtsdrehend	OKN	29	96,7	83,2	25,1	131	0
	OKAN rechts	29	96,7	14,3	11,7	55	0
	OKAN links	29	96,7	12,3	11,4	49	0
OKN-Links-drehend	OKN	29	96,7	45,7	47,2	121	0
	OKAN links	29	96,7	9,8	15,4	49	0
	OKAN rechts	29	96,7	2,6	4,8	16	0
Tret-CCG	Abweichende Länge (mm)	29	96,7	29,6	8,8	40	5
	Abweichende Länge (cm)	29	96,7	98,5	29,4	133	16
	Anguläre Deviation	29	96,7	15,2	102,1	395	-310
	Eigenspin	29	96,7	35,9	105,1	360	-180
	Laterale Schwankung (mm)	29	96,7	3,4	1,2	6	1
	Laterale Schwankung (cm)	29	96,7	11,4	4,1	20	3
Steh-CCG	anterior-posteriore Schwankung (mm)	29	96,7	1,4	0,6	3	1
	anterior-posteriore Schwankung (cm)	29	96,7	4,8	1,9	10	3
	Laterale Schwankung (mm)	29	96,7	1,7	0,8	5	1
	Laterale Schwankung (cm)	29	96,7	5,1	1,9	6	0

7.5 Kollektiv 2200

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Alter	36	100,0	48,2	13,7	77	27
	Schwanken	14	38,9				
	Liftgefühl	0	0,0				
	Drehen	15	41,7				
	Fallen	2	5,6				
	Schwarzwerden	5	13,9				
	Unsicherheit	23	63,9				
	Vertigo	27	75,0	2,2	0,9	5	1
	Schweißausbruch	7	19,4				
	Übelkeit	16	44,4				
	Würgen	0	0,0				
	Erbrechen	8	22,2				
	Kollaps	0	0,0				
	Vegetative Symptome	17	47,2	1,8	0,8	3	1
Dauer	seit Stunden	0	0,0				
	seit Tagen	0	0,0				
	seit Wochen	2	5,6				
	seit Monaten	10	27,8				
	seit Jahren	18	50,0				
	seit Jahrzehnten	0	0,0				
Anfallsdauer	Sekunden	11	30,6				
	Minuten	10	27,8				
	Stunden	5	13,9				
	Tage	3	8,3				
	Wochen	0	0,0				
	Monate	0	0,0				
	gleichmäßig	0	0,0				
	an und ab	3	8,3				
Tinnitus	gesamt	29	80,6				
	rechts	6	16,7				

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	links	12	33,3				
	beidseits	11	30,6				
Hörminderung	gesamt	21	58,3				
	rechts	5	13,9				
	links	8	22,2				
	beidseits	8	22,2				
Grunderkrankungen	Neurologische Leiden	7	19,4				
	Hypertonus	11	30,6				
	Hypotonus	2	5,6				
	Herzinsuffizienz	0	0,0				
	Herzinfarkt	0	0,0				
	Diabetes	3	8,3				
	Nierenleiden	1	2,8				
Kalorisation	Spontannystagmus rechts	36	100,0	10,8	11,4	56	0
	Spontannystagmus links	36	100,0	9,2	12,1	53	0
	44°C rechts	36	100,0	72,8	8,7	96	62
WARE	Code	36	100,0				
	30°C rechts	36	100,0	71,4	11,8	99	60
KARE	Code	36	100,0				
	44°C links	36	100,0	48,4	11,0	63	25
WALI	Code	36	100,0				
	30°C links	36	100,0	50,3	11,1	63	27
KALI	Code	36	100,0				
Kalorischer Code		0	0,0				
	normal	0	0,0				
	peripher	0	0,0				
	zentral	36	100,0				
	kombiniert	0	0,0				
	Kumulation rechts 44°C	36	100,0	65,3	12,5	85	45
	Kumulation rechts 30°C	36	100,0	62,2	11,9	95	45
	Kumulation links 44°C	36	100,0	69,7	15,9	105	45

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Kumulation links 30°C	36	100,0	65,8	16,1	115	35
	Amplitude rechts 44°C	36	100,0	55,3	21,0	110	20
	Amplitude rechts 30°C	36	100,0	51,9	22,3	120	10
	Amplitude links 44°C	36	100,0	44,7	23,0	120	10
	Amplitude links 30°C	36	100,0	46,4	23,9	140	10
RIDT	Perrotatorius rechts	34	94,4	62,6	18,6	115	25
	Rechts-Code	34	94,4				
	Perrotatorius links	34	94,4	54,7	20,3	104	11
	Links-Code	34	94,4				
	ware-perre	0	0,0				
A	ZPNK	34	94,4				
	Parallel	18	50,0				
	Recruitment	0	0,0				
	Decruitment	16	44,4				
	wali-perli	0	0,0				
	ZPNK	34					
	Parallel	12					
	Recruitment	0	0,0				
	Decruitment	22	61,1				
Postrotatorius	rechts 5s	19	52,8	14,4	4,7	23	5
	rechts 10s	19	52,8	13,3	3,2	19	9
	rechts 15s	19	52,8	11,4	4,1	17	3
	rechts 20s	19	52,8	9,3	4,0	14	1
	rechts 25s	19	52,8	7,9	3,4	13	2
	rechts 30s	19	52,8	6,0	3,5	11	0
	links 5s	20	55,6	15,6	4,2	24	9
	links 10s	20	55,6	15,3	4,9	29	9
	links 15s	20	55,6	13,1	4,0	21	6
	links 20s	20	55,6	10,3	3,4	17	3
	links 25s	20	55,6	9,0	3,3	14	3
	links 30s	20	55,6	6,5	3,6	13	2

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
OKN-Rechtsdrehend	OKN	28	77,8	82,0	14,5	101	36
	OKAN rechts	28	77,8	19,7	14,0	50	0
	OKAN links	28	77,8	7,9	6,6	22	0
OKN-Links-drehend	OKN	28	77,8	48,4	41,8	100	0
	OKAN links	28	77,8	6,5	9,2	36	0
	OKAN rechts	28	77,8	6,2	9,4	30	0
Tret-CCG	Abweichende Länge (mm)	36	100,0	28,3	7,7	40	10
	Abweichende Länge (cm)	36	100,0	94,4	25,8	133	33
	Anguläre Deviation	36	100,0	-4,3	69,0	270	-160
	Eigenspin	36	100,0	-5,6	116,2	380	-250
	Laterale Schwankung (mm)	36	100,0	3,4	1,2	7	1
	Laterale Schwankung (cm)	36	100,0	11,3	4,2	23	3
Steh-CCG	anterior-posteriore Schwankung (mm)	36	100,0	1,8	1,0	5	1
	anterior-posteriore Schwankung (cm)	36	100,0	6,1	3,3	17	3
	Laterale Schwankung (mm)	36	100,0	1,9	1,0	5	1
	Laterale Schwankung (cm)	36	100,0	6,4	3,3	17	3

7.6 Kollektiv 2002

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Alter	45	100,0	44,1	14,2	78	24
	Schwanken	15	33,3				
	Liftgefühl	0	0,0				
	Drehen	18	40,0				
	Fallen	1	2,2				
	Schwarzwerden	5	11,1				
	Unsicherheit	15	33,3				
	Vertigo	32	71,1	1,7	0,9	4	1
	Schweißausbruch	10	22,2				
	Übelkeit	19	42,2				
	Würgen	1	2,2				
	Erbrechen	8	17,8				
	Kollaps	2	4,4				
	Vegetative Symptome	21	46,7	1,9	1,0	5	1
Dauer	seit Stunden	0	0,0				
	seit Tagen	4	8,9				
	seit Wochen	6	13,3				
	seit Monaten	12	26,7				
	seit Jahren	12	26,7				
	seit Jahrzehnten	0	0,0				
Anfallsdauer	Sekunden	12	26,7				
	Minuten	8	17,8				
	Stunden	6	13,3				
	Tage	8	17,8				
	Wochen	1	2,2				
	Monate	0	0,0				
	gleichmäßig	2	4,4				
	an und ab	2	4,4				
Tinnitus	gesamt	31	68,9				
	rechts	9	20,0				

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	links	13	28,9				
	beidseits	9	20,0				
Hörminderung	gesamt	27	60,0				
	rechts	5	11,1				
	links	11	24,4				
	beidseits	11	24,4				
Grunderkrankungen	Neurologische Leiden	8	17,8				
	Hypertonus	5	11,1				
	Hypotonus	6	13,3				
	Herzinsuffizienz	1	2,2				
	Herzinfarkt	1	2,2				
	Diabetes	3	6,7				
	Nierenleiden	1	2,2				
Kalorisation	Spontannystagmus rechts	45	100,0	12,0	10,7	37	0
	Spontannystagmus links	45	100,0	5,2	6,5	27	0
	44°C rechts	45	100,0	72,5	9,4	108	62
WARE	Code	45	100,0				
	30°C rechts	45	100,0	50,1	8,0	59	28
KARE	Code	45	100,0				
	44°C links	45	100,0	45,6	8,5	61	30
WALI	Code	45	100,0				
	30°C links	45	100,0	71,0	6,1	89	64
KALI	Code	45	100,0				
Kalorischer Code		0	0,0				
	normal	0	0,0				
	peripher	0	0,0				
	zentral	0	0,0				
	kombiniert	45	100,0				
	Kumulation rechts 44°C	45	100,0	66,6	12,8	95	45
	Kumulation rechts 30°C	45	100,0	65,2	12,3	95	45
	Kumulation links 44°C	45	100,0	66,8	15,4	115	45

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
	Kumulation links 30°C	45	100,0	66,3	13,2	105	45
	Amplitude rechts 44°C	45	100,0	66,2	27,2	120	20
	Amplitude rechts 30°C	45	100,0	59,1	26,6	150	20
	Amplitude links 44°C	45	100,0	53,6	23,8	130	20
	Amplitude links 30°C	45	100,0	68,0	28,0	140	20
RIDT	Perrotatorius rechts	45	100,0	65,8	14,4	100	36
	Rechts-Code	45	100,0				
	Perrotatorius links	45	100,0	46,4	15,7	94	15
	Links-Code	45	100,0				
	ware-perre	0	0,0				
A	ZPNK	45	100,0				
	Parallel	22	48,9				
	Recruitment	0	0,0				
	Decruitment	23	51,1				
	wali-perli	0	0,0				
	ZPNK	45					
	Parallel	4					
	Recruitment	0	0,0				
	Decruitment	41	91,1				
Postrotatorius	rechts 5s	29	64,4	13,8	5,6	21	0
	rechts 10s	29	64,4	13,4	4,6	19	0
	rechts 15s	29	64,4	11,6	3,9	16	0
	rechts 20s	29	64,4	10,2	3,5	16	0
	rechts 25s	29	64,4	8,4	3,7	14	0
	rechts 30s	29	64,4	6,8	3,3	14	0
	links 5s	29	64,4	12,1	5,1	19	0
	links 10s	29	64,4	11,6	3,9	18	0
	links 15s	29	64,4	9,6	3,3	15	0
	links 20s	29	64,4	8,3	3,8	14	0
	links 25s	29	64,4	6,4	3,8	16	0
	links 30s	29	64,4	4,8	3,1	14	0

		Anzahl	%	MW	St.-Dev.	Max	Min
OKN-Rechtsdrehend	OKN	45	100,0	79,1	19,5	116	0
	OKAN rechts	45	100,0	34,6	17,9	71	0
	OKAN links	45	100,0	6,0	6,5	25	0
OKN-Links-drehend	OKN	45	100,0	45,8	39,5	100	0
	OKAN links	45	100,0	10,1	13,9	53	0
	OKAN rechts	45	100,0	7,8	11,1	41	0
Tret-CCG	Abweichende Länge (mm)	45	100,0	27,9	7,3	40	10
	Abweichende Länge (cm)	45	100,0	93,0	24,5	133	33
	Anguläre Deviation	45	100,0	-26,6	75,9	85	-360
	Eigenspin	45	100,0	-42,6	131,9	180	-360
	Laterale Schwankung (mm)	45	100,0	3,0	0,8	5	1
	Laterale Schwankung (cm)	45	100,0	9,9	2,7	17	3
Steh-CCG	anterior-posteriore Schwankung (mm)	45	100,0	1,7	0,9	4	1
	anterior-posteriore Schwankung (cm)	45	100,0	5,6	2,9	13	3
	Laterale Schwankung (mm)	45	100,0	1,8	0,6	3	1
	Laterale Schwankung (cm)	45	100,0	6,1	2,2	10	3

Danksagungen

Herrn Priv.-Doz. Dr. D. Schneider danke ich für die Überlassung dieses interessanten Themas, für die freundliche Hilfestellung sowie die wertvollen Ratschläge bei der Erstellung der Arbeit.

Herrn Professor Dr. R. Hagen danke ich für die Übernahme des Referates.

Herrn Professor Dr. U. Schlagenhaut gilt mein Dank für die Übernahme des Koreferates.

Bei Herrn Ass. jur. Dipl.-Jur. Univ. W. E. Löw möchte ich mich für die tatkräftige Unterstützung am Computer bedanken.

Vielen Dank an den BCE für die stetige Gewährleistung optimaler Rahmenbedingungen.

Lebenslauf

- 27.08.1977 Geboren in Bad Kissingen als zweites Kind des HNO-Arztes Dr. Wilhelm-Friedrich Löw und seiner Ehefrau Ute-Christel, geb. Graef
- 1984-1988 Besuch der Grundschule Estenfeld
- 1988-1993 Besuch des Städtischen Röntgengymnasiums Würzburg
- 1993-1998 Besuch des Egbert-Gymnasiums Münsterschwarzach
- 1999-2004 Studium der Zahnmedizin an der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- 21.12.2004 Approbation als Zahnarzt
- seit 5/2005 Assistenz Zahnarzt bei Dr. IMF Klausenburg P. Mild
- seit 1/2006 Studium der Wissenschaftskommunikation an der Hochschule Bremen