

Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik der
Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Direktor Univ.-Prof. Dr. W. Arnold)

Beteiligung des Sacculus beim Morbus Menière
Eine VEMP-Studie

Dietrich Goedsche

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. K.-F. Hamann
2. Priv.-Doz. Dr. M. K. Steuer-Vogt

Die Dissertation wurde am 10.06.2005 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 14.09.2005
angenommen.

Beteiligung des Sacculus beim Morbus Menière

Eine VEMP-Studie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems	4
1.2	Pathophysiologie des vestibulären Systems	9
1.3	Untersuchungsmethoden des vestibulären Systems.....	10
1.3.1	Bogengangstests	11
1.3.2	Otolithentests.....	12
1.3.2.1	Utriculustests.....	12
1.3.2.2	Sacculustest (VEMP).....	13
1.3.3	Zentral-vestibuläre Tests	16
1.4	Menièresche Krankheit.....	17
1.4.1	Pathophysiologie	18
1.4.2	Klinische Symptomatik.....	21
1.4.3	Diagnostik.....	23
1.4.4	Therapie.....	26
1.5	Fragestellung	27

2	Methodik.....	28
2.1	Videookulographie und thermische Prüfung.....	28
2.1.1	Apparative Voraussetzung.....	28
2.1.2	Untersuchungsablauf.....	29
2.1.3	Auswertung.....	30
2.2	Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)	31
2.2.1	Apparative Voraussetzung.....	31
2.2.2	Untersuchungsablauf.....	32
2.2.3	Auswertung.....	34
2.3	Untersuchungskollektiv	35
2.3.1	Kontrollgruppe	35
2.3.2	Patientengut.....	35
2.4	Anmerkungen zur Statistik	36
3	Ergebnisse	37
3.1	Spontannystagmus und thermische Prüfung.....	37
3.1.1	Kontrollgruppe	37
3.1.2	Menière-Patienten	37
3.2	Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale.....	43
3.2.1	Kontrollgruppe	43
3.2.2	Menière-Patienten	43
3.3	Vergleich zwischen thermischer Prüfung und VEMP	45
3.3.1	Kontrollgruppe	45
3.3.2	Menière-Patienten	45

3.4	Vergleich zwischen der Schilderung der Schwindelbeschwerden und den VEMP-Befunden.....	49
4	Diskussion.....	53
4.1	Beteiligung des Sacculus bei der Menièreschen Erkrankung.....	53
4.2	Pathophysiologische Überlegungen zur Erklärung der VEMP- Befunde bei Menière-Patienten	54
4.3	Schwindelqualität und VEMP	57
4.4	Klinische Wertigkeit der VEMP in der neurootologischen Diagnostik.....	58
5	Zusammenfassung.....	60
6	Literaturverzeichnis	63
7	Abkürzungsverzeichnis	69
8	Abbildungsverzeichnis.....	70
9	Tabellenverzeichnis.....	72
10	Danksagung	73

1 Einleitung

1.1 Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems

Das vestibuläre System dient der bewußten Orientierung im Raum, der Blickmotorik und der Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichts. Es besteht aus Mechanorezeptoren, dem Vestibularnerven sowie zentralen Schaltstrukturen vom Hirnstamm bis zum Kortex (Kornhuber, 1966).

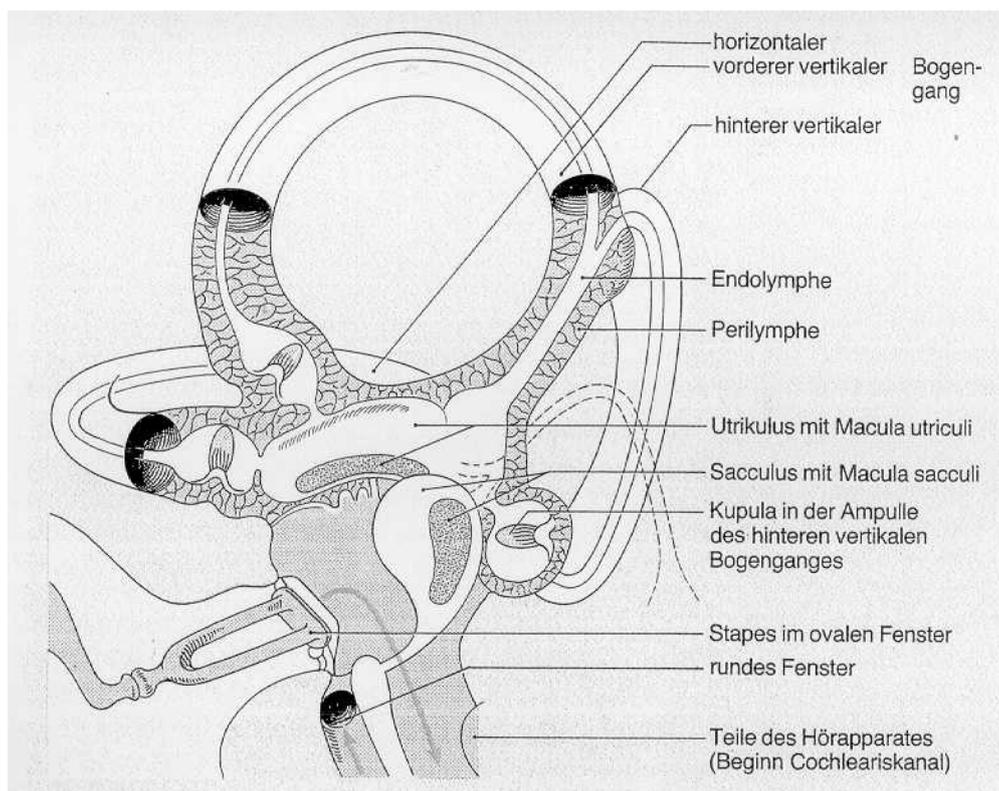


Abb. 1 Lage der vestibulären Rezeptoren im Bogengangs- und Otolithenapparat (aus Hamann, 1994, S. 262)

Der im Innenohr gelegene Rezeptorapparat ist paarig angelegt und besteht auf jeder Seite aus fünf Einzel-Rezeptororganen. Die drei Bogengangszereptoren, die annähernd im rechten Winkel zueinander in allen Richtungen des Raumes stehend angeordnet sind, dienen der Erkennung von angulären (Winkel-) Beschleunigungen. Die Otolithenorgane Utriculus und Sacculus erlauben die Erkennung geradliniger, also linearer Beschleunigungen im Raum. Bei aufrechter Kopfhaltung erfasst der Utriculus wegen der dann annähernd waagerechten Lage seiner Rezeptormembran Beschleunigungen in horizontaler Ebene. Der zum Utriculus etwa senkrecht stehende Sacculus spricht vor allem auf Vertikalbeschleunigungen des Kopfes an.

Die knöchernen Bogengänge und der Otolithenapparat enthalten flüssigkeitsgefüllte Hohlräume. In jedem einzelnen von ihnen liegt die von Endolymphe umgebene Cupula der Bogengänge und in den Otolithenorganen die mit Otolithen bedeckten Maculaorgane. Beide Organtypen enthalten ein Sinnesepithel, das sich aus Haarzellen aufbaut. Die Stereovilli und das Kinozilium dieser Haarzellen ragen in eine gallertige Masse, die als eigentlicher Überträger von Beschleunigungskräften in Cupula und Macula dient.

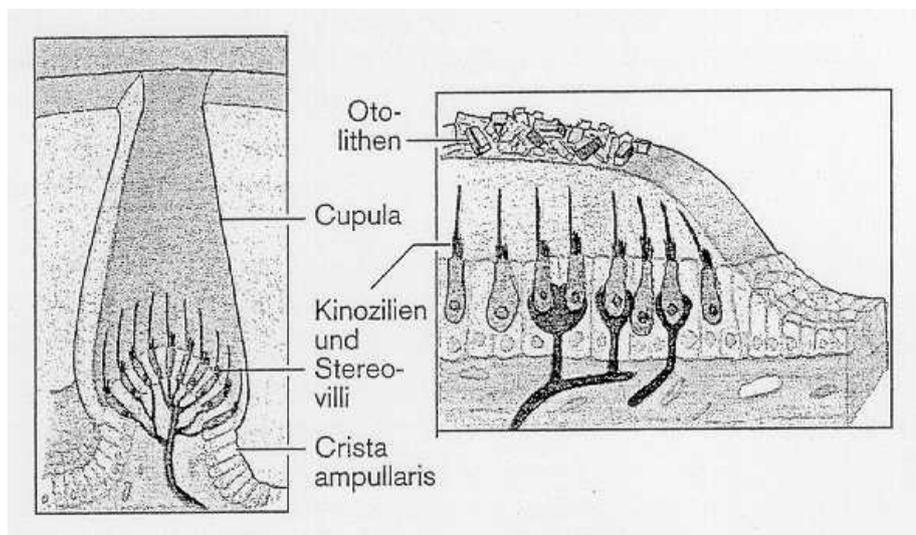


Abb. 2 Mikroskopischer Aufbau der Cupula (links) und des Otolithenapparates (rechts) (aus Klinke, 1996, S. 657)

Nur in den Otolithenorganen jedoch wird die Dichte der gallertigen Membran gegenüber der Endolymphe durch die oberflächlich in sie eingelagerten Otolithen erhöht. Dies ermöglicht dem Otolithenapparat auch bei ruhender Kopfposition, aber entsprechender Haltung im Schwerfeld der Erde, ein Ansprechen seiner Haarzellrezeptoren (Hamann, 1994).

Bei einer Bewegung des Kopfes kommt es zu einer synchronen Bewegung der knöchernen Anteile mit einer entsprechenden trägheitsbedingten Verschiebung der Endolymphe. Diese bewirkt eine Verlagerung der Cupula beziehungsweise der Macula, und damit auch eine Auslenkung der ihnen aufsitzenden Zilien. Die Abscherung dieser Sinneshärchen führt über einen Transduktionsmechanismus der Sinneszelle letztlich zu einem veränderten Rezeptorpotential. Dabei können Bewegungen der Sinneshärchen in beide Richtungen kodiert werden, was entweder zu einer Zunahme oder andernfalls zu einer Abnahme der neuronalen Aktivität führt. Eine bestehende Ruheaktivität in den afferenten Nervenfasern wird durch den adäquaten Reiz der Härchenauslenkung also moduliert (Klinke, 1996).

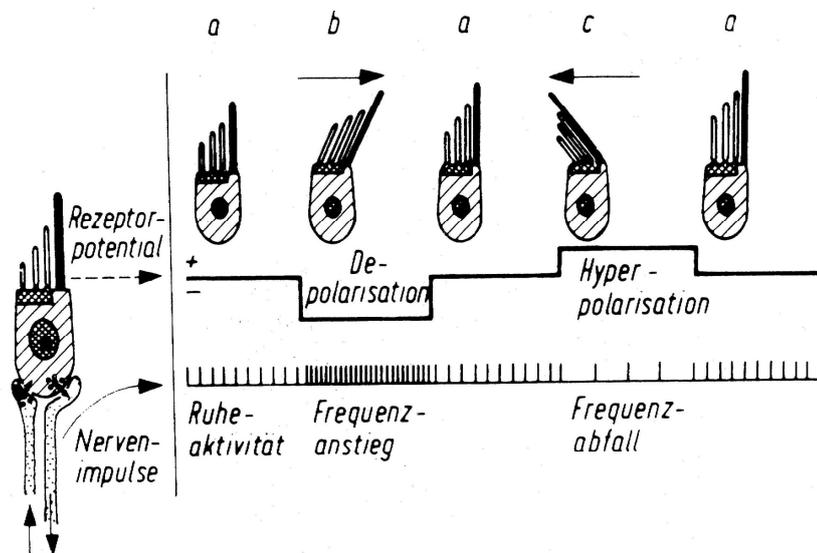


Abb. 3 Schematische Darstellung des Verhaltens des Rezeptorpotentials und der Modulation der Nervenimpulse bei adäquater Reizung, nach Groen 1972 (aus Hamann, 1987, S. 13)

Dieser grundsätzliche Erregungsmechanismus an den vestibulären Haarzellen ist für Macula- und Bogengangorgane gleich. Dennoch kommt den mit Otolithen bedeckten Maculaorganen wegen ihres besonderen Aufbaus, wie schon angedeutet, noch eine zusätzliche Aufgabe zu. Durch ihre erhöhte Dichte verschiebt sich die schwere Otolithenmembran nicht nur bei variablen Linearbeschleunigungen, sondern übt auch schon unter dem ständigen Einfluß der konstanten Erdbeschleunigung (Gravitation) Scherkräfte auf das jeweilige nicht völlig waagrecht stehende Sinnesepithel aus. Dementsprechend werden zu jedem Zeitpunkt je nach Schädelstellung bestimmte Sinneszellen des Verbandes erregt (Abb. 4). Die zentrale Verarbeitung der dadurch fortgeleiteten charakteristischen Aktivitäten ermöglicht die Berechnung und Wahrnehmung der Stellung des Kopfes im Raum.

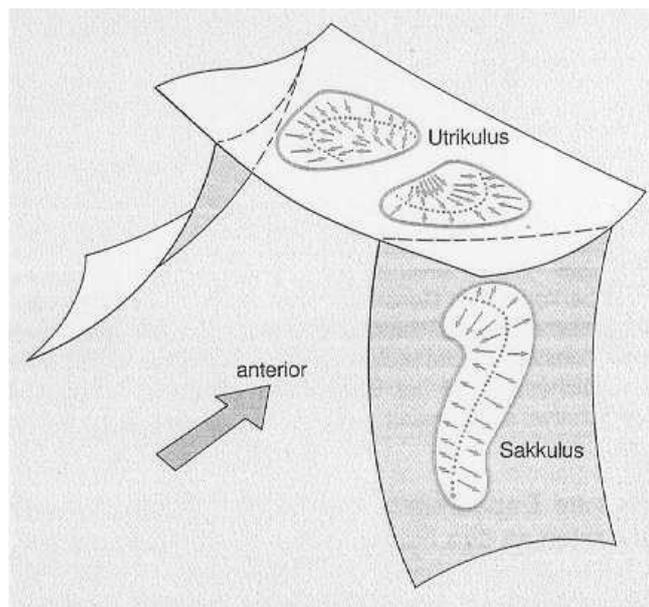


Abb. 4 Geographische Anordnung des Maculaapparates im Innenohr beider Seiten mit schematischer Darstellung der Haarbüschelrichtungen in Utriculus und Sacculus (aus Hamann, 1994, S. 265)

Die so im Otolithenapparat bzw. durch Auslenkung der Cupula aufgenommene Information wird zunächst über den Vestibularnerven zu den im Hirnstamm gelegenen Vestibulariskernen weitergeleitet. Hier findet die erste wichtige Integration von Informationen statt. Dabei konvergieren in

den Vestibulariskernen nicht nur die Informationen aus den verschiedenen labyrinthären Rezeptoren, sondern auch die Verarbeitung mit nicht-vestibulären Informationen findet hier statt (Abb. 5).

Darüber hinaus kommt es bereits auf diesem frühen Niveau zu einem Informationsabgleich zwischen den Vestibulariskernen beider Seiten. Dies wird erreicht durch kommissurale Nervenfasern, die die verschiedenen Zelltypen der Vestibulariskerne über ein kompliziertes System von Bahnungen und Hemmungen miteinander verbinden (Hamann, 1994).

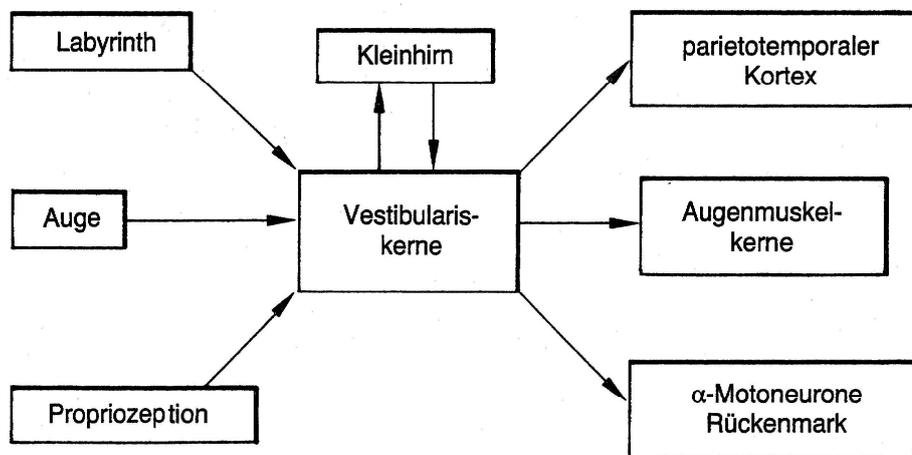


Abb. 5 Schematische Darstellung der Hauptafferenzen und -efferenzen der Vestibulariskerne (aus Hamann, 1987, S. 15)

Das Ergebnis dieser Informationsverarbeitung wird zu den drei Haupteffektororganen fortgeleitet - zum parieto-temporalen Kortex für die bewußte Orientierung im Raum, für die reflektorische Steuerung der Blickmotorik zu den Augenmuskelkernen und für die Aufrechterhaltung der Körperhaltung zu den Rückenmarksvorderhornzellen (Abb. 5).

Voraussetzung für das normale Funktionieren des vestibulären Systems ist ein sogenanntes Tonusgleichgewicht zwischen den Vestibulariskernen, das sich durch neurophysiologische Parameter wie Spontanaktivität, Verstärkungsfaktor, Phasenverhalten und Zeitkonstante definieren läßt (Hamann, 1994).

1.2 Pathophysiologie des vestibulären Systems

Wie in Abschnitt 1.1 bereits hervorgehoben, liegt dem normalen Funktionieren des vestibulären Systems ein sogenanntes Tonusgleichgewicht in Höhe der Vestibulariskerne zu Grunde. Dies wird unter normalen Umständen durch einen annähernd symmetrischen Informationszufluß aus den Vestibularapparaten beider Seiten erreicht.

Im Falle einer einseitigen peripher-vestibulären Läsion entsteht ein Seitenunterschied, der sich den Vestibulariskernen mitteilt. Dies führt zu einem zentralen Tonusungleichgewicht, das sich klinisch beim Menschen als Schwindel (Drehschwindel), Spontannystagmus und vestibuläre Ataxie äußert.

Selbst bei Bestehenbleiben der peripher-vestibulären Seitendifferenz ist es den zentralen Strukturen möglich, ein neues Tonusgleichgewicht zu erreichen, das zu einer mehr oder weniger kompletten Erholung der oben genannten Symptome führt. Dabei machen es intranukleäre und internukleäre Verschaltungen möglich, daß es für bestimmte neurophysiologisch messbare Parameter zu einer Annäherung beider Seiten kommt. Diese Vorgänge werden mit dem Begriff „Vestibuläre Kompensation“ umschrieben (Dieringer, 1995).

An diesen Erholungsvorgängen im Rahmen der vestibulären Funktion nehmen auch nicht-vestibuläre, aber mit dem vestibulären System kooperierende Systeme, wie das visuelle und das propriozeptive teil. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen sind spezielle Behandlungsverfahren im Sinne eines vestibulären Habituationstrainings zur Förderung der zentral-vestibulären Kompensation entwickelt worden. Das Grundprinzip des vestibulären Habituationstrainings besteht darin, bei nicht kompensierten einseitigen Läsionen durch gezielte wiederholte Reizungen eine Kompensation anzustreben (Hamann, 1987).

Für die Menièresche Krankheit ergibt sich eine Besonderheit. Bedingt durch die besondere Pathogenese der Menièreschen Erkrankung gehört

es zu den Charakteristika dieser Erkrankung, daß der Erregungszustand des Rezeptors wechselt. Die sich daraus ergebenden funktionellen Konsequenzen werden in Abschnitt 1.4 ausführlich dargestellt.

1.3 Untersuchungsmethoden des vestibulären Systems

Entsprechend den Funktionen, an denen das vestibuläre System beteiligt ist (siehe Abschnitt 1.1), stützen sich die Untersuchungsmethoden des vestibulären Systems auf die Schwindelanamnese, Untersuchungen der Okulomotorik sowie Untersuchungen der Spinalmotorik.

Durch gezielte Fragen im Rahmen einer Anamnese lassen sich Schwindelbeschwerden nach ihrer Qualität, nach ihrer Zeitdauer und nach den situativen Begleitumständen klassifizieren. Obwohl der Wert einer sorgfältigen Anamnese nicht hoch genug veranschlagt werden kann, bleibt sie naturgemäß subjektiv.

Die Untersuchungen der Okulomotorik stellen einen objektiven Zugang zu den Funktionen des vestibulären Systems dar. Sowohl die spontan vorhandenen Störungen der Blickmotorik wie ein Spontannystagmus als auch die Methoden der experimentellen Prüfungen sind willkürlich vom Patienten nicht zu beeinflussen.

Die klassischen vestibulo-spinalen Prüfungen, wie der Romberg-Stehversuch oder der Unterberger-Tretversuch, unterliegen subjektiven Einflüssen durch den Patienten und liefern häufig enttäuschende Aussagen, da bei der Haltungsreaktion auch nicht-vestibuläre Kompensationsmechanismen vestibuläre Schäden überdecken können.

Technisch aufwendigere Verfahren mittels EMG liefern aber, wie in Abschnitt 1.3.2 dargestellt, einen objektiven Zugang zu vestibulären Störungen.

In den folgenden Teilkapiteln werden objektive Untersuchungsmethoden dargestellt, die darüber hinaus eine Differentialdiagnostik des vestibulären Systems ermöglichen.

1.3.1 Bogengangstests

Die Untersuchung der Bogengangsfunktion erfolgt in der klinischen Routine ausschließlich über die Registrierung der Augenbewegungen. Dabei werden sowohl spontan vorhandene oder provozierbare Nystagmen als auch die durch experimentelle Prüfungen hervorgerufenen pathologisch veränderten Reaktionen der Blickmotorik als möglicher Indikator für ein vestibuläres Ungleichgewicht ausgewertet.

Die einzige Methode, mit der der Bogengangsapparat - genauer gesagt der horizontale Bogengang - seitentrennt untersucht werden kann, ist die thermische Prüfung. Durch entsprechende Lage des Kopfes wird versucht, den horizontalen Bogengang möglichst isoliert thermisch zu erregen. Dies geschieht über eine Spülung des äußeren Gehörgangs mit Wasser, die Applikation von Luft dagegen liefert wesentlich ungenauere Ergebnisse. Der so induzierte Temperaturgradient und der damit verknüpfte Wärmestrom leiten letztlich eine Endolymphströmung im Bogengang ein und damit eine Cupulaablenkung (Scherer u. Helling, 2001).

Die bei diesem Vorgang ausgelösten Augenbewegungen kann man unter der Lupenbrille nach Frenzel, mit Hilfe der Elektronystagmographie oder auch mit der Videookulographie auswerten.

Bei der Drehung des Kopfes um seinen Mittelpunkt werden beide Bogengangsorgane synchron erregt. Durch entsprechende Kopfposition versucht man auch hier, nur die horizontalen Bogengänge zu erregen. Die Reaktion der Augen spiegelt bei der rotatorischen Prüfung das Ergebnis einer beidseitigen Stimulation nach ihrer zentralen Verarbeitung wieder. Beurteilt werden die perrotatorischen oder postrotatorischen Nystagmen jeweils bei einer Rechts- und Linksdrehung. Während im Normalfall symmetrische Reaktionen zu erwarten sind, deutet das Überwiegen einer Nystagmus-

richtung hingegen auf eine gestörte zentrale Koordination beider Bogengangsorgane hin (Westhofen, 2001).

Bedingt durch die anatomische Lage der beiden vertikalen Bogengänge ist es außerordentlich schwierig, diese selektiv zu reizen. Nur durch die aufwendige Konstruktion eines kardanisches aufgehängten Drehstuhls ist es möglich, eine selektive Reizung durchzuführen.

1.3.2 Otolithentests

Bis vor wenigen Jahren war es üblich, das Ergebnis der thermischen Prüfung auf die Funktion des gesamten Vestibularapparats zu übertragen, obwohl bei der thermischen Prüfung tatsächlich nur der horizontale Bogengang stimuliert wird. Die Entwicklung der letzten Jahre brachte es mit sich, daß nunmehr auch spezifische Tests für die Funktionsbestimmung des Otolithenapparates zur Verfügung stehen.

1.3.2.1 Utriculustests

Der Utriculus dient der Erfassung linearer Kopfbewegungen. Er ist so im Kopf gelagert, daß beim aufrecht sitzenden Menschen bevorzugt Bewegungen in der Horizontalebene erfasst werden. Der angreifende Vektor wird daher durch Translationsbewegungen in der Horizontalebene, aber auch durch Neigungen des Kopfes zur Seite verändert. Dies führt zu einem an der Augenposition ablesbaren Phänomen, der Gegenrollung der Augen (OCR = *ocular counterrolling*). Bei Seitwärtsneigung des Kopfes um die Rollachse treten kompensatorische Augenverrollungen zur Gegenseite auf. Sie erreichen 10 bis 15 Winkelgrad wenn der Kopf zwischen 60 und 90 Grad gekippt wird (Diamond u. Markham, 1983).

Seit Einführung videookulographischer Methoden auch für Augenbewegungen um die Sehachse, also Torsionen, ist es prinzipiell möglich, dieses Phänomen in der klinischen Routine zu messen (Hamann, 1998). Noch sind die Geräte zur Erfassung der Torsionen aber nicht so ausgereift, als daß diese Methode für die Alltagsroutine empfohlen werden kann.

Im Bereich der bewußten Orientierung setzt sich die Utriculusfunktion in die Empfindung der Vertikalität um. Meßbar wird dieses Phänomen durch die Bestimmung der visuellen subjektiven Vertikalen (VSV). Im Rahmen der klinischen Untersuchung erhält der Patient die Instruktion, im dunklen Raum eine Leuchtlinie senkrecht zu stellen. Zahlreiche klinische Untersuchungen haben gezeigt, daß es in der Akutphase vestibulärer Läsionen zu erheblichen Abweichungen (bis zu 20 Winkelgrad) der VSV kommen kann, die im Verlauf von wenigen Wochen durch Kompensationsvorgänge zu Normalwerten zurück finden (Bonkowsky u. Hamann, 1987).

Daß auch die zentralen Abschnitte der Otolithenbahnen an der VSV – Bestimmung teilnehmen, belegen die Untersuchungen von Dieterich und Brandt. Sie beobachteten erhebliche VSV – Abweichungen bei Läsionen in Hirnstamm, Thalamus und Kortex (Brandt u. Dieterich, 1994).

Diese relativ einfache Methode der VSV - Bestimmung spiegelt nach heutiger Ansicht die Funktion des Utriculus (Böhmer u. Mast, 1999), aber auch der zentralen Otolithenbahnen (Brandt u. Dieterich, 1994) wider.

1.3.2.2 Sacculustest (VEMP)

Der Sacculus ist mit seinen Sinneszellen im Kopf so gelagert, daß er bevorzugt Kopfbewegungen in vertikaler Richtung aufnehmen kann. Spezifische Untersuchungen dieses Organs wären mit einem fahstuhllähnlichen Gerät möglich, sind aber für die klinische Routine nicht einsetzbar.

Vielmehr steht seit rund 10 Jahren eine Methode zur Verfügung, die als selektiver Sacculustest angesehen wird: die vestibulär evozierten myogenen Potentiale (VEMP).

Durch Klickreize hohen Schalldrucks wird im Innenohr nicht nur die Cochlea erregt, sondern auch der Sacculus, wie tierexperimentelle Studien bewiesen haben. Dies führt reflektorisch zu einer Reaktion der Halsmuskulatur, die den „vestibulo-colic“ Reflexen zuzuordnen ist (Colebatch et al., 1994). Am deutlichsten ist sie im EMG des Musculus sternocleido-

mastoideus zu erkennen, weshalb dieser im allgemeinen als Ableitort benutzt wird. Es handelt sich bei der EMG-Antwort um eine Potentialfolge, die aus zwei Wellenkomplexen besteht. Der frühe Komplex hat zwei Extrema mit typischen Latenzzeiten von 13 ms und 23 ms (p13, n23), die des späteren Komplexes liegen bei 34 ms und 44 ms (n34, p44).

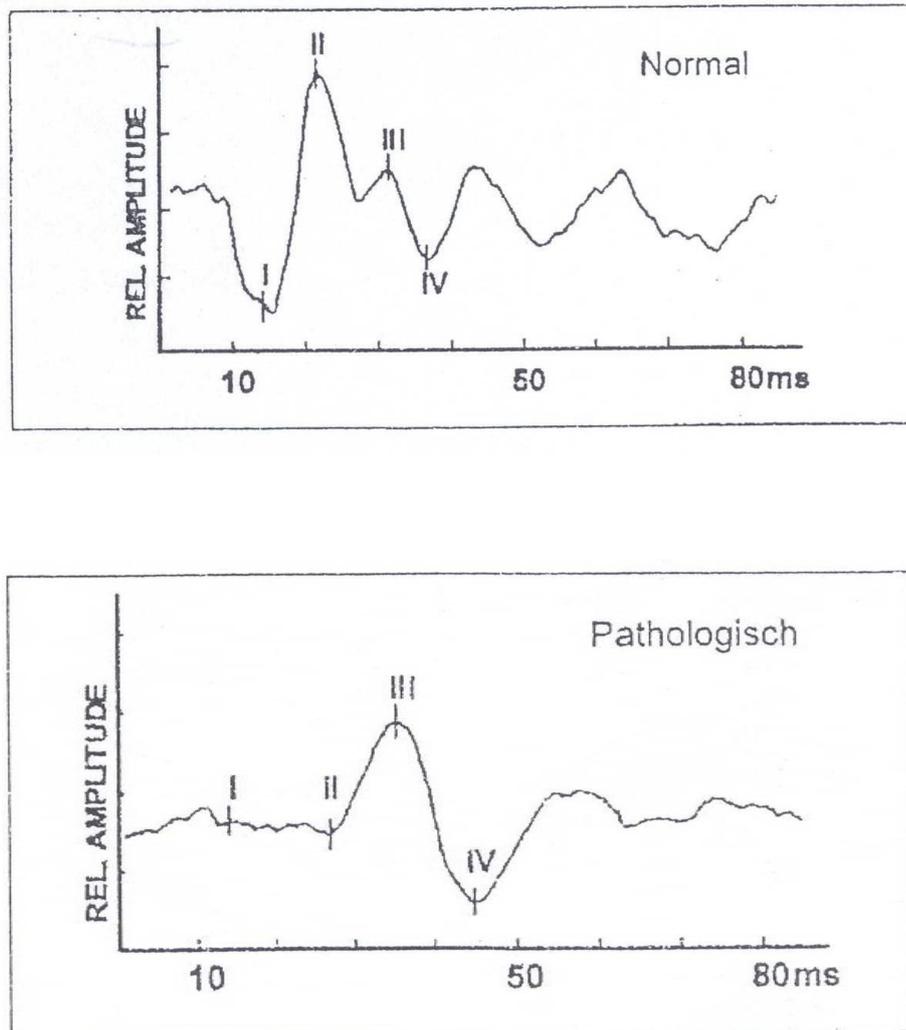


Abb. 6 Beispiele von VEMP-Originalregistrierungen:
oben bei einem Gesunden,
unten bei einem Patienten mit gestörter Sacculusfunktion

Ableitungen der VEMP bei ertaubten Personen zeigen typischerweise ein Fehlen der späten Komponente (n34, p44), während der erste Wellen-

komplex (p13, n23) weiterhin nachweisbar ist. Entsprechend ist bei Patienten nach selektiver vestibulärer Neurektomie mit erhaltener Cochlea-funktion der entgegengesetzte Befund zu beobachten. Daraus ließ sich schließen, daß der frühe Wellenkomplex dem Vestibularapparat zuzuordnen ist, der spätere der Cochlea (Colebatch et al., 1994).

Weitere tierexperimentelle Untersuchungen, durchgeführt an Meer-schweinchen mit Tracermethoden, haben ergeben, daß der Sacculus für die Auslösung der VEMP verantwortlich ist (Murofushi und Curthoys, 1997). Zahlreiche klinische Studien haben ergänzend gezeigt, daß mit dieser Methode eine selektive und seitengetrennte Beurteilung der Sacculusfunktion möglich ist (Ferber-Viart et al., 1999).

Mit dieser Methode können nun bestimmte Fragen zur Topodiagnostik bei verschiedenen vestibulären Erkrankungen beantwortet werden. Die Mitbe-teiligung des Sacculus beim Morbus Menière ist Gegenstand der vorlie-genden Arbeit. Bei der Neuritis vestibularis kann geprüft werden, ob der inferiore Ast des Nerven ausgespart bleibt, wie dies oft der Fall ist, oder ob die Entzündung den gesamten Vestibularnerven betrifft (Fetter und Dich-gans, 1996). Auch in der Früherkennung von Tumoren des Kleinhirnbrü-ckenwinkels, insbesondere von Vestibularschwannomen, ist die Ableitung der VEMP von Bedeutung. Hier kann mit einer Veränderung der Potentiale gerechnet werden wenn durch den Tumor der untere der beiden Vestibu-larnervenäste geschädigt oder mitgeschädigt ist (Hamann et al., 2002).

Ganz allgemein kann die Ableitung der VEMP Aufschluß darüber geben, ob unklare Schwindelbeschwerden, bei denen andere vestibuläre Unter-suchungsmethoden Normalbefunde ergeben haben, auf eine isolierte Sacculusunterfunktion zurückzuführen sind. Nicht zuletzt aus diesem Grund haben die VEMP als zusätzliche Untersuchungsmethode auch bei gutachterlichen Fragestellungen besonderen Stellenwert.

1.3.3 Zentral-vestibuläre Tests

Neben der Abklärung der peripher-vestibulären Funktion ist es wichtig, auch die zentralen Bahnen zu untersuchen, um an ihnen gelegene Läsionen aufzudecken.

Der wichtigste Test, um die zentral-vestibuläre Funktion zu prüfen, ist der rotatorische Test. Bei seiner Durchführung wird der Patient um die Körperlängsachse gedreht. Dabei werden beide Vestibularapparate synchron erregt, und das Ergebnis der zentralen Integration wird an den Augenbewegungen als rotatorisch ausgelöster Nystagmus sichtbar. Bei Gesunden treten bei Rechts- und Linksdrehung, gleiche Reizparameter vorausgesetzt, symmetrische Reaktionen auf. Bei akuten, also noch nicht kompensierten peripher-vestibulären Schäden, aber auch bei Läsionen im Vestibulariskerngebiet, werden die Reaktionen im Seitenvergleich asymmetrisch. Mit Fortschreiten der zentral-vestibulären Kompensationsvorgänge stellen sich aber im allgemeinen wieder symmetrische Antworten ein. Die rotatorische Prüfung erlaubt also eine Abschätzung der zentralen Kompensationsleistung bei vestibulären Schädigungen (Westhofen, 2001).

Andere zentral-vestibuläre Tests prüfen okulomotorische Leistungen, an denen das vestibuläre System beteiligt ist.

Die Pendelblickfolge (eye-tracking-test) prüft, ob langsame Folgebewegungen glatt durchgeführt werden können oder ob sie sakkadiert sind. Während der Normale, aber auch der Patient mit einer peripher-vestibulären Läsion Blickzielgeschwindigkeiten bis zu 20 Grad/Sekunde glatt folgen kann, ist dies Patienten mit zentral-vestibulären Läsionen nicht möglich. Die Augenbewegungen erscheinen sakkadiert (Hamann, 2001).

Das System der schnellen Blickfolgebewegungen, also das Sakkadensystem, wird durch Auslösung des optokinetischen Nystagmus (OKN) geprüft. Durch das Vorbeiführen von sich bewegenden Streifenmustern vor den Augen wird ein optokinetischer Nystagmus reflektorisch ausgelöst. Der Seitenvergleich der okulomotorischen Reaktionen und die Analyse

des Folgerhythmus gestatten Hinweise auf zentral-vestibuläre Störungen (Hamann, 2001).

1.4 Menièresche Krankheit

Die Menièresche Krankheit stellt sich als eine Störung der Innenohrfunktion dar, bestehend aus Schwindelattacken, fluktuierender Schwerhörigkeit, Tinnitus und einem oft angegebenen Druckgefühl im betreffenden Ohr. Die Beschreibung der in Kombination auftretenden Symptome der Menièreschen Krankheit und die Erkenntnis, daß diese eine gemeinsame Ursache im Innenohr haben, geht auf den Namensgeber der Erkrankung Prosper Menière zurück (Menière, 1861).

Als pathologisch-morphologisches Korrelat der Erkrankung ist der endolymphatische Hydrops anerkannt, mit dem sich auch die Ausbildung der Menière-Symptome gut erklären läßt. Unsicher bleibt hingegen die genaue Ursache für diesen Krankheitszustand (siehe auch folgendes Kapitel).

Es ist umstritten, ob die Menièresche Krankheit eine nosologische Entität darstellt, oder ob es sich um ein Syndrom mit dem gemeinsamen Auftreten der typischen Symptome handelt. Deren genaue anamnestische Erfassung dient im Zuge der Diagnosesicherung vor allem auch der Abgrenzung zu anderen vestibulären Erkrankungen mit ähnlichem Erscheinungsbild und zur Vermeidung von Bezeichnungen wie „menièreiforme Beschwerden“.

Hilfreich sind in diesem Zusammenhang die von der AAO-HNS (American Academy of Otolaryngology, Head and Neck Surgery) herausgegebenen Richtlinien zur diagnostischen Sicherung der Menièreschen Erkrankung nach einer Wahrscheinlichkeitsskalierung, die der Schwierigkeit Rechnung tragen, die Krankheit auch bei verzögerter oder unvollständiger Ausbildung der klassischen Symptomtrias einer Einstufung zuzuführen (siehe Abschnitt 1.4.3).

1.4.1 Pathophysiologie

In den 20er und 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts regte sich ein zunehmendes wissenschaftliches Interesse an der der Menièreschen Erkrankung zu Grunde liegenden Pathologie. Beweisende Untersuchungen, die einen endolymphatischen Hydrops als pathologisch-anatomisches Korrelat der Menièreschen Erkrankung schließlich bestätigen konnten, wurden 1938 gleichzeitig in England und Japan erbracht (Hallpike und Cairns; Yamakawa, 1938).

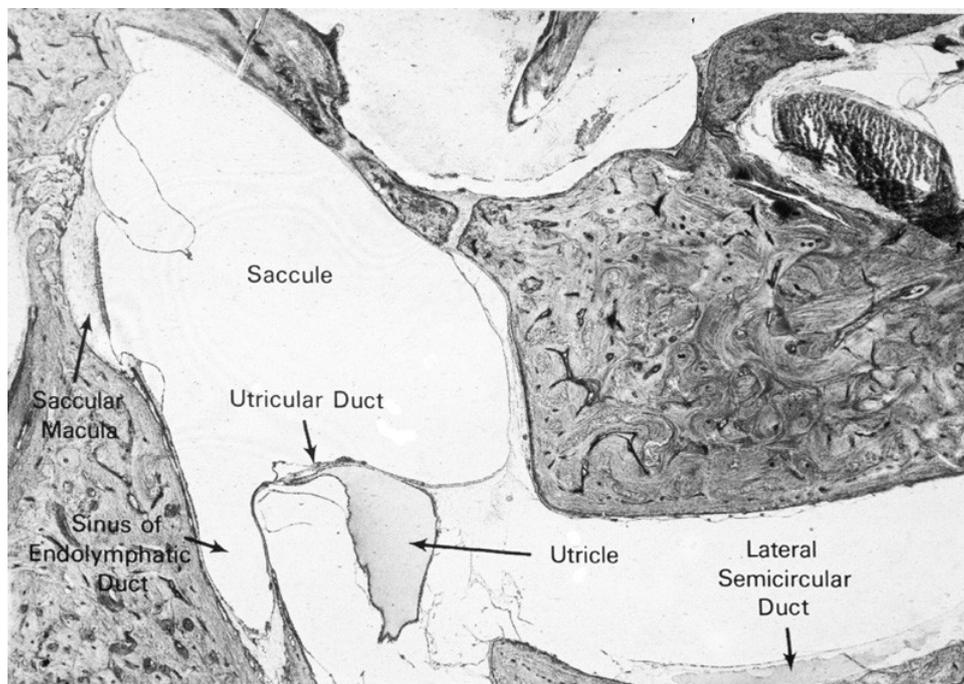


Abb. 7 Beispiel eines endolymphatischen Hydrops vom Menschen im Bereich des Vestibularapparates (aus Schuknecht, 1993)

In der Folgezeit wurde der endolymphatische Hydrops in tierexperimentellen Studien als pathophysiologisches Modell weiter etabliert und dient zur Erklärung des Anfallsgeschehens und der damit verbundenen charakteristischen Symptome. Grundlegend ist dabei die Erkenntnis, daß sich ein Hydrops grundsätzlich auf alle Kompartimente des Endolymphraumes gleichermaßen erstrecken kann, also auch die Otolithenorgane Sacculus und Utriculus mit einbeziehen kann (Schuknecht und Igarashi, 1986).

Voraussetzung für das Entstehen des endolymphatischen Hydrops bei der Menièreschen Krankheit und Ausgangspunkt von ätiologischen Überlegungen ist die Annahme, daß es zu einem Ungleichgewicht zwischen Endolymphproduktion und ihrer Resorption im betroffenen Labyrinth kommt. Aus diesem Grund steht vor allem der Saccus endolymphaticus – zuständig für die Rückresorption der Endolymph – im Mittelpunkt der meisten Untersuchungen. Sehr wahrscheinlich kommt es durch pathologische Veränderungen dieser Struktur zu einer mangelnden Rückresorption und damit zu einer Volumenzunahme der kaliumreichen Endolymph. Tatsächlich sind im Ductus und Saccus endolymphaticus entzündlich bedingte Fibrosierungen und knöchernen Umbauprozesse gefunden worden (Schuknecht, 1993).

Unter zahlreichen wissenschaftlichen Ansätzen, die Ursache für diese strukturellen Veränderungen im Bereich des Saccus endolymphaticus zu finden, hat die Hypothese eines immunologisch-entzündlichen Geschehens zur Zeit die größte Aktualität. Dies basiert auf Untersuchungen, bei denen die Cochlea und der Saccus endolymphaticus mit hoher Wahrscheinlichkeit als Orte der Immunabwehr im menschlichen Innenohr identifiziert wurden (Arnold et al., 1984). Im Zuge einer lokalen immunologischen Antwort auf einen Antigenreiz können durch wiederholte Entzündungsprozesse im Bereich des Saccus endolymphaticus auch strukturellen Schäden herbeigeführt werden. Durch einen auf diese Weise entzündlich-fibrotisch veränderten Saccus endolymphaticus ist die ausreichende Rückresorption der Endolymph nicht mehr gewährleistet. Bei gleichbleibender Endolymphsekretion durch die Stria vascularis entwickelt sich zwangsläufig ein endolymphatischer Hydrops.

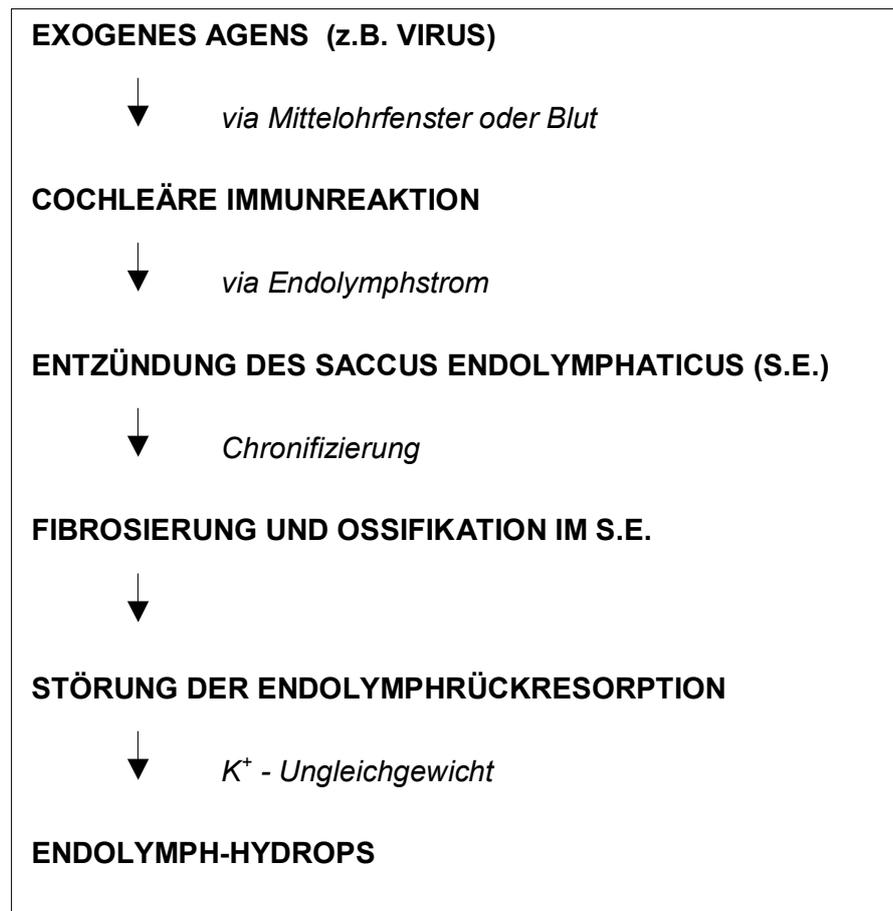


Abb. 8 Aktuelle Hypothese der Ätiologie des endolymphatischen Hydrops

Die Ausbildung des endolymphatischen Hydrops ist nicht nur mit einer Volumenzunahme, sondern durch die stetige Sekretion auch mit einer osmotisch wirksamen Anreicherung von Kaliumionen verbunden. Dies führt, begünstigt durch die semipermeablen Eigenschaften der Reissner'schen Membran, zu einem zusätzlichen Wassereinstrom und zu einer massiven Aufblähung des Endolymphraumes. Wenn die ihn begrenzenden Membranen im Bereich der Reissner Membran druckbedingt schließlich platzen, kommt es zu einer Durchmischung der kaliumreichen Endolymph mit der natriumreichen Perilymphe. Dabei bewirkt der Einstrom des hochkonzentrierten Kaliums an den Sinneszellen eine ausgeprägte Depolarisation, die einer abnormen Stimulation der Rezeptoren entspricht.

Das klinische Korrelat hiervon ist ein Menière-Anfall, verbunden mit einem Hörverlust und starkem (Dreh-) Schwindel.

Die akuten Symptome des Anfalls verschwinden wieder, sobald sich bei ausgeglichenen Druckverhältnissen und nach einem Wiederverschluß der gerissenen Membranen neue Ionengradienten in Endolymphe bzw. Perilymphe aufbauen können. Mit diesen Vorgängen wird allerdings auch die Voraussetzung für die erneute Entwicklung eines Hydrops geschaffen, der sich nach einem nicht vorhersagbaren Zeitintervall in gleicher Weise entladen kann. Ereignen sich diese Anfälle im Verlauf der Menièreschen Erkrankung in häufiger Folge, treten aufgrund der Beanspruchung und des Verschleißes der reissenden Membranen dauerhafte Schäden ein. Diese betreffen vor allem auch cochleäre und vestibuläre Sinneszellen und führen schließlich zu entsprechenden Funktionsausfällen.

1.4.2 Klinische Symptomatik

Die Menièresche Krankheit ist nicht selten. Sie kann bei etwa einem Zehntel der Patienten mit Drehschwindel diagnostiziert werden. Grundsätzlich können alle Altersgruppen betroffen sein, das typische Alter des Auftretens liegt allerdings zwischen der 3. und 4. Dekade (Paparella, 1994).

Das volle klinische Erscheinungsbild der Menièreschen Krankheit ist gekennzeichnet durch eine typische Symptomtrias, bestehend aus Schwindelattacken, einem fluktuierenden Hörverlust und Tinnitus. Viele Patienten geben außerdem ein Druckgefühl im betreffenden Ohr an, das meist kurz vor Beginn eines Anfalls am stärksten verspürt wird. Die Krankheit beginnt häufig nicht mit allen erwähnten Symptomen gleichzeitig, sondern oft monosymptomatisch.

Auch nach Ausbildung der charakteristischen Symptomtrias ist es bei der Menièreschen Erkrankung nicht möglich, den weiteren Verlauf vorherzusagen, da Frequenz, Stärke und Länge der Schwindelanfälle variabel sind (Paparella, 1994). Perioden mit häufigen Anfällen und solche mit wenigen oder gar keinen Anfällen wechseln sich ab. Die symptomfreien Intervalle

können sich über Monate oder sogar Jahre erstrecken. Bei Abwesenheit von Schwindelbeschwerden stehen dann meist die Schwerhörigkeit und der Tinnitus im Vordergrund.

Es sind vor allem die nicht vorhersagbaren und plötzlich einsetzenden Schwindelattacken, die die betroffenen Patienten verunsichern. Am häufigsten wird bei der Menièreschen Erkrankung über Drehschwindel geklagt, der typischerweise Minuten bis Stunden andauert. Nur die Länge des ersten Anfalls kann in Ausnahmefällen abweichend davon auch mehr als 24 Stunden betragen. Schwindelgefühle anderer Art wie beispielsweise lineare Scheinbewegungen oder sogenannte „drop attacks“ sind selten. Dieses letztgenannte Phänomen, ein plötzliches Hinfallen verbunden mit einem starken vertikalen Bewegungsempfinden, wird als Tumarkin-Krise oder auch Otolithen-Krise bezeichnet. Sie stellt eine spezielle Form der Menièreschen Krankheit dar, bei der die Auswirkungen des endolymphatischen Hydrops vor allem den Otolithenapparat betreffen (Tumarkin, 1936).

Der fluktuierende Hörverlust ist ein weiteres klassisches Symptom der Erkrankung. Er kann im Frühstadium auch als einziges initiales Symptom auftreten und wird in diesem Fall, wenn Schwindel fehlt, als Hörsturz angesehen. Im Rahmen des vollen Krankheitsbildes ist der Hörverlust während der Anfälle meist am ausgeprägtesten und erholt sich nach Abklingen des Anfallsgeschehens wieder. Während anfangs vorwiegend der tiefe Frequenzbereich betroffen ist, findet mit dem Fortschreiten der Erkrankung eine Ausweitung auch auf die höheren Hörfrequenzen statt. Nach längerem Krankheitsverlauf vermindert sich außerdem die Regenerationsfähigkeit der cochleären Sinneszellen und führt zu einer zunehmenden bleibenden Schwerhörigkeit.

Zur klassischen Symptomtrias gehört noch der Tinnitus, der bis zu 90 % der Menière-Patienten befällt (Paparella, 1994). Er ist im Gegensatz zum Schwindel und zum Hörverlust nicht zwangsläufig an das Anfallsgeschehen gebunden, und kann sich als Zeichen cochleärer Schädigung auch als störendes Dauersymptom einstellen.

Im allgemeinen zeigt die Menièresche Erkrankung einen jahrelangen, progressiven Verlauf mit in späten Stadien abnehmenden Schwindelbeschwerden und zunehmender Schwerhörigkeit bis Ertaubung. Der anfangs vorherrschende Drehschwindel wandelt sich in diesem Zustand der sogenannten „ausgebrannten Menière-Krankheit“ in ein ständiges Gefühl von Gang- und Standunsicherheit.

1.4.3 Diagnostik

Die Diagnose der Menièreschen Erkrankung beruht letztlich auf anamnestischen Kriterien. Eine sichere Nachweismethode gibt es zu Lebzeiten eines Patienten nicht. Allerdings müssen andere Erkrankungen mit ähnlicher Symptomatik ausgeschlossen werden.

Es gilt heute als allgemein anerkannt, daß das pathologisch-anatomische Korrelat des Morbus Menière der endolymphatische Hydrops ist. Dieser kann aber nur post mortem nachgewiesen werden, wie dies in Einzelfällen geschehen ist.

Die Vereinigung der amerikanischen Hals-Nasen-Ohren-Ärzte (American Academy of Otolaryngology, Head and Neck Surgery) hat aus pragmatischen Gründen eine Einteilung der Menièreschen Krankheit nach Sicherungsgraden vorgeschlagen, die sich an bekannte Krankheitsverläufe mit entsprechender Symptomausprägung hält (siehe Abb. 9).

<p>Bewiesener Morbus Menière</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sichere Menièresche Krankheit mit histopathologischer Bestätigung <p>Sicherer Morbus Menière (Trias)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zwei oder mehr Schwindelanfälle von wenigstens 20 Minuten Dauer • Wenigstens einmal audiometrisch dokumentierter Hörverlust • Tinnitus oder Druckgefühl <p>Wahrscheinlicher Morbus Menière</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einmaliger Schwindelanfall • Wenigstens einmal audiometrisch dokumentierter Hörverlust • Tinnitus oder Druckgefühl <p>Möglicher Morbus Menière</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwindelepisode ohne Hörverlust • Bleibende Innenohrschwerhörigkeit oder fluktuierendes Gehör mit Gleichgewichtsstörungen, aber ohne definierte Anfälle

Abb. 9 Einteilung der Menièreschen Krankheit nach Wahrscheinlichkeitskriterien zur Diagnosesicherung (nach AAO-HNS, 1995)

Neben diesen anamnestischen Kriterien versucht man neurootologische Untersuchungsbefunde zu erheben, die zum Krankheitsbild der Menièreschen Erkrankung gehören.

So ist der Nachweis einer cochleären Schwerhörigkeit zu fordern, der entweder durch überschwellige Hörprüfmethoden oder die Ableitung der otoakustischen Emissionen (OAE) belegt werden kann. Mit Hilfe der Hirnstammaudiometrie (BERA) gelingt es, eine retrocochleäre Schwerhörigkeit auszuschließen.

Mit Glycerol, einer osmotisch wirksamen Substanz, wird versucht, einen möglicherweise vorhandenen Endolymphhydrops zu reduzieren. Dies müßte sich in einer Erholung des Tonschwellengehørs widerspiegeln. Solche positiven Ergebnisse sind häufig berichtet worden. Dieses Verfahren setzt allerdings immer voraus, daß zum Zeitpunkt der Untersuchung ein Endolymphhydrops vorhanden ist (Klockhoff und Lindblom, 1974).

Gleiches gilt sinngemäß für die Elektrocochleographie, bei der sich ein Endolymphhydrops durch Anwachsen des Summationspotentials (SP) gegenüber dem Nervenaktionspotential (NAP) innerhalb des Elektrocochleographie-Potentialkomplexes zeigt. Auch für diese Methode gilt, daß nur

der positive Nachweis als Zeichen eines endolymphatischen Hydrops zu werten ist (Eggermont und Odenthal, 1974).

Da die Menièresche Erkrankung beide Teile des Innenohres betrifft, bezieht sich die weitere Diagnostik auf eine Funktionsanalyse des Vestibularapparates. Wegen der Pathophysiologie der Erkrankung kann sich der Vestibularapparat je nach Stadium der Erkrankung in verschiedenen Erregbarkeitszuständen befinden (Watanabe, 1994).

Im beschwerdefreien Intervall, vor allem am Beginn der Erkrankung, kommt es zu einer vollständigen Erholung der vorübergehend geschädigten Sinneszellen, so daß Normalbefunde beobachtet werden: kein Spontannystagmus, eine seitengleiche thermische Erregbarkeit und symmetrische Reaktionen in den Drehprüfungen. In der Anfallsphase selbst kommt es nach einer nur kurz anhaltenden Lähmung durch die Ionenverschiebungen zu einer Irritation der vestibulären Rezeptoren, die sich als Spontannystagmus in das kranke Ohr, als scheinbare Untererregbarkeit der gesunden Seite und als Richtungsüberwiegen des Irritationsnystagmus im rotatorischen Test zeigt. Ist es krankheitsbedingt im Laufe der Zeit zu einer irreversiblen Schädigung der vestibulären Rezeptoren gekommen, dann finden sich alle Zeichen einer ipsilateralen Unterfunktion, nämlich ein Spontannystagmus zur gesunden Seite, eine thermische Untererregbarkeit der betroffenen Seite und ein Richtungsüberwiegen im rotatorischen Test (Watanabe, 1994).

Somit kann man bei der Menièreschen Krankheit alle Befundkombinationen beobachten. Daher steht die Vestibularisprüfung bei der Diagnostik der Erkrankung nicht im Vordergrund. Sie zeigt nur den aktuellen Zustand der vestibulären Funktion an.

Die Diagnosestellung einer Menièreschen Erkrankung stützt sich hauptsächlich auf anamnestiche Kriterien. Neurootologische Befunde wie die Hörprüfmethoden und die Vestibularisprüfung untermauern zwar die gestellte Diagnose, dienen aber eher der aktuellen Funktionsbeschreibung des Innenohres.

1.4.4 Therapie

Im Vordergrund der Beschwerden steht bei der Menièreschen Erkrankung die akut auftretende Schwindelsymptomatik. In dieser Phase versucht man, den Schwindel mit dämpfenden Antivertiginosa zu unterdrücken. Dazu werden Medikamente wie Dimenhydrinat, Diazepam oder auch Neuroleptika eingesetzt. Gleichzeitig versucht man, in der Akutphase die entzündliche Komponente durch Kortisongaben zu beeinflussen.

Für die Prophylaxe weiterer Schwindelanfälle ist Betahistin geeignet. In mehreren Doppelblindstudien konnte gezeigt werden, daß sowohl die Anfallhäufigkeit als auch die Anfallintensität reduziert werden (Claes und van de Heyning, 1997).

Stellt sich heraus, daß diese medikamentösen Maßnahmen zur Behandlung nicht ausreichen, kann eine chirurgische Therapie in Erwägung gezogen werden. Eine einfache Möglichkeit, um auf die Druckverhältnisse im Innenohr Einfluß zu nehmen, stellt das Einlegen eines Paukenröhrchens dar. Dasselbe Prinzip, nämlich die Druckentlastung, ist auch Grundlage der Vestibulotomie, bei der eine kleine Perforation an der Stapesfußplatte angelegt wird.

Schon seit den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts wird immer wieder eine Druckentlastung am Saccus endolymphaticus selbst durch eine Saccotomie empfohlen (Portmann, 1927). Die vielfach berichteten guten Ergebnisse wurden aber zweifelhaft, als bekannt wurde, daß die einfache Mastoidektomie ohne Eröffnung des Saccus endolymphaticus dieselben Ergebnisse brachte (Thomsen und Bretlau, 1981).

Andere chirurgische Maßnahmen sind a priori destruktiv. Deren Ziel ist es, das kranke Gleichgewichtsorgan völlig auszuschalten, um eine zentrale Kompensation zu ermöglichen.

Die meisten der chirurgischen Behandlungsmethoden bergen das Risiko einer Verletzung des cochleären Organs in sich. Daher sollte die Indikation zu einer chirurgischen Maßnahme sehr streng gestellt werden. Außer-

dem ist zu bedenken, daß bei 30% der Menière-Patienten die Krankheit beidseitig auftritt (Paparella, 1994).

1.5 Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit soll auf folgende Fragen Antwort gegeben werden:

1. Läßt sich mit Hilfe der VEMP eine Sacculusbeteiligung beim M. Menière feststellen?
2. Läßt sich ein Endolymphhydrops am Sacculus mit Hilfe der VEMP nachweisen?
3. Gibt es eine Übereinstimmung zwischen den Befunden des Sacculustests (VEMP) und den Befunden des Bogengangstests?
4. Gibt es eine Beziehung zwischen der Charakteristik der Schwindelbeschwerden und den VEMP-Befunden?

2 Methodik

2.1 Videookulographie und thermische Prüfung

2.1.1 Apparative Voraussetzung

Zur optischen Registrierung der Augenbewegungen wurde ein computer-gestütztes Videookulographiegerät aus der Systemreihe Senso Motorik Instruments der Firma Hörniß und Zeisberg verwendet. Durch die benutzte Software 2D-VOG TM Version 3.2 war eine Aufzeichnung mit unmittelbar anschließender Auswertung der Daten möglich. Die optische Erfassung der Augenbewegungen geschieht bei diesem System über eine monoculare Infrarotkamera, die in einer tauchermaskenartigen, lichtausschließenden Brille integriert ist (Abb. 10).



Abb. 10 Lichtausschließende Brille mit aufgesetzter Infrarotkamera zur Registrierung von Augenbewegungen (Originalfotographie)

Die Anlage bietet neben der graphischen Darstellung der Augenbewegungen eine Übertragung des Kamerabildes in Echtzeit in ein eingeblendetes

Fenster des Monitors. Somit können zu jedem Zeitpunkt des Registriervorganges die exakte Kamerastellung über dem Auge sowie die Öffnung des Auges überprüft werden.

Nach Ende der Registrierung stehen die so aufgenommenen Augenbewegungen, graphisch dargestellt als Aufzeichnung der Augenposition über der Zeit, sofort zur Auswertung zur Verfügung. Bestimmte Meßparameter wie Nystagmusfrequenz und Geschwindigkeit der langsamen Phase werden zahlenmäßig automatisch mit angegeben.

Die Reizung des Bogengangsapparates im Rahmen der thermischen Prüfung erfolgte über eine Spülung des äußeren Gehörgangs mit Wasser mit einer konstanten Temperatur von 44°C. Das Spülgerät „Variotherm“ der Firma Atmos erlaubt die Bereitstellung der gewählten Temperatur und mittels einer Spülpistole die kontinuierliche Applikation des warmen Wassers im gesamten äußeren Gehörgang. Die exakte Spülungszeit von jeweils 30 Sekunden wurde mit Hilfe einer Meßzeituhr eingehalten. Für die Aufzeichnung der hervorgerufenen okulomotorischen Reaktionen mittels 2D-VOG TM wurde das entsprechende Teilprogramm Kalorik gewählt.

2.1.2 Untersuchungsablauf

Vor Beginn der eigentlichen Untersuchung erfolgte eine otoskopische Prüfung beider Trommelfelle und eine Aufklärung über den Ablauf der Messung. Dann wurden zunächst Spontanbewegungen des Auges abgeleitet, um die Frage nach einem Spontannystagmus beantworten zu können. Für die seitengetrennte Untersuchung des horizontalen Bogengangs mit der thermischen Prüfung mußte der Patient mit Hilfe des kippbaren Untersuchungsstuhls in eine optimale Liegeposition, mit 30° angehobenem Oberkörper, gebracht werden.



Abb. 11 Durchführung der thermischen Prüfung bei 60° nach hinten gelagertem Kopf (Originalfotographie)

Nachdem Sitz der lichtausschließenden Brille bzw. Kameraposition nochmals kontrolliert worden waren, begann die thermische Prüfung mit der kontinuierlichen Spülung des rechten äußeren Gehörgangs über 30 Sekunden (Abb. 11). Wegen des verzögert ausgelösten Wärmestroms im Bereich des horizontalen Bogengangs wurde erst 10 Sekunden nach Ende der Spülung mit der Registrierung des kalorisch ausgelösten Nystagmus begonnen. Für eine möglichst störungsfreie Aufnahme durch die Infrarotkamera wurde der Patient angehalten, während der Registrierphase von einer Minute seine Augen weit offen zu halten. Die analog durchgeführte 30-Sekunden-Spülung der linken Seite erfolgte erst nach einer Pause von mindestens sieben Minuten.

2.1.3 Auswertung

Die Analyse der zu Beginn abgeleiteten spontanen Augenbewegungen zielte auf das Erkennen eines pathologischen Spontannystagmus ab. Das Vorhandensein eines solchen setzt den Nachweis von mindestens drei

typischen Nystagmen innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von dreißig Sekunden voraus.

Bei der thermischen Prüfung bestand die Auswertung in einem Seitenvergleich der jeweiligen okulomotorischen Reaktionen nach Warmspülung. Als Meßparameter wurde dabei hauptsächlich die Geschwindigkeit der langsamen Phase des kalorisch ausgelösten Nystagmus berücksichtigt. Die Nystagmusfrequenz, ausgedrückt als die Gesamtzahl der Nystagmusschläge innerhalb einer Minute, diente als Zweitkriterium. Als pathologisch wurde eine Seitendifferenz dann angesehen, wenn ein Unterschied von 20% und mehr vorlag.

2.2 Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale (VEMP)

2.2.1 Apparative Voraussetzung

Für die Durchführung der Messungen wurde auf der Reizseite, ähnlich wie bei der Hirnstammaudiometrie, ein Klickgenerator und ein Kopfhörer benutzt. Die Reizstärke (Schalldruckpegel) und die Reizfolgefrequenz waren variabel einstellbar. Zum Ableiten der vestibulär ausgelösten Muskelpotentiale vom jeweiligen Musculus sternocleidomastoideus benötigte man drei Klebeelektroden (Ag/AgCl), wie sie ebenfalls bei der BERA gebräuchlich sind. Die Integration und graphische Darstellung der so abgeleiteten Muskelpotentiale erfolgte mit der für neurophysiologische Messungen vorgesehenen Software Neuroscreen der Firma Toennis & Jäger. Mit dem entsprechenden Teilprogramm von Neuroscreen wurde bei den meisten Patienten im Anschluß an die eigentliche Messung auch das Spontan-EMG des Musculus sternocleidomastoideus mitregistriert. Die weitere Dokumentation erfolgte über einen Ausdruck.

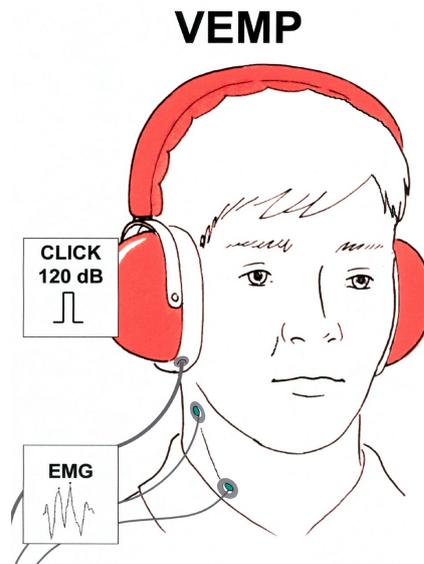


Abb. 12 Schematische Darstellung der Messanordnung für die Ableitung der VEMP (nicht dargestellt ist die auf der Stirn fixierte Erdelektrode)

2.2.2 Untersuchungsablauf

Zunächst wurden die Patienten über den Ablauf der Untersuchung aufgeklärt und erhielten Instruktionen zur Kopfhaltung, wie sie für die Ableitung der VEMP notwendig ist. Vor dem Anbringen der Ableitelektroden wurden die vorgesehenen Hautstellen zur Verringerung des Hautwiderstandes zunächst entfettet und mit einem abrasiven Hautgel konditioniert. Die Elektroden konnten dann wie folgt platziert werden: Eine Elektrode (als Erde) zentral auf der Stirn des Patienten; und auf jeder Seite zwei weitere über dem Musculus sternocleidomastoideus, eine jeweils unter dem Mastoid, die andere im unteren Drittel des Ableitmuskels (Abb. 12 und Abb. 13).

Um optimale Ableitbedingungen sicherzustellen, erfolgte vor der eigentlichen Potentialmessung eine Impedanzmessung der Elektroden. Außerdem wurde der Patient nach Aufsetzen der Kopfhörer gebeten, seinen Kopf um 90° zur Seite zu drehen und diesen mit gleichbleibendem Druck gegen die Hand des Untersuchers zu halten (Abb. 13). Dies gewährleiste-

te einen konstant erhöhten Muskeltonus im ipsilateralen Ableitmuskel während der Messung.



Abb. 13 Darstellung der Meßsituation bei der Ableitung der VEMP (Originalfotographie)

Gemessen wurde zuerst auf der linken, dann auf der rechten Seite. Pro Seite erhielt der Patient jeweils 2 x 256 Klickreize von 0,1 ms Dauer mit einer Intensität von 120 dB (SPL) sowie einer Reizfolgefrequenz von 3 Hz. Um die Reproduzierbarkeit der Potentiale zeigen zu können, wurde auf jeder Seite doppelt gemessen.

Nach automatischer Mittelung der jeweils 256 Einzelsignale ließ sich beurteilen, ob eine typische Reizantwort vorlag. Bei fehlendem Potential wurden die Schalldrücke der Klickreize in Ausnahmefällen auf 125 dB, und sehr selten auf 130 dB erhöht. Die Durchführung einer beidseitigen VEMP-Messung, mit jeweils anschließender Registrierung des Spontan-EMG zur Dokumentation des Muskeltonus, dauerte zwischen 30 und 40 Minuten.

2.2.3 Auswertung

Die wesentlichen Kriterien bei der Auswertung der VEMP waren zum einen der Nachweis eines typischen reproduzierbaren Potentialkomplexes und zum anderen der Amplitudenvergleich mit der Gegenseite. Im Sinne der Reproduzierbarkeit erwartete man, daß sich eine Potentialfolge auch bei der zweiten Messung auf einer Seite in gleicher Weise ableiten ließ. Für die Beurteilung der Potentialform war das Vorhandensein der typischen Abfolge von zwei Wellenkomplexen, insgesamt bestehend aus vier Einzelwellen, mit den dazugehörigen zu erwartenden Latenzzeiten ausschlaggebend. Bei einer typischen Reizantwort lagen die beiden Extrema des ersten, vestibulär ausgelösten Wellenkomplexes bei 13 ms und 23 ms (p13, n23), und die des cochleär ausgelösten Komplexes bei 34 ms und 44 ms (n34, p44).

Berücksichtigt wurde ausschließlich die Amplitude des Wellenkomplexes p13 und n23, der der Sacculusreizung zuzuordnen ist. Das Fehlen oder die verminderte Ausbildung dieses Potentials konnten als Ausfall oder als eingeschränkte Funktion des Sacculus gewertet werden. Eine Einschränkung der Funktion wurde bei mehr als 50% Differenz der Amplituden im Seitenvergleich angenommen (siehe Abb. 14). Ein Amplitudenvergleich hatte allerdings nur bei solchen Patienten einen klaren Aussagewert, bei denen auch das Spontan-EMG beider Seiten als annähernd gleich zu werten war. Patienten mit einem deutlich unterschiedlichen Muskeltonus während der Messungen wurden daher im hier vorliegenden Patientenkollektiv nicht berücksichtigt.

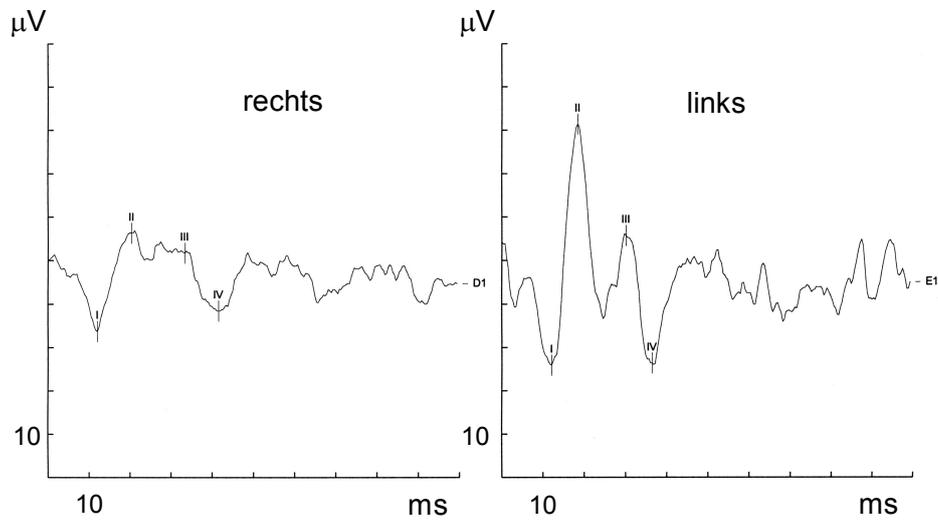


Abb. 14 VEMP-Registrierung mit einem pathologischen Seitenunterschied; die Amplitude rechts ist mehr als 50% kleiner als die Amplitude links

2.3 Untersuchungskollektiv

2.3.1 Kontrollgruppe

In das Untersuchungskollektiv wurden 20 gesunde Probanden aufgenommen. Bei den acht Frauen und zwölf Männern im Alter von 19 bis 33 Jahren waren bis zum Zeitpunkt der Untersuchung keinerlei Schwindelbeschwerden als Ausdruck einer gestörten Funktion des Vestibularapparates aufgetreten. Auch andere Beschwerden wie Schwerhörigkeit oder Tinnitus, die auf eine Innenohrstörung hindeuten, wurden nicht angegeben. Das mittlere Lebensalter der Versuchspersonen lag bei 25 Jahren.

2.3.2 Patientengut

Das Patientenkollektiv umfasste 60 Patienten, bei denen nach den Kriterien der AAO-HNS (American Academy of Otolaryngology, Head and Neck

Surgery) ein „sicherer Menière“ vorlag. Dies bedeutete, daß es, wie in Abschnitt 1.4.3 dargestellt, bereits zu zwei oder mehr charakteristischen Schwindelattacken und zu einem audiometrisch nachgewiesenen Hörverlust gekommen war, und die Patienten außerdem über Tinnitus oder über ein Druckgefühl im betroffenen Ohr klagten. Patienten, die diese Kriterien zwar erfüllten, sich aber im fortgeschrittenen Stadium ihrer Erkrankung bereits einer destruirenden therapeutischen Maßnahme unterzogen hatten, wurden nicht in das Kollektiv aufgenommen.

Von den 60 erfassten Patienten waren 34 weiblichen und 26 männlichen Geschlechts. Das Lebensalter der Personen lag zwischen 18 und 82 Jahren, und im Durchschnitt bei 51 Jahren.

2.4 Anmerkungen zur Statistik

Die untersuchte Patientengruppe bestand aus Personen aller Altersklassen, die mit unterschiedlich ausgeprägten Merkmalen der Menièreschen Erkrankung in Behandlung waren.

Bei der diagnostischen Bewertung der Krankheitsmerkmale waren in erster Linie kategorielle Merkmale messtechnisch auszuwerten und zu interpretieren; die numerischen Merkmale beschränkten sich auf die Anzahl der Fälle pro kategorielles Merkmal. Die erhobenen Daten wurden den Fragestellungen entsprechend nur den Methoden der deskriptiven Statistik unterworfen.

3 Ergebnisse

3.1 Spontannystagmus und thermische Prüfung

3.1.1 Kontrollgruppe

Bei keinem der Probanden des Kontrollkollektivs (n=20) war ein Spontannystagmus in der VOG-Untersuchung feststellbar.

Alle gesunden Probanden zeigten bei der thermischen Prüfung eine seitengleiche Erregbarkeit der horizontalen Bogengänge, also keinen Seitenunterschied von mehr als 20% in der Nystagmusreaktion (Abb. 16).

3.1.2 Menière-Patienten

In der Gruppe der Menière-Patienten (n=60) fand sich bei 27 Personen ein pathologischer Spontannystagmus, von denen der Nystagmus in 13 Fällen zur erkrankten Seite schlug, bei 14 Patienten zur gesunden Seite (siehe Abb. 15 und Tab. 2).

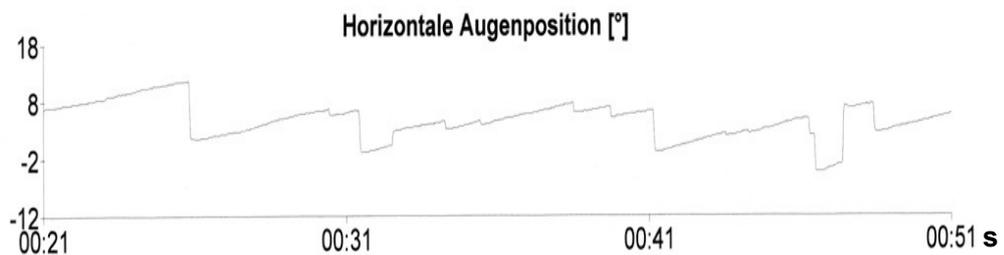


Abb. 15 Beispiel eines pathologischen Spontannystagmus nach links bei einer Patientin mit M. Menière der rechten Seite

Die thermische Prüfung ergab in acht Fällen eine seitengleiche Erregbarkeit (Abb. 16), in 52 Fällen nicht (siehe Tab. 1 und 2).

Bei 45 Patienten, die an einer einseitigen Menièreschen Erkrankung litten, fand sich in 29 Fällen eine eingeschränkte Reaktion auf der befallenen Seite (Abb. 17). In den anderen Fällen (n=16) wies die erkrankte Seite die stärkere Reaktion auf thermische Reizung im Sinne einer Irritation auf.

Bei den sieben Patienten mit beidseitiger Menièrescher Erkrankung fanden sich in allen Fällen Seitendifferenzen (Tab. 1 und 2), die keine direkten Rückschlüsse auf die stärker erkrankte Seite zulassen.

Anzahl der Patienten (n = 60)	Menière-Befund	Ergebnis der thermischen Prüfung
8	einseitig	keine pathologische Seitendifferenz
29	einseitig	Unter- bzw. Unerregbarkeit der betroffenen Seite
16	einseitig	Irritation der betroffenen Seite
7	beidseitig	Untererregbarkeit oder Irritation der stärker erkrankten Seite

Tab. 1 Aufschlüsselung der Menière-Patienten nach dem Ergebnis der thermischen Reizung

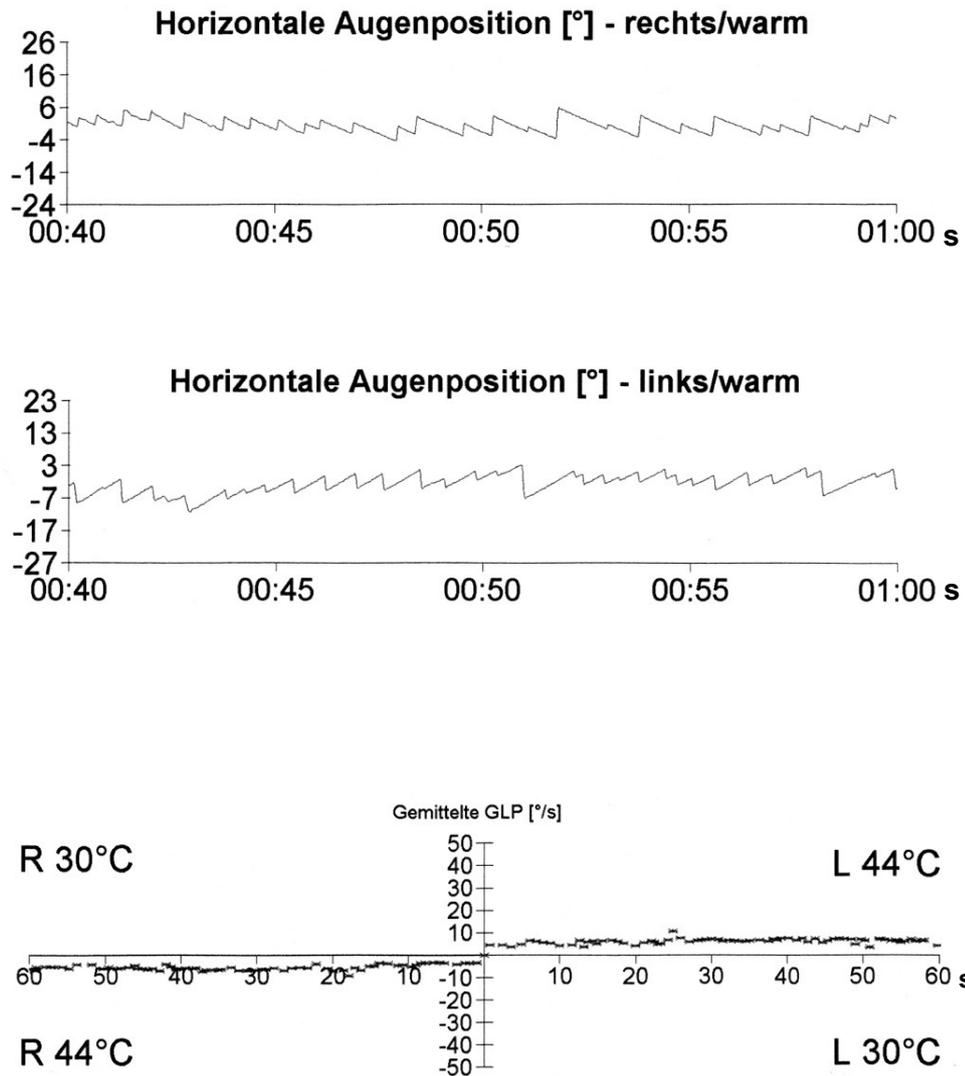


Abb. 16 Beispiel für eine seitengleiche thermische Erregbarkeit bei thermischer Reizung mit 44°C Wasser bei einem Probanden. Seitengleiche thermische Erregbarkeit wurde auch bei acht Patienten beobachtet.
 Oben: Original-VOG-Registrierung der Augenposition über der Zeit (°: Winkelgrad, s: Sekunde);
 Unten: mit EDV berechnete Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase (GLP)

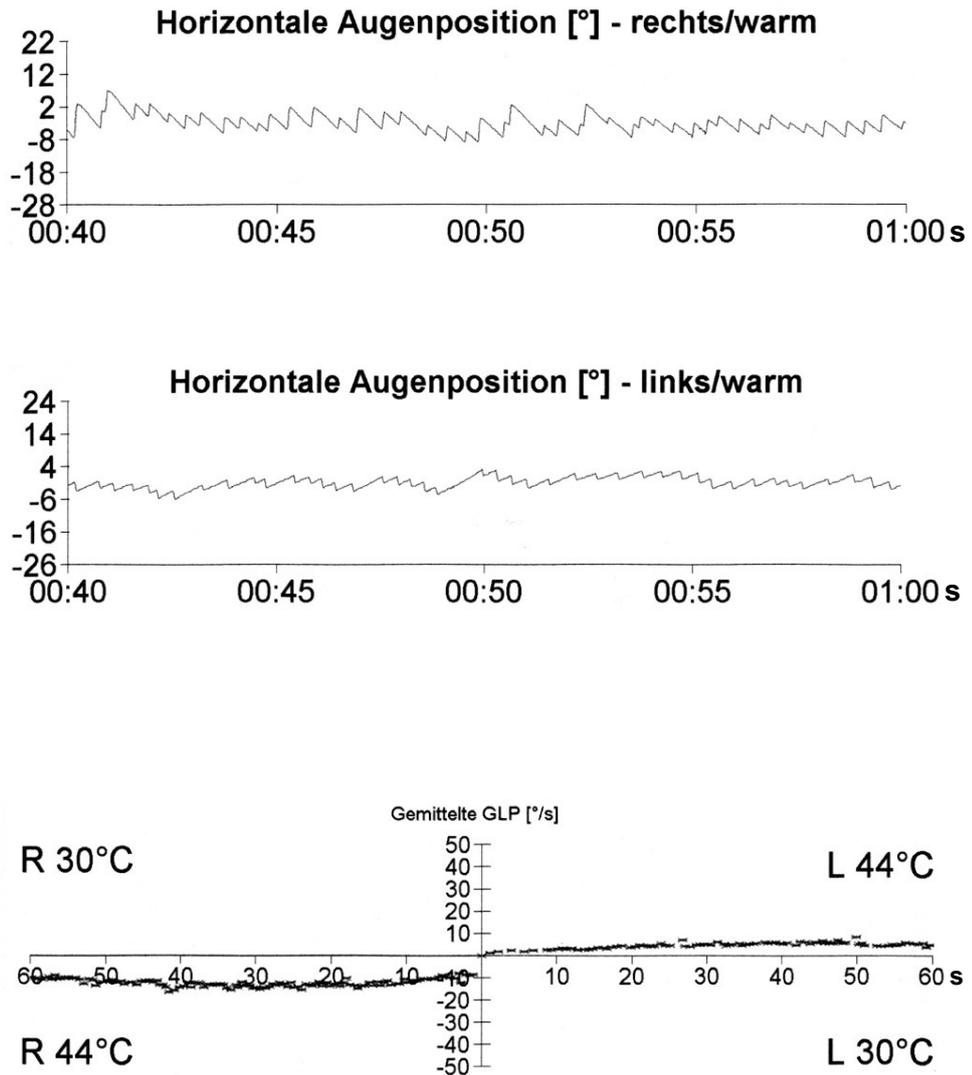


Abb. 17 Beispiel für eine pathologische Seitendifferenz bei thermischer Reizung mit 44°C Wasser (Untererregbarkeit links) bei einem Patienten mit M. Menière der linken Seite.
 Oben: Original-VOG-Registrierung der Augenposition über der Zeit (°: Winkelgrad, s: Sekunde),
 Unten: mit EDV berechnete Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase (GLP)

Legende für Tabelle 2

Nr	Patientennummer
m	männlich
w	weiblich
M. Menière	Morbus Menière
re	rechts
li	links
bds.	beidseitig
VOG	Videookulographie
SpN	Spontannystagmus
n. li	nach links
n. re	nach rechts
Untererreg.	Untererregbarkeit
Unerreg.	Unerregbarkeit
VIN	vibrationsinduzierter Nystagmus
k. path.	keine pathologische
UF	Unterfunktion
n. komp.	nicht kompensiert
teilw. komp.	teilweise kompensiert
komp.	kompensiert
Hinw. a.	Hinweis auf
ger.	gering
hochgr.	hochgradig

Nr	Patient	m/w	Geburtsjahr	Alter	Diagnose	VOG-Befund	SpN	Kalorik
1	P. I.	w	1952	48	M. Menière re	n.komp. UF re	n.li	Untererreg. re
2	M. M.	w	1940	61	M. Menière li	n.komp. UF li		Untererreg. li
3	J. J.	w	1936	66	M. Menière re	hochgr. UF re	n.li	Untererreg. re
4	H. M.	w	1921	80	M. Menière li	n.komp. UF li		Untererreg. li
5	T. C.	w	1963	38	M. Menière re	n.komp. UF re	n.li	Untererreg. re
6	R. E.	m	1938	63	M. Menière re	n.komp. UF re	n.li	Untererreg. re
7	M. S.	w	1967	35	M. Menière re	n.komp. Irritation re		Irritation re
8	L. M.	m	1973	29	M. Menière li	ger. Irritation li	n.li	ger. Irritation li
9	K. I.	w	1947	55	M. Menière re	n.komp. Irritation re		Irritation re
10	K. J.	m	1957	44	M. Menière re	komp. UF re		Untererreg. re
11	K. I.	w	1941	60	M. Menière re	n.komp. Irritation re	n.re	Irritation re
12	K. A.	m	1934	68	M. Menière re	n.komp. UF re	n.re	Untererreg. re
13	K. H.	w	1952	48	M. Menière re	n.komp. Irritation re	n.li	Irritation re
14	H. E.	w	1934	67	M. Menière re	komp. UF re		Untererreg. re
15	G. E.	m	1940	62	M. Menière re	n.komp. UF re	n.li	Untererreg. re
16	F. M.-M.	w	1936	65	M. Menière re	n.komp. UF re	n.li	Untererreg. re
17	B. T.	w	1932	69	M. Menière re	n.komp. Ausfall re	n.li	Unerreg. re
18	B. L.	w	1940	62	M. Menière bds.	hochgr. UF re	n.li	VIN n.li
19	B. M.	w	1928	72	M. Menière re	komp. UF re		Untererreg. re
20	A. M.	w	1921	80	M. Menière re	teilw.komp. UF re		Untererreg. re
21	M. K.D.	m	1952	49	M. Menière li	noch Norm		k.path.Seitendifferenz
22	S. W.	m	1947	54	M. Menière li	n.komp. Irritation li	n.li	Irritation li
23	P. O.	m	1958	43	M. Menière li	noch Norm		k.path.Seitendifferenz
24	M. E.	w	1966	36	M. Menière li	n.komp. Irritation li		Irritation li
25	K. H.	w	1938	63	M. Menière li	n.komp. UF li		Untererreg. li
26	J. A.	w	1920	82	M. Menière li	n.komp. UF li	n.re	Untererreg. li
27	H. K.	w	1944	57	M. Menière li	n.komp. UF li		Untererreg. li
28	H. C.	w	1983	18	M. Menière li	hochgr. Irritation li	n.li	Unerreg. re
29	C. E.	m	1950	51	M. Menière bds.	teilw.komp. UF re		Untererreg. re
30	B. C.	w	1968	33	M. Menière li	n.komp. UF li		Untererreg. li
31	A. W.	m	1937	65	M. Menière li	teilw.komp. UF li		Untererreg. li
32	A. W.	m	1972	29	M. Menière li	Hinw.a. Irritation li	n.li	seitengleich erregbar
33	L. F.	m	1949	52	M. Menière li	n.komp. Irritation li		Irritation li
34	H. J.	w	1978	23	M. Menière li	n.komp. UF li		Untererreg. li
35	L. R.	w	1946	54	M. Menière bds.	UF re / Irritation li		Untererreg. re
36	S. I.	w	1943	58	M. Menière li	n.komp. UF li		Untererreg. li
37	K. B.	m	1961	39	M. Menière re	n.komp. UF re	n.li	Untererreg. re
38	F. K.	m	1964	37	M. Menière re	n.komp. UF re	n.re	Untererreg. re
39	B. E.	w	1935	65	M. Menière re	n.komp. UF re		Untererreg. re
40	L. M.	w	1950	51	M. Menière re	teilw.komp. UF re		Untererreg. re
41	W. J.	m	1930	71	M. Menière li	noch Norm		k.path.Seitendifferenz
42	S. S.	w	1975	26	M. Menière li	Norm		seitengleich erregbar
43	A. V.	m	1959	43	M. Menière li	noch Norm	n.li	k.path.Seitendifferenz
44	E. L.	m	1955	46	M. Menière li	Norm		k.path.Seitendifferenz
45	S. J.	m	1944	58	M. Menière li	Irritation li		VIN n.li
46	L. K.	m	1944	58	M. Menière li	n.komp. Irritation li	n.re	Irritation li
47	L. U.	w	1945	57	M. Menière re	teilw.komp. UF re	n.re	Untererreg. re
48	R. R.	m	1973	28	M. Menière re	komp. UF re		ger. Untererreg. re
49	B. H.	m	1950	52	M. Menière re	n.komp. Irritation re	n.li	Irritation re
50	F. C.	m	1965	37	M. Menière bds.	n.komp. UF li		Untererreg. li
51	E. R.	m	1957	45	M. Menière li	teilw.komp. UF li		ger. Untererreg. li
52	G. V.	w	1959	43	M. Menière re	n.komp. Irritation re	n.re	Irritation re
53	W. M.	w	1936	66	M. Menière re	n.komp. Ausfall li	n.re	Unerreg. li
54	W. A.	w	1955	47	M. Menière li	Irritation li		Irritation li
55	W. K.	m	1945	57	M. Menière bds.	Irritation re / UF li		Untererreg. li
56	P. P.	w	1959	43	M. Menière li	Irritation li		Untererreg. re
57	K. R.	m	1971	31	M. Menière bds.	UF li / Irritation re		Untererreg. li
58	F. L.	w	1962	40	M. Menière re	Hinw.a. UF re	n.li	seitengleich erregbar
59	K. P.	m	1961	41	M. Menière re	hochgr. UF re	n.li	Untererreg. re
60	E. D.	w	1934	69	M. Menière bds.	hochgr. UF li	n.re	Untererreg. li

Tab. 2 Aufstellung der Ergebnisse des Spontannystagmus-Tests (SpN) und der thermischen Prüfung (Kalorik)

3.2 Vestibulär Evozierte Myogene Potentiale

3.2.1 Kontrollgruppe

Bei allen Probanden der Kontrollgruppe (n=20) ließen sich typische vestibulär evozierte myogene Potentiale (VEMP) auslösen. In keinem Fall war die Seitendifferenz größer als 50%.

3.2.2 Menière-Patienten

22 der 60 Menière-Patienten wiesen seitengleiche Amplituden der VEMP auf, mögliche Seitendifferenzen überstiegen 50% nicht (Abb. 18 und 19).

Der größte Teil der Patienten-Gruppe zeigte auf der betroffenen Seite reduzierte Potentiale im Vergleich zur Gegenseite. Davon war bei 14 Fällen die Amplitude verkleinert und in 20 Fällen ein VEMP überhaupt nicht nachweisbar (Abb. 18 und 20).

Auffallend sind vier Patienten, bei denen auf der Seite der Erkrankung deutlich größere Potentiale ableitbar waren als auf der gesunden Seite (Abb. 18 und 21).

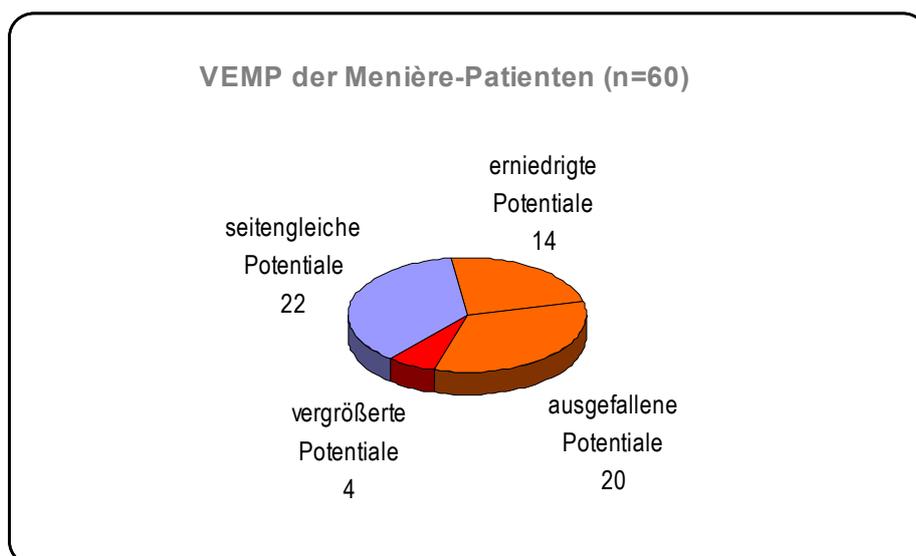


Abb. 18 Aufteilung der VEMP-Befunde nach ihrem Amplitudenverhalten

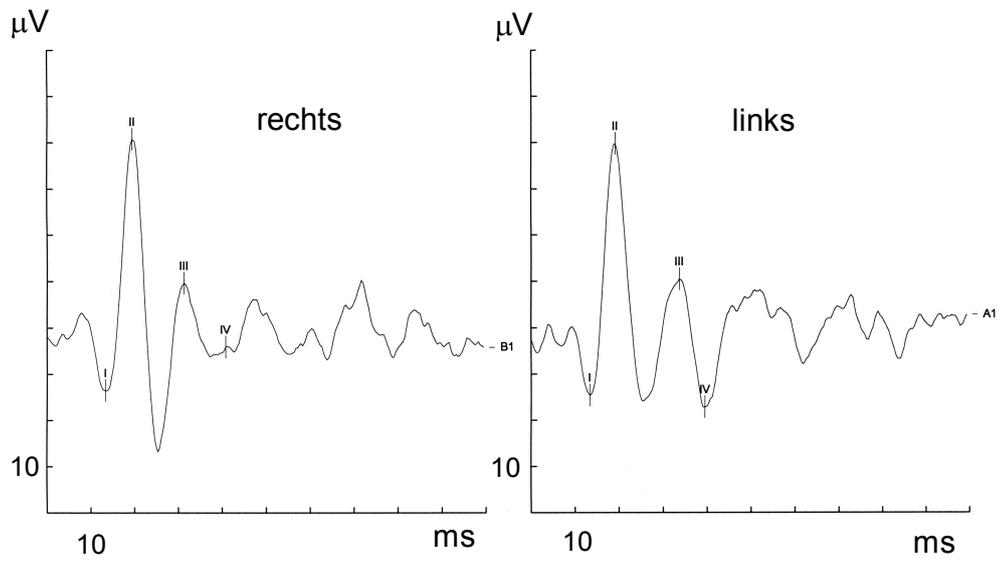


Abb. 19 Originalregistrierung seitengleich ableitbarer VEMP bei einer Patientin mit M. Menière der rechten Seite

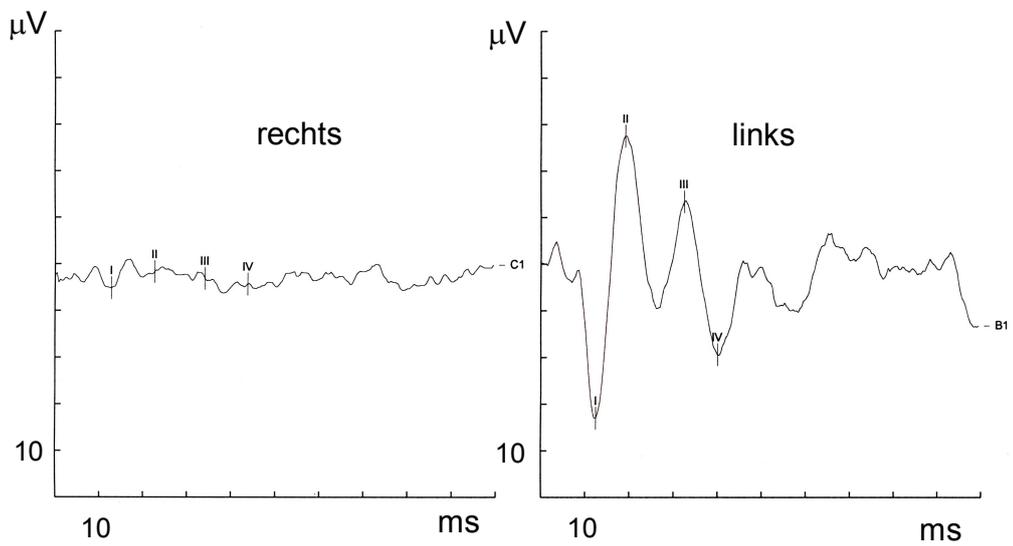


Abb. 20 Originalregistrierung der VEMP bei einem Patienten mit M. Menière der rechten Seite; rechts keine Potentiale ableitbar, links normale Potentiale ableitbar

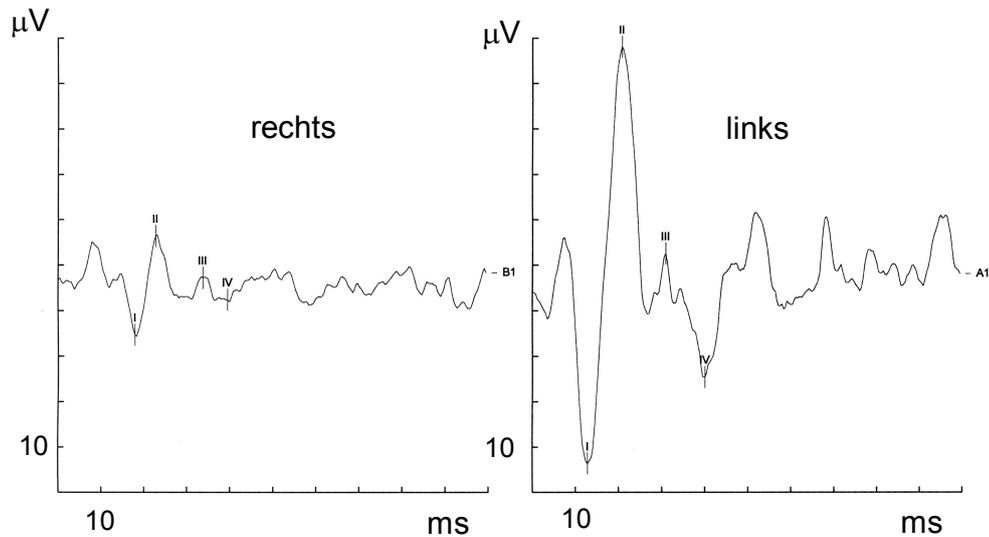


Abb. 21 Originalregistrierung der VEMP bei einem Patienten mit M. Menière der linken Seite; links vergrößerte Potentiale ableitbar, rechts normale Potentiale ableitbar

3.3 Vergleich zwischen thermischer Prüfung und VEMP

3.3.1 Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe ließ sich kein Unterschied zwischen den Ergebnissen der thermischen Prüfung und der VEMP-Messung feststellen, da alle Probanden eine seitengleiche thermische Erregbarkeit zeigten und seitengleiche VEMP aufwiesen.

3.3.2 Menière-Patienten

Im Kollektiv der Patienten bestand in 24 Fällen eine Übereinstimmung zwischen der thermischen Erregbarkeit und der Auslösbarkeit der VEMP (Abb. 22). Das heißt, daß die erkrankte Seite mehrheitlich sowohl erniedrigte Bogengangfunktion als auch Sacculusfunktion aufwies. In zwei dieser Fälle bestand eine normale thermische Erregbarkeit wie auch nor-

male Sacculusfunktion beidseits. In einem Fall gab es gleichfalls eine Übereinstimmung der Ergebnisse beider Methoden, dabei zeigte sowohl die thermische Prüfung wie auch die Ableitung der Sacculuspotentiale eine Irritation der erkrankten Seite an (Tab. 3).

In den 36 Fällen der Nichtübereinstimmung der Befunde ergaben sich verschiedene Varianten. In sechs Fällen bestand nämlich eine seitengleiche thermische Erregbarkeit, während die VEMP pathologisch verändert waren. Der weitaus größere Teil (n=20) wies normale Sacculuspotentiale auf, dagegen aber einen pathologischen Befund bei der thermischen Reizung. In den zehn verbleibenden Fällen lieferten die Spülung und die VEMP widersprüchlich erscheinende Ergebnisse. In einigen Fällen deutete die thermische Prüfung auf eine Irritation des horizontalen Bogengangs hin, während die Sacculusfunktion eingeschränkt war. Aber auch die entgegengesetzte Befundkonstellation kam vor (Abb. 22, Tab. 3).

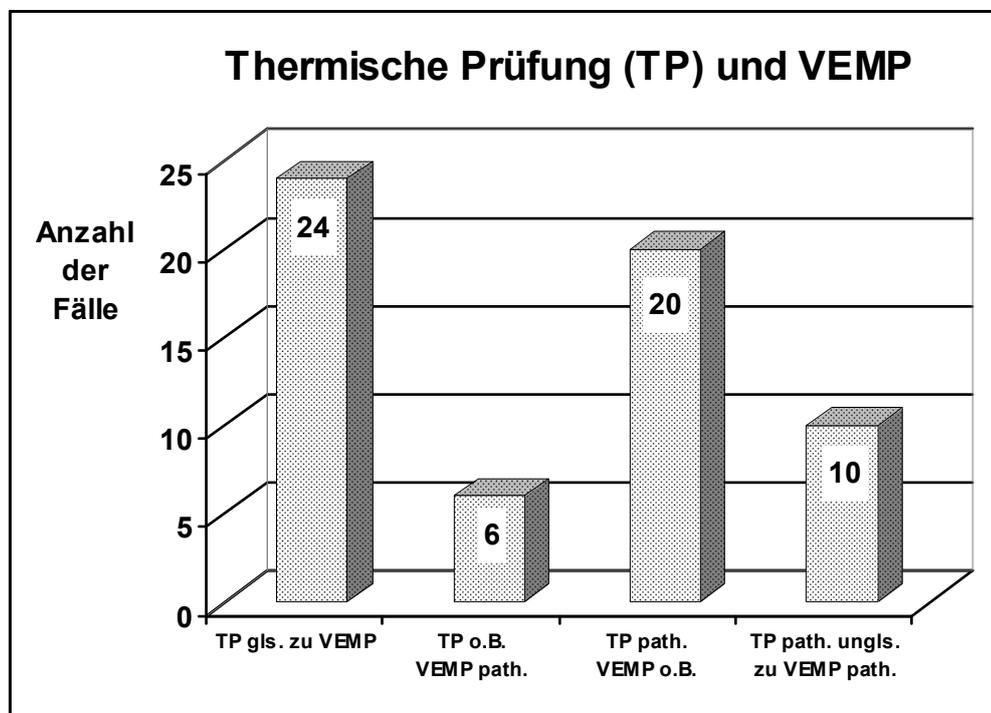


Abb. 22 Säulendiagramm zur Darstellung der Beziehungen zwischen den Ergebnissen der thermischen Prüfung und der VEMP-Ableitungen

Legende für Tabellen 3 und 4 sowie Abb. 22 (vorherige Seite)

Nr	Patientennummer
m	männlich
w	weiblich
M. Menière	Morbus Menière
re	rechts
li	links
bds.	beidseitig
TP	Thermische Prüfung
ger.	gering
hochgr.	hochgradig
UF	Unterfunktion
n. komp.	nicht kompensiert
teilw. komp.	teilweise kompensiert
komp.	kompensiert
VEMP	Vestibulär evozierte myogene Potentiale
+	Sacculuspotential ableitbar
-	Sacculuspotential nicht ableitbar
(+)	Sacculuspotential mit mindestens 50 % geringerer Amplitude ableitbar
++	Sacculuspotential ipsilateral vergrößert ableitbar
o.B.	ohne pathologischen Befund
path.	pathologisch
gls.	Ergebnis gleichsinnig
ungls.	Ergebnis ungleichsinnig
vorw.	vorwiegend
Tumarkin	Tumarkin-Krise

Nr	Patient	m/w	Geburts- jahr	Alter	Diagnose	Thermische Prüfung	VEMP rechts	VEMP links	TP gls. zu VEMP	TP o.B. VEMP path.	TP path VEMP o.B.	TP path. unglis. zu VEMP path.
1	P. I.	w	1952	48	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	X			
2	M. M.	w	1940	61	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+			X	
3	J. J.	w	1936	66	M. Menière re	hochgr. UF re	-	+	X			
4	H. M.	w	1921	80	M. Menière li	n.komp. UF li	+	-	X			
5	T. C.	w	1963	38	M. Menière re	n.komp. UF re	+	+			X	
6	R. E.	m	1938	63	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	X			
7	M. S.	w	1967	35	M. Menière re	n.komp. Irritation re	+	+			X	
8	L. M.	m	1973	29	M. Menière li	ger. Irritation li	+	+			X	
9	K. I.	w	1947	55	M. Menière re	n.komp. Irritation re	-	+				X
10	K. J.	m	1957	44	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	X			
11	K. I.	w	1941	60	M. Menière re	n.komp. Irritation re	-	+				X
12	K. A.	m	1934	68	M. Menière re	n.komp. UF re	+	+			X	
13	K. H.	w	1952	48	M. Menière re	n.komp. Irritation re	-	+				X
14	H. E.	w	1934	67	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	X			
15	G. E.	m	1940	62	M. Menière re	n.komp. UF re	-	+	X			
16	F. M.-M.	w	1936	65	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	X			
17	B. T.	w	1932	69	M. Menière re	n.komp. Ausfall re	(+)	+	X			
18	B. L.	w	1940	62	M. Menière bds.	hochgr. UF re	-	+	X			
19	B. M.	w	1928	72	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	X			
20	A. M.	w	1921	80	M. Menière re	teilw.komp. UF re	-	+	X			
21	M. K.D.	m	1952	49	M. Menière li	noch Norm	+	++		X		
22	S. W.	m	1947	54	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	-				X
23	P. O.	m	1958	43	M. Menière li	noch Norm	+	++		X		
24	M. E.	w	1966	36	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	+			X	
25	K. H.	w	1938	63	M. Menière li	n.komp. UF li	+	(+)	X			
26	J. A.	w	1920	82	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+			X	
27	H. K.	w	1944	57	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+			X	
28	H. C.	w	1983	18	M. Menière li	hochgr. Irritation li	+	-				X
29	C. E.	m	1950	51	M. Menière bds.	teilw.komp. UF re	-	-	X			
30	B. C.	w	1968	33	M. Menière li	n.komp. UF li	+	++				X
31	A. W.	m	1937	65	M. Menière li	teilw.komp. UF li	+	-	X			
32	A. W.	m	1972	29	M. Menière li	noch Norm	+	-		X		
33	L. F.	m	1949	52	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	+			X	
34	H. J.	w	1978	23	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+			X	
35	L. R.	w	1946	54	M. Menière bds.	UF re / Irritation li	-	+	X			
36	S. I.	w	1943	58	M. Menière li	n.komp. UF li	+	-	X			
37	K. B.	m	1961	39	M. Menière re	n.komp. UF re	+	+			X	
38	F. K.	m	1964	37	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	X			
39	B. E.	w	1935	65	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	X			
40	L. M.	w	1950	51	M. Menière re	teilw.komp. UF re	+	+			X	
41	W. J.	m	1930	71	M. Menière li	noch Norm	+	-		X		
42	S. S.	w	1975	26	M. Menière li	Norm	+	-		X		
43	A. V.	m	1959	43	M. Menière li	noch Norm	+	(+)		X		
44	E. L.	m	1955	46	M. Menière li	Norm	+	+	X			
45	S. J.	m	1944	58	M. Menière li	Irritation li	+	-				X
46	L. K.	m	1944	58	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	+			X	
47	L. U.	w	1945	57	M. Menière re	teilw.komp. UF re	-	+	X			
48	R. R.	m	1973	28	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	X			
49	B. H.	m	1950	52	M. Menière re	n.komp. Irritation re	+	+			X	
50	F. C.	m	1965	37	M. Menière bds.	n.komp. UF li	+	+			X	
51	E. R.	m	1957	45	M. Menière li	teilw.komp. UF li	+	+			X	
52	G. V.	w	1959	43	M. Menière re	n.komp. Irritation re	+	+			X	
53	W. M.	w	1936	66	M. Menière re	n.komp. Ausfall li	(+)	+				X
54	W. A.	w	1955	47	M. Menière li	Irritation li	+	++	X			
55	W. K.	m	1945	57	M. Menière bds.	Irritation re / UF li	-	+				X
56	P. P.	w	1959	43	M. Menière li	Irritation li	+	+			X	
57	K. R.	m	1971	31	M. Menière bds.	UF li / Irritation re	(+)	+				X
58	F. L.	w	1962	40	M. Menière re	noch Norm	+	+	X			
59	K. P.	m	1961	41	M. Menière re	hochgr. UF re	+	+			X	
60	E. D.	w	1934	69	M. Menière bds.	hochgr. UF li	+	+			X	

Tab. 3 Aufstellung der Ergebnisse der thermischen Prüfung und der VEMP-Ableitung sowie der Übereinstimmung der Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden

3.4 Vergleich zwischen der Schilderung der Schwindelbeschwerden und den VEMP-Befunden

Aufgrund der vorliegenden Daten des Patientenkollektivs ließ sich die Schwindelqualität in Patienten mit reinem Drehschwindel, mit reinem Schwankschwindel bzw. Liftgefühl und in Mischformen, bei denen beide Schwindelarten vorlagen, einteilen (Tab. 4).

In über der Hälfte der Fälle fanden sich seitengleiche VEMP bei den Patienten, die nur über Drehschwindel klagten. Dagegen bestand bei allen Patienten mit reinem Schwankschwindel bzw. Liftgefühl bis auf zwei ein pathologischer Befund der VEMP. Bei drei Patienten dieser Gruppe, die hervorgehoben werden müssen, weil sie ausschließlich ein Liftgefühl angegeben hatten, zeigte die Ableitung der VEMP in jedem Fall eine gestörte bzw. ausgefallene Sacculusfunktion an. Die Patienten der dritten Gruppe, die sowohl über Drehschwindel als auch Schwankschwindel berichteten, wiesen bis auf einen pathologische VEMP-Befunde auf (Abb. 23 und Tab. 4).

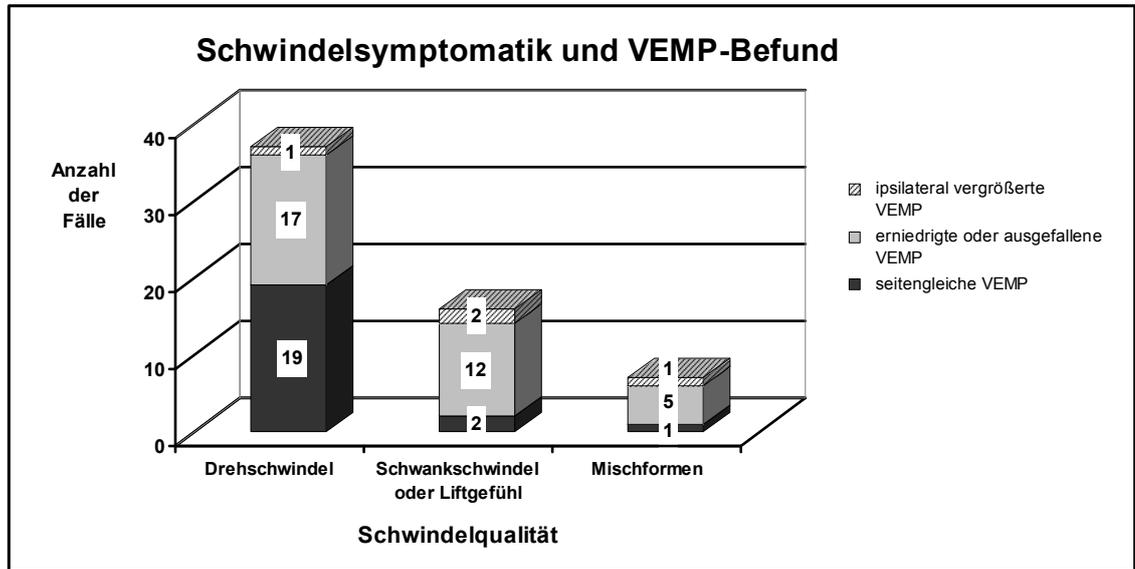


Abb. 23 Säulendiagramm zur Korrelation der Art der Schwindelbeschwerden mit den Ergebnissen der VEMP-Ableitungen

Nr	Patient	m/w	Geburtsjahr	Alter	Diagnose	Thermische Prüfung	VEMP rechts	VEMP links	Schwindelsymptomatik
1	P. I.	w	1952	48	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	Drehschwindel
2	M. M.	w	1940	61	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+	Drehschwindel
3	J. J.	w	1936	66	M. Menière re	hochgr. UF re	-	+	Schwankschwindel
4	H. M.	w	1921	80	M. Menière li	n.komp. UF li	+	-	Schwankschwindel
5	T. C.	w	1963	38	M. Menière re	n.komp. UF re	+	+	Drehschwindel
6	R. E.	m	1938	63	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	Schwankschwindel
7	M. S.	w	1967	35	M. Menière re	n.komp. Irritation re	+	+	Drehschwindel
8	L. M.	m	1973	29	M. Menière li	ger. Irritation li	+	+	Drehschwindel
9	K. I.	w	1947	55	M. Menière re	n.komp. Irritation re	-	+	Schwankschwindel
10	K. J.	m	1957	44	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	Drehschwindel
11	K. I.	w	1941	60	M. Menière re	n.komp. Irritation re	-	+	Drehschwindel
12	K. A.	m	1934	68	M. Menière re	n.komp. UF re	+	+	Drehschwindel
13	K. H.	w	1952	48	M. Menière re	n.komp. Irritation re	-	+	Drehschwindel
14	H. E.	w	1934	67	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	Schwankschwindel
15	G. E.	m	1940	62	M. Menière re	n.komp. UF re	-	+	Drehschwindel
16	F. M.-M.	w	1936	65	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	vorw. Schwankschwindel
17	B. T.	w	1932	69	M. Menière re	n.komp. Ausfall re	(+)	+	Drehschwindel
18	B. L.	w	1940	62	M. Menière bds.	hochgr. UF re	-	+	Schwankschwindel
19	B. M.	w	1928	72	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	Drehschwindel
20	A. M.	w	1921	80	M. Menière re	teilw.komp. UF re	-	+	Drehschwindel
21	M. K.D.	m	1952	49	M. Menière li	noch Norm	+	++	Luftgefühl + Tumarkin
22	S. W.	m	1947	54	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	-	Drehschwindel
23	P. O.	m	1958	43	M. Menière li	noch Norm	+	++	Luftgefühl
24	M. E.	w	1966	36	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	+	Drehschwindel
25	K. H.	w	1938	63	M. Menière li	n.komp. UF li	+	(+)	Drehschwindel
26	J. A.	w	1920	82	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+	Drehschwindel
27	H. K.	w	1944	57	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+	Dreh- und Schwankschwindel
28	H. C.	w	1983	18	M. Menière li	hochgr. Irritation li	+	-	Schwankschwindel
29	C. E.	m	1950	51	M. Menière bds.	teilw.komp. UF re	-	-	Luftgefühl
30	B. C.	w	1968	33	M. Menière li	n.komp. UF li	+	++	Dreh- und Schwankschwindel
31	A. W.	m	1937	65	M. Menière li	teilw.komp. UF li	+	-	Dreh- und Schwankschwindel
32	A. W.	m	1972	29	M. Menière li	noch Norm	+	-	Schwankschwindel
33	L. F.	m	1949	52	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	+	Drehschwindel
34	H. J.	w	1978	23	M. Menière li	n.komp. UF li	+	+	vorw. Schwankschwindel
35	L. R.	w	1946	54	M. Menière bds.	UF re / Irritation li	-	+	Drehschwindel
36	S. I.	w	1943	58	M. Menière li	n.komp. UF li	+	-	Dreh- und Schwankschwindel
37	K. B.	m	1961	39	M. Menière re	n.komp. UF re	+	+	Drehschwindel
38	F. K.	m	1964	37	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	Dreh- und Schwankschwindel
39	B. E.	w	1935	65	M. Menière re	n.komp. UF re	(+)	+	Drehschwindel
40	L. M.	w	1950	51	M. Menière re	teilw.komp. UF re	+	+	Drehschwindel
41	W. J.	m	1930	71	M. Menière li	noch Norm	+	-	Schwankschwindel
42	S. S.	w	1975	26	M. Menière li	Norm	+	-	Dreh- und Schwankschwindel
43	A. V.	m	1959	43	M. Menière li	noch Norm	+	(+)	Schwankschwindel
44	E. L.	m	1955	46	M. Menière li	Norm	+	+	Drehschwindel
45	S. J.	m	1944	58	M. Menière li	Irritation li	+	-	Drehschwindel
46	L. K.	m	1944	58	M. Menière li	n.komp. Irritation li	+	+	Drehschwindel
47	L. U.	w	1945	57	M. Menière re	teilw.komp. UF re	-	+	Drehschwindel
48	R. R.	m	1973	28	M. Menière re	komp. UF re	(+)	+	Dreh- und Schwankschwindel
49	B. H.	m	1950	52	M. Menière re	n.komp. Irritation re	+	+	Schwankschwindel
50	F. C.	m	1965	37	M. Menière bds.	n.komp. UF li	+	+	Drehschwindel
51	E. R.	m	1957	45	M. Menière li	teilw.komp. UF li	+	+	Drehschwindel
52	G. V.	w	1959	43	M. Menière re	n.komp. Irritation re	+	+	Drehschwindel
53	W. M.	w	1936	66	M. Menière re	n.komp. Ausfall li	(+)	+	Drehschwindel
54	W. A.	w	1955	47	M. Menière li	Irritation li	+	++	Drehschwindel
55	W. K.	m	1945	57	M. Menière bds.	Irritation re / UF li	-	+	Drehschwindel
56	P. P.	w	1959	43	M. Menière li	Irritation li	+	+	Drehschwindel
57	K. R.	m	1971	31	M. Menière bds.	UF li / Irritation re	(+)	+	Drehschwindel
58	F. L.	w	1962	40	M. Menière re	noch Norm	+	+	Drehschwindel
59	K. P.	m	1961	41	M. Menière re	hochgr. UF re	+	+	Drehschwindel
60	E. D.	w	1934	69	M. Menière bds.	hochgr. UF li	+	+	Drehschwindel

Tab. 4 Aufstellung der Ergebnisse der thermischen Prüfung und der VEMP-Ableitung im Vergleich zur Schwindelqualität

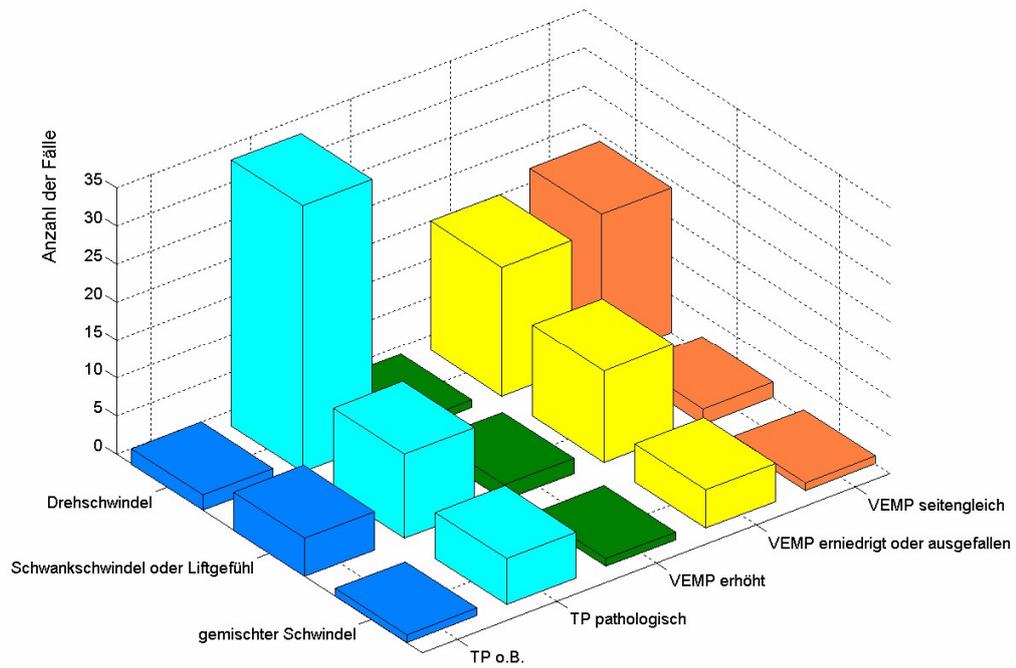


Abb. 24 Zuordnung der Untersuchungsbefunde zur Schwindelqualität gemäß Tab. 4 (TP: thermische Prüfung, o.B.: ohne pathologischen Befund)

Der Gesamtüberblick in Abb. 24 zeigt zusätzlich zu den VEMP-Befunden, wie sie jeder Patientengruppe mit charakteristischer Schwindelqualität zugeordnet werden konnten, auch die jeweiligen Ergebnisse der thermischen Prüfung.

4 Diskussion

4.1 Beteiligung des Sacculus bei der Menièreschen Erkrankung

Die Menièresche Krankheit ist gekennzeichnet durch das rezidivierende Auftreten eines endolymphatischen Hydrops. Man muß davon ausgehen, daß der Endolymphhydrops nicht alle Teile des Innenohres in gleichem Maß betrifft. So findet man bei den audiologischen Untersuchungen sehr häufig Tieftonverluste bei vollständig erhaltenem Hochtongehör. Aus dieser Beobachtung kann man schließen, daß der Hydrops an der Schneckenspitze lokalisiert ist, die Schneckenbasis dagegen nicht beteiligt ist. Ähnliche Überlegungen müssen auch für den Vestibularapparat gelten. Histopathologische Untersuchungen über die Lokalisation und die Häufigkeit der Hydropsbildung belegen, daß nicht immer alle vestibulären Strukturen in gleicher Weise befallen sind, in einer von Okuno und Sando vorgelegten Reihenfolge der Sacculus sogar am häufigsten (Okuno und Sando, 1987).

Schon die Anamneseerhebung deutet auf eine unterschiedliche Beteiligung von Bogengangsorgan und Otolithenapparat an der Menièreschen Erkrankung hin. Während manche Patienten über Drehschwindelanfälle klagen, stehen bei anderen Patienten Beschwerden wie Schwankschwindel oder ein Liftgefühl im Vordergrund.

Da die VEMP eine seitengetrennte spezifische Beurteilung der Sacculusfunktion gestatten, ist es damit möglich zu prüfen, inwieweit der Sacculus in das Krankheitsgeschehen der Menièreschen Erkrankung miteinbezogen ist. In mehr als der Hälfte der hier untersuchten Patienten ließ sich eine Sacculusbeteiligung nachweisen, bei 22 der 60 Patienten des Kollektivs nicht.

Diese Befunde zeigen, daß der Sacculus nicht zwangsläufig in den Krankheitsprozeß der Menièreschen Krankheit eingebunden ist. Dieser Feststellung entsprechen auch die Schlußfolgerungen aus der Anamnese. Denn die Mehrzahl derjenigen, bei denen reine Drehschwindelanfälle bestanden, wies auch seitengleiche Sacculusantworten auf.

Unsere Ergebnisse haben belegt, daß der Sacculus nicht immer von der Menièreschen Krankheit betroffen ist, subjektive Angaben wie Liftgefühl oder Schwankschwindel aber andeuten, daß in diesen Fällen auch der Sacculus am Krankheitsgeschehen teilnimmt.

Die Tumarkin-Krisen, anfallsweise auftretende „Drop attacks“, galten schon immer als eine Sonderform der Menièreschen Erkrankung. Die eigenen Daten weisen nun daraufhin, daß der Sacculus viel häufiger als bisher angenommen, und nicht nur in den seltenen Fällen einer Tumarkin-Krise, in die Menièresche Krankheit mit einbezogen ist. Die jetzt festgestellte Häufung konnte früher aus methodischen Gründen nicht festgestellt werden, erklärt aber die nicht seltene Klage von Schwankschwindel auch bei der Menièreschen Krankheit.

4.2 Pathophysiologische Überlegungen zur Erklärung der VEMP-Befunde bei Menière-Patienten

Auffallend bei den Ableitungen der VEMP bei Menière-Patienten ist, daß alle denkbaren Befundkonstellationen vorkommen: Seitengleiche Potentiale, Potentialverluste auf der kranken Seite und Potentialüberhöhungen auf der erkrankten Seite.

Die Ableitung seitengleicher VEMP deutet darauf hin, daß der Krankheitsprozeß der Menièreschen Krankheit den Sacculus zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht erfaßt hat. Dieser Befund ist nicht ungewöhnlich, da bekannt ist, daß im beschwerdefreien Intervall, und vor allem auch im Frühstadium der Krankheit, eine vollständige Erholung des Vestibularorgans wie auch des Hörorgans erfolgen kann. Eine andere Erklärung be-

steht darin, daß der Krankheitsprozeß andere Teile des Innenohres befallen hat, und den Sacculus dabei (noch) ausspart.

Bei mehr als der Hälfte der untersuchten Patienten konnte durch Ableitung entsprechend veränderter VEMP eine Sacculusläsion nachgewiesen werden. Quantitativ gleiche Daten sind 1999 von de Waele et al. vorgelegt worden (de Waele et al., 1999). Dies deutet darauf hin, daß auch der Sacculus durch das Krankheitsgeschehen geschädigt ist. In den meisten Fällen handelte es sich um bereits länger bestehende Krankheitsverläufe, bei denen durch die wiederholten Anfälle Sinnesepithel irreversibel zerstört worden ist.

Schwieriger erscheint die Deutung der Fälle, immerhin vier von 60, bei denen die VEMP auf der betroffenen Seite gegenüber der gesunden Seite erhöht waren. Dieser Befund läßt sich aber durch bekannte Tatsachen über die Pathophysiologie der Menièreschen Krankheit erklären. Es gilt als allgemein akzeptiert, daß ein Endolymphhydrops das pathologisch-anatomische Substrat der Menièreschen Erkrankung darstellt (Hamann und Arnold, 1998). Nimmt man nun an, daß die Hydropsbildung auch den Sacculus erreicht hat, so kann die Erweiterung der Endolymphräume dazu führen, daß der Sacculus räumlich näher an die Stapesfußplatte rückt (vgl. Abb. 25). Das bedeutet, daß Schallenergie dann einen kürzeren Weg bis zum Sacculus, dem Rezeptor des Muskelreflexes, zurückzulegen hat. Damit ist der Energieverlust geringer, der Sacculus wird also stärker erregt, und löst dann eine kräftigere Muskelantwort aus.

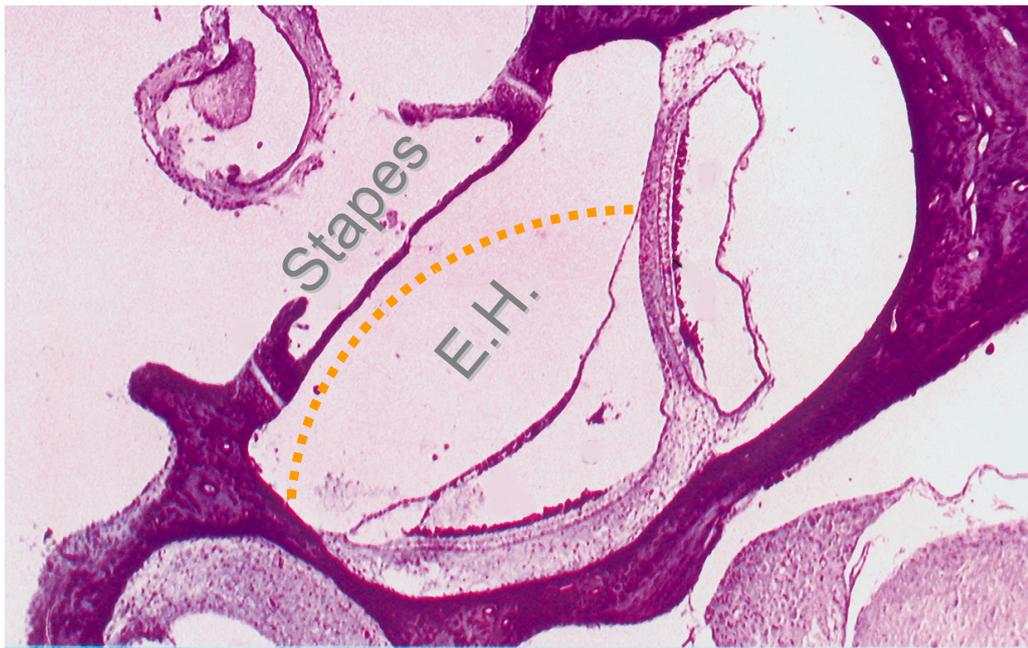


Abb. 25 Räumliche Beziehung von Sacculus zur Stapesfußplatte: der gepunktete Kreisbogen soll die Lage der Sacculusmembran bei einem Endolymphhydrops veranschaulichen → die Schallübertragung von der Stapesfußplatte zur Sacculusmembran wird kürzer und damit besser

Unsere Beobachtung, daß auf der erkrankten Seite überhöhte VEMP vorliegen können, wird von anderen Autoren bestätigt (Young et al., 2002). Auch diese Autoren stellen gleiche Überlegungen zur Deutung dieses Phänomens an.

Weniger wahrscheinlich erscheint uns die Möglichkeit, daß, bedingt durch die Menièresche Krankheit, ein höherer Erregungszustand am Rezeptor vorliegt, der stärkere Reflexantworten auslöst.

Unter Berücksichtigung der bekannten pathophysiologischen Mechanismen der Menièreschen Krankheit lassen sich alle denkbaren VEMP-Befundkonstellationen erklären. Dabei kann das Vorliegen ipsilateral überhöhter Potentiale sogar als Endolymphhydrops-Nachweis gewertet werden.

4.3 Schwindelqualität und VEMP

Der periphere Vestibularapparat gliedert sich in fünf Teilorgane mit jeweils speziellen Funktionen. So dient beispielsweise der horizontale Bogengang der Erfassung horizontaler Winkelbeschleunigungen. Dementsprechend ist der horizontale Bogengang mit dem Muskelpaar der äußeren Augenmuskeln verbunden, das den Bulbus in der Horizontalen bewegt. Im Fall einer Läsion ist daher ein horizontal gerichteter Drehschwindel zu erwarten sowie ein horizontal schlagender Nystagmus.

Stellt man für den Sacculus, der hauptsächlich für die Erfassung vertikal gerichteter Linearbewegungen des Kopfes zuständig ist, ähnliche Überlegungen an, so sind wegen seiner Lage und seiner neuroanatomischen Verbindungen vertikal gerichtete Scheinbewegungen, also vor allem ein Liftschwindel, zu erwarten.

Die eigenen Daten belegen die Richtigkeit dieser Überlegungen. Gerade bei den Patienten, die ausschließlich über Schwankschwindel oder ein Liftgefühl klagten, fand sich in fast allen Fällen auch eine Sacculusläsion. Auch bei den Mischformen, die sowohl über Drehschwindel als auch über Schwankschwindel klagten, ließ sich in den meisten Fällen durch Ableitung der VEMP eine Sacculusbeteiligung nachweisen.

Die schon immer als Sonderform des Morbus Menière betrachteten Tumor-Krisen finden durch unsere Befunde ebenfalls eine Erklärung. Die bisher angenommene und wegen der charakteristischen Symptomatik auch zu erwartende Ursache ist eine Hydrops-bedingte Funktionsstörung des Otolithenapparates. Diese läßt sich nun durch Ableitung der VEMP im Einzelfall auch nachweisen (vgl. Abschnitt 4.1).

4.4 Klinische Wertigkeit der VEMP in der neurootologischen Diagnostik

Die Methode der VEMP setzt sich mehr und mehr in der klinischen Diagnostik von Schwindelbeschwerden durch. Unbestritten ist, daß mit Ableitung der VEMP eine seitengetrennte spezifische Beurteilung der Sacculusfunktion möglich ist. Daraus haben sich eine Reihe von Einsatzmöglichkeiten dieser Methode in der neurootologischen Diagnostik ergeben.

So können früher nicht erkennbare Sacculusschäden als Erklärung für Schwindelbeschwerden diagnostiziert werden, selbst wenn ansonsten normale vestibuläre Befunde vorliegen. In der Frühdiagnostik von Vestibularisschwannomen gewinnt die Ableitung der VEMP dadurch an Bedeutung, daß kleine vom inferioren Ast des Vestibularnerven ausgehende Tumore erkannt werden können, die mit der üblichen Vestibularisdiagnostik übersehen worden wären (Hamann et al., 2002). Schließlich sollten bei jeder neurootologischen Begutachtung die VEMP abgeleitet werden, um möglichst präzise das Ausmaß einer vestibulären Schädigung zu erfassen.

Die eigenen Daten haben eine weitere Indikation für den Einsatz der VEMP eröffnet, nämlich die Beurteilung, inwieweit der Sacculus in das Krankheitsgeschehen der Menièreschen Erkrankung einbezogen ist. In einigen Fällen gelingt es, sogar Befunde zu erheben, die als Hydropsäquivalent betrachtet werden können.

Einschränkungen für die Anwendung der VEMP ergeben sich durch Schalleitungsschwerhörigkeiten, die eine Erniedrigung des an den Sacculus gelangenden Schalldrucks nach sich ziehen, der damit nicht mehr für eine Potentialgenerierung ausreicht. Darüber hinaus haben wir bei Patienten im höheren Lebensalter den Eindruck gewonnen, daß beidseitig die Auslösbarkeit der VEMP reduziert ist.

Die Kosten für den apparativen Aufwand sind nicht gering, auch ist der zeitliche Aufwand für eine Messung bei 20 bis 30 Minuten zu veranschla-

gen. Dennoch werden diese Nachteile aufgewogen durch den Vorteil, daß mit Ableitung der VEMP eine Information gewonnen werden kann, die mit keiner anderen Methode zu erreichen ist. Neurootologische Zentren sollten daher über diese Methode verfügen und sie einsetzen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde bei 20 Probanden und bei 60 Patienten, die an der Menièreschen Krankheit litten, der aktuelle Funktionszustand des Bogengangsorgans und des Sacculus getrennt voneinander bestimmt. Um einen objektiven und zugleich differenzierten Zugang zu Störungen der beiden Einzelorgane zu erhalten, wurden zwei verschiedene experimentelle Methoden der Vestibularisdiagnostik angewandt: zum einen die thermische Prüfung, die nur die Funktion des horizontalen Bogengangs widerspiegelt, und zum anderen die neuere Methode der vestibulär evozierten myogenen Potentiale (VEMP), mit der eine selektive und seitengetrennte Beurteilung der Sacculusfunktion möglich ist.

Voraussetzung für die Aufnahme in das Patientenkollektiv war die Diagnose eines (nach den Kriterien der AAO-HNS) „sicheren Morbus Menière“.

Für ein besseres pathophysiologisches Verständnis der Menièreschen Krankheit und nicht zuletzt für eine gezieltere Aufklärung der Patienten wurde bei allen 60 Patienten des Kollektivs mit Hilfe der VEMP untersucht, inwieweit der Sacculus am Krankheitsgeschehen teilnimmt. Die Häufigkeit und die Qualität von veränderten Sacculuspotentialen wurden im Hinblick auf mögliche pathologische Veränderungen am Rezeptor ausgewertet. Um die unterschiedliche Beteiligung von Otolithenapparat und Bogengangsorgan am Krankheitsprozeß zu veranschaulichen, wurden die VEMP-Befunde mit den Befunden des Bogengangstests verglichen. Desweiteren stellte sich die Frage, ob schon die aus der Anamnese gewonnene Angabe zur Art des Schwindels einen Hinweis auf den Fokus des Krankheitsgeschehens innerhalb des Vestibularapparates geben kann.

Sowohl bei den Probanden als auch bei den Patienten wurde nach Prüfung auf einen möglicherweise vorhandenen Spontannystagmus die thermische Reizung der horizontalen Bogengänge selektiv mit 44°C warmen

Wasser durchgeführt. Die entsprechenden okulomotorischen Reaktionen wurden mit Hilfe der Videoculographie aufgezeichnet. Die Sacculusfunktion ließ sich durch Ableiten der VEMP, hervorgerufen durch Klickreize hohen Schalldrucks, seitengetreunt prüfen.

Alle gesunden Probanden zeigten in beiden Untersuchungen erwartungsgemäß normale Ergebnisse, das heißt eine seitengleiche thermische Erregbarkeit und seitengleich ableitbare VEMP.

In der Gruppe der Menière-Patienten ergab die thermische Prüfung bis auf wenige Ausnahmen (n=8) auf der erkrankten Seite stets eine pathologische Reaktion, die entweder auf eine Unterfunktion oder in manchen Fällen auch auf eine Irritation des horizontalen Bogengangs hindeutete.

Bei der Auswertung der VEMP kamen drei Antwortmuster vor: seitengleiche Potentiale (n=22), auf der betroffenen Seite reduzierte oder ausgefallene Potentiale (n=34) und ipsilateral vergrößerte Potentiale (n=4).

Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß der Sacculus nicht immer von der Menièreschen Krankheit betroffen ist, es aber in den meisten Fällen neben einer gestörten Bogengangsfunktion auch zu einer Läsion des Sacculus mit einem Verlust von Sinneszellen kommt. Die in Einzelfällen nachweisbaren vergrößerten VEMP lassen die Annahme zu, daß ein im Sacculus lokalisierter Endolymphhydrops den Weg der Schallübertragung vom ovalen Fenster verkürzt, der Sacculus mehr Schalldruckenergie erhält, und damit die von ihm ausgelöste Reflexantwort größer ausfällt.

Der Vergleich der Ergebnisse von thermischer Prüfung und Sacculustest zeigt in mehr als der Hälfte der Fälle (n=36) eine Nichtübereinstimmung der Befunde. Das bedeutet, daß beide Teilorgane zum Zeitpunkt der Untersuchung in unterschiedlicher Weise in den Krankheitsprozeß involviert waren. Der Endolymphhydrops erstreckte sich dann nicht gleichmäßig auf den gesamten Vestibularapparat.

Beim Vergleich der geschilderten Schwindelqualität mit den VEMP-Befunden fiel auf, daß gerade bei den Patienten, die über Schwindel oder ein Liftgefühl klagten, in fast allen Fällen auch eine Saccu-

lusion zu beobachten war. Umgekehrt wies die Mehrzahl derjenigen, bei denen reine Drehschwindelanfälle bestanden, seitengleiche Sacculusantworten auf. Diese Beobachtungen unterstreichen die Bedeutung einer detaillierten Anamneseerhebung bei der Menièreschen Erkrankung, da von der Art der Scheinbewegungen bereits auf eine unterschiedliche Beteiligung von Bogengangsorgan und Sacculus geschlossen werden kann.

6 Literaturverzeichnis

AAO-HNS (1995)

Guidelines for the diagnosis and evaluation of therapy in Menière's disease.

Otolaryngol Head Neck Surg 113 (1995) 181-185.

Arnold W., Altermatt H.J., Gebbers J.O. (1984)

Qualitativer Nachweis von Immunglobulinen im menschlichen Saccus endolymphaticus.

Laryng Rhinol Otol 63 (1984) 464-467.

Böhmer A., Mast F. (1999)

Assessing Otolith Function by the subjective visual vertical.

Ann NY Acad Sci 871 (1999) 221-230.

Bonkowsky V.M., Hamann K.-F. (1987)

Der Versuch einer Quantifizierung der zentral-vestibulären Kompensation mit Hilfe der subjektiven visuellen Vertikalen.

Arch Oto Rhino Laryngol Suppl II (1987) 113-114.

Brandt T., Dieterich M. (1994)

Vestibular syndromes in the roll plane: topographic diagnosis from brainstem to cortex.

Ann Neurol 33 (1994) 337-347.

Claes J., van de Heyning P.H. (1997)

Medical treatment of Menière's disease: A review of literature.

Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl 526 (1997) 37-42.

- Colebatch J.G., Halmagyi G.M., Skuse N.F. (1994)
Myogenic potentials generated by a click evoked vestibulocollic reflex.
Neurol Neurosurg Psychiat 57 (1994) 190-197.
- De Waele C., Tan Ba Huy P., Diard J.P., Fraysse G., Vidal P.P. (1999)
Saccular dysfunction in Menière's disease.
Am J Otol 20 (1999) 223-232.
- Diamond S.G., Markham C.H. (1983)
Ocular Counterrolling as an indicator of vestibular function.
Neurology 33 (1983) 1460-1469.
- Dieringer N. (1995)
„Vestibular compensation“: Neural plasticity and its relations to functional recovery after labyrinthine lesions in frogs and other vertebrates.
Progress in Neurobiology 46 (1995) 97-129.
- Eggermont J.J., Odenthal D.W. (1974)
Methods in electrocochleography.
Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl 316 (1974) 17-24.
- Ferber-Viart C., Dubreuil C., Duclaux R. (1999)
Vestibular evoked myogenic potentials in human: a review.
Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl 119 (1999) 6-15.
- Fetter M., Dichgans J. (1996)
Vestibular neuritis spares the inferior division of the vestibular nerve.
Brain 119 (1996) 755-763.
- Hallpike C.S., Cairns H. (1938)
Observations on the pathology of Menière's syndrome.
J Laryngol Otol 53 (1938) 625-655.

Hamann K.-F. (1987)

(1) Anatomie und Physiologie des vestibulären Systems

(2) Vestibuläres Training

In: Hamann K.-F.: Training gegen Schwindel.

Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1987

(1) S. 13 und 15 (für Abb. 3 und 5), (2) S. 57-77.

Hamann K.-F. (1994)

Physiologie und Pathophysiologie des vestibulären Systems

In: Naumann H.H., Helms J., Herberhold C., Kastenbauer E. (Hrsg.)

Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis in 3 Bänden.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 1994, S. 260-297

S. 262 (für Abb. 1), S. 265 (für Abb. 4).

Hamann K.-F. (1998)

Differentialdiagnose zwischen Erkrankungen der Bogengänge und des
Otolithenapparates

In: Stoll W. (Hrsg.): Differentialdiagnose Schwindel.

Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1998, S. 49-55.

Hamann K.-F., Arnold W. (1998)

Menière's Disease

In: Büttner U. (Hrsg.): Vestibular Dysfunction and its Therapy.

Adv Otorhinolaryngol, Karger (Basel) vol 55 (1998) 137-168.

Hamann K.-F. (2001)

Optokinetische Prüfungen

In: Westhofen M. (Hrsg.): Vestibuläre Untersuchungsmethoden.

PVV Science Publications, Ratingen, 2001, S. 100-103.

Hamann K.-F., Ulm T., Hunold A. (2002)

Vestibulär ausgelöste Muskelpotentiale bei sogenannten Akustikusneurinomen.

73. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Baden-Baden, Mai 2002

Klinke R. (1996)

Bewegungs- und Lagesinn

In: Klinke R., Silbernagl S. (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 1996, S. 656-665

S. 657 (für Abb. 2).

Klockhoff I., Lindblom U. (1974)

Endolymphatic hydrops revealed by glycerol test: Preliminary report.

Acta Otolaryngol (Stockh) 61 (1974) 459-462.

Kornhuber H.H. (1966)

Physiologie und Klinik des zentralvestibulären Systems

In: Berendes J., Link R., Zöllner F. (Hrsg.)

Hals-Nasen-Ohrenheilkunde.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 1966, S. 2150-2351.

Menière P. (1861)

Mémoire sur des lésions de l'oreille interne donnant lieu à des symptômes de congestion cérébrale apoplectiforme.

Gaz Méd Paris 38 (1861) 597-601.

Murofushi T., Curthoys I.S. (1997)

Physiological and Anatomical Study of Click-Sensitive Primary Vestibular Afferents in the Guinea Pig.

Acta Otolaryngol (Stockh) 117 (1997) 66-72.

Okuno T., Sando I. (1987)

Localization, frequency and severity of endolymphatic hydrops and the pathology of the labyrinthine membran in Menière's disease.

Ann Otol Rhinol Laryngol 96 (1987) 438-445.

Paparella M.M. (1994)

The natural course of Menière's disease

In: Filipo R., Barbara M. (Hrsg.): Proc 3rd Int Symp Men Dis.

Amsterdam, Kugler, 1994, S. 9-20.

Portmann G. (1927)

The saccus endolymphaticus and an operation for draining the same for the relief of vertigo.

J Laryngol 42 (1927) 809-817.

Scherer H., Helling K. (2001)

Thermische Prüfung

In: Westhofen M. (Hrsg.): Vestibuläre Untersuchungsmethoden.

Schuknecht H.F., Igarashi M. (1986)

Pathophysiology of Menière's disease

In: Pfaltz C.R. (Hrsg.): Controversial Aspects of Menière's Disease.

Thieme Verlag, New York, 1986, S. 46-54.

Schuknecht H.F. (1993)

Pathology of the Ear

2. Auflage, Lea & Febiger, Philadelphia, 1993.

Thomsen J., Bretlau P., Tos M. (1981)

Placebo effect in surgery for Menière's disease: A double-blind study on endolymphatic sac surgery.

Arch Otolaryngol 107 (1981) 271-278.

Tumarkin A. (1936)

Otolithic catastrophe, a new syndrome.

Br Med J 11 (1936) 175-177.

Watanabe Y. (1994)

Vestibular aspects of Menière's disease

In: Filipo R., Barbara M. (Hrsg.): Proc 3rd Int Symp Men Dis.

Amsterdam, Kugler, 1994, S. 337-345.

Westhofen M. (2001)

Rotatorische Tests

In: Westhofen M. (Hrsg.): Vestibuläre Untersuchungsmethoden.

PVV Science Publications, Ratingen, 2001, S. 70-83.

Yamakawa K. (1938)

Über die pathologische Veränderung bei einem Menière-Kranken.

J Otolaryngol Soc Jpn 4 (1938) 2310-2312.

Young Y.-H., Wu C.C., Wu C.H. (2002)

Augmentation of vestibular evoked myogenic potentials: an indication for distended saccular hydrops.

Laryngoscope 112 (2002) 509-512.

7 Abkürzungsverzeichnis

M. Menière	Morbus Menière
VEMP	Vestibulär evozierte myogene Potentiale
EMG	Elektromyographie
TP	Thermische Prüfung
VOG	Videookulographie
VSV	Visuelle subjektive Vertikale
OCR	Ocular counterrolling
SPL	Sound pressure level

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Lage der vestibulären Rezeptoren im Bogengangs- und Otolithenapparat (aus Hamann, 1994, S. 262).....	4
Abb. 2	Mikroskopischer Aufbau der Cupula (links) und des Otolithenapparates (rechts) (aus Klinke, 1996, S. 657).....	5
Abb. 3	Schematische Darstellung des Verhaltens des Rezeptorpotentials und der Modulation der Nervenimpulse bei adäquater Reizung, nach Groen 1972 (aus Hamann, 1987, S. 13).....	6
Abb. 4	Geographische Anordnung des Maculaapparates im Innenohr beider Seiten mit schematischer Darstellung der Haarbüschelrichtungen in Utriculus und Sacculus (aus Hamann, 1994, S. 265).....	7
Abb. 5	Schematische Darstellung der Hauptafferenzen und –fferenzen der Vestibulariskerne (aus Hamann, 1987, S. 15).....	8
Abb. 6	Beispiele von VEMP-Originalregistrierungen: oben bei einem Gesunden, unten bei einem Patienten mit gestörter Sacculusfunktion.....	14
Abb. 7	Beispiel eines endolymphatischen Hydrops vom Menschen im Bereich des Vestibularapparates (aus Schuknecht, 1993).....	18
Abb. 8	Aktuelle Hypothese der Ätiologie des endolymphatischen Hydrops.....	20
Abb. 9	Einteilung der Menièreschen Krankheit nach Wahrscheinlichkeitskriterien zur Diagnosesicherung (nach AAO-HNS, 1995)	24
Abb. 10	Lichtausschließende Brille mit aufgesetzter Infrarotkamera zur Registrierung von Augenbewegungen (Originalfotographie).....	28
Abb. 11	Durchführung der thermischen Prüfung bei 60° nach hinten gelagertem Kopf (Originalfotographie).....	30
Abb. 12	Schematische Darstellung der Messanordnung für die Ableitung der VEMP (nicht dargestellt ist die auf der Stirn fixierte Erdelektrode).....	32
Abb. 13	Darstellung der Meßsituation bei der Ableitung der VEMP (Originalfotographie).....	33
Abb. 14	VEMP-Registrierung mit einem pathologischen Seitenunterschied; die Amplitude rechts ist mehr als 50% kleiner als die Amplitude links	35
Abb. 15	Beispiel eines pathologischen Spontannystagmus nach links bei einer Patientin mit M. Menière der rechten Seite	37
Abb. 16	Beispiel für eine seitengleiche thermische Erregbarkeit bei thermischer Reizung mit 44°C Wasser bei einem Probanden. Seitengleiche thermische Erregbarkeit wurde auch bei acht Patienten beobachtet. Oben: Original-VOG-Registrierung der	

	Augenposition über der Zeit (°: Winkelgrad, s: Sekunde); Unten: mit EDV berechnete Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase (GLP)	39
Abb. 17	Beispiel für eine pathologische Seitendifferenz bei thermischer Reizung mit 44°C Wasser (Untererregbarkeit links) bei einem Patienten mit M. Menière der linken Seite. Oben: Original-VOG-Registrierung der Augenposition über der Zeit (°: Winkelgrad, s: Sekunde), Unten: mit EDV berechnete Geschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase (GLP)	40
Abb. 18	Aufteilung der VEMP-Befunde nach ihrem Amplitudenverhalten	43
Abb. 19	Originalregistrierung seitengleich ableitbarer VEMP bei einer Patientin mit M. Menière der rechten Seite	44
Abb. 20	Originalregistrierung der VEMP bei einem Patienten mit M. Menière der rechten Seite; rechts keine Potentiale ableitbar, links normale Potentiale ableitbar	44
Abb. 21	Originalregistrierung der VEMP bei einem Patienten mit M. Menière der linken Seite; links vergrößerte Potentiale ableitbar, rechts normale Potentiale ableitbar.....	45
Abb. 22	Säulendiagramm zur Darstellung der Beziehungen zwischen den Ergebnissen der thermischen Prüfung und der VEMP-Ableitungen	46
Abb. 23	Säulendiagramm zur Korrelation der Art der Schwindelbeschwerden mit den Ergebnissen der VEMP-Ableitungen	50
Abb. 24	Zuordnung der Untersuchungsbefunde zur Schwindelqualität gemäß Tab. 4 (TP: thermische Prüfung, o.B.: ohne pathologischen Befund).....	52
Abb. 25	Räumliche Beziehung von Sacculus zur Stapesfußplatte: der gepunktete Kreisbogen soll die Lage der Sacculusmembran bei einem Endolymphhydrops veranschaulichen → die Schallübertragung von der Stapesfußplatte zur Sacculusmembran wird kürzer und damit besser	56

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Aufschlüsselung der Menière-Patienten nach dem Ergebnis der thermischen Reizung.....	38
Tab. 2	Aufstellung der Ergebnisse des Spontannystagmus-Tests (SpN) und der thermischen Prüfung (Kalorik)	42
Tab. 3	Aufstellung der Ergebnisse der thermischen Prüfung und der VEMP-Ableitung sowie der Übereinstimmung der Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden.....	48
Tab. 4	Aufstellung der Ergebnisse der thermischen Prüfung und der VEMP-Ableitung im Vergleich zur Schwindelqualität	51

10 Danksagung

Sehr herzlich danken möchte ich:

Herrn Prof. Dr. med. K.-F. Hamann, der mir das Thema der Arbeit überließ und mir zahlreiche Forschungsliteratur zur Verfügung stellte. Nicht nur sein großes Interesse an der Arbeit seiner Doktoranden, sondern auch sein beständiges persönliches Engagement bei der Betreuung haben die Arbeit in allen Phasen ihrer Entstehung stetig voranschreiten lassen. Seine Hilfsbereitschaft und viele inspirierende fachliche, aber auch freundschaftliche Gespräche machen ihn zu einem Doktorvater von unschätzbarem Wert.

Herrn Prof. Dr. med. W. Arnold für die Möglichkeit, diese Arbeit an der von ihm geleiteten Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde durchzuführen.

Frau R. Lorenz (Labor für Vestibularisdiagnostik) für die engagierte und freundschaftliche Zusammenarbeit bei den Untersuchungen und für ihre einmalige Eigenschaft, immer ein offenes Ohr für die Doktoranden zu haben.

Frau Dipl.-Math. R. Busch (Lehrstuhl für Medizinische Statistik und Epidemiologie, TU München) für statistische Beratung.

Herrn M. Stobrawe (Fotolabor der HNO-Klinik) für die Anfertigung der Photographien.

Den Probanden und Patienten, die sich für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben.

Meinen Eltern und meinem Bruder für den immerwährenden Rückhalt.