

Hals-Nasen-Ohren-Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München  
Klinikum rechts der Isar  
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. A. Bier)

## **Altersabhängigkeit der vestibulär evozierten myogenen Potentiale**

Louise Penzenstadler

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. Univ.-Prof. Dr. H. A. Bier

Die Dissertation wurde am 08.12.2008 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 18.03.2009 angenommen.

# Altersabhängigkeit der vestibulär evozierten myogenen Potentiale

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	4
1.1	Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems .....	4
1.2	Alterungsvorgänge im vestibulären System .....	5
1.2.1	Morphologisch fassbare Alterungsvorgänge .....	5
1.2.2	Funktionelle Alterungsvorgänge .....	6
1.3	Untersuchungsmethoden vestibulärer Funktionen .....	8
1.3.1	Orientierung im Raum .....	8
1.3.2	Okulomotorik .....	9
1.3.3	Vestibulospinale Prüfungen .....	10
1.3.3.1	Subjektive Methoden .....	10
1.3.3.2	Objektive Aufzeichnungsmethoden .....	11
1.3.3.2.1	Posturographie .....	11
1.3.3.2.2	Vestibulär evozierte myogene Potentiale .....	12
1.4	Ausgewählte Krankheitsbilder .....	13
1.4.1	Menièresche Krankheit .....	13
1.4.2	Neuritis vestibularis .....	16
1.4.3	Kleinhirnbrückenwinkeltumor .....	16
1.5	Fragestellung .....	18
2	Methodik .....	19
2.1	Ableitung der vestibulär evozierten myogenen Potentiale .....	19
2.1.1	Apparative Voraussetzungen .....	19

2.1.2	Durchführung .....	19
2.1.3	Auswertung .....	21
2.2	Untersuchungskollektiv .....	23
2.2.1	Kontrollgruppe .....	23
2.2.2	Patienten .....	23
2.3	Klinische Untersuchungen zur Diagnosestellung .....	24
2.4	Statistische Methoden .....	24
3	Ergebnisse .....	26
3.1	Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Normalpersonen .....	26
3.1.1	Normalpersonen unter 60 Jahre .....	26
3.1.2	Normalpersonen über 60 Jahre .....	28
3.2	Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Menière-Patienten .....	30
3.2.1	Menière-Patienten unter 60 Jahren .....	30
3.2.2	Menière-Patienten über 60 Jahren .....	32
3.3	Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Neuritis vestibularis-Patienten .....	34
3.3.1	Neuritis vestibularis-Patienten unter 60 Jahren .....	34
3.3.2	Neuritis vestibularis-Patienten über 60 Jahren .....	36
3.4	Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor .....	38
3.4.1	Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor unter 60 Jahren .....	38
3.4.2	Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor über 60 Jahren .....	40
3.5	Statistischer Vergleich der zwei Altersgruppen .....	42
4	Diskussion .....	43
4.1	Altersabhängigkeit der vestibulär evozierten myogenen Potentiale bei vestibulär Gesunden .....	43

4.2	Altersabhängigkeit der vestibulär evozierten myogenen Potentiale bei vestibulär Erkrankten .....	44
4.3	Stellenwert der Ableitungen der vestibulär evozierten myogenen Potentiale in der neurootologischen Diagnostik .....	46
5	Zusammenfassung.....	48
6	Abkürzungsverzeichnis .....	50
7	Abbildungsverzeichnis .....	51
8	Tabellenverzeichnis .....	53
9	Literaturverzeichnis.....	55
10	Danksagung .....	60

# 1 Einleitung

## 1.1 Funktionelle Anatomie des vestibulären Systems

Das vestibuläre System dient der Orientierung im Raum. Es erfüllt jedoch keine einzige Funktion allein, sondern liefert Beiträge zur Erfüllung verschiedener Funktionen. Dazu zählen im bewussten Bereich die Raumorientierung, reflektorisch die Anteile an der Blickmotorik und an der Spinalmotorik (Kornhuber, 1966). Da keine der genannten Funktionen vom vestibulären System allein erfüllt wird, kooperiert das vestibuläre System mit anderen Sinnessystemen, vor allem mit dem visuellen und propriozeptiven System.

Das vestibuläre System umfasst einen peripheren Rezeptorapparat, der Kopfbeschleunigungen erfasst, und ein zentrales System, das der Informationsverarbeitung und der Integration mit anderen Sinnesinformationen dient (Precht, 1978). Der Rezeptorapparat ist bilateral angelegt und besteht auf jeder Seite aus Mechanorezeptoren, die einerseits der Aufnahme von angulären Bewegungen (Bogengänge) dienen, andererseits der Aufnahme linearer Kopfbewegungen (Otolithenapparat). Die von jedem Rezeptor ausgehenden Nervenfasern vereinigen sich zunächst zum N. vestibularis superior und inferior, bilden dann den N. vestibularis und laufen mit dem N. cochlearis als VIII. Hirnnerv durch den inneren Gehörgang zu den Vestibulariskernen. Die Vestibulariskerne selbst stellen die Hauptintegrationsstelle für das vestibuläre System dar. Hier erfolgt nicht nur der Informationsabgleich zwischen der rechten und der linken Seite, sondern auch die Verarbeitung mit nicht-vestibulären Informationen also aus dem visuellen und propriozeptiven System. Das Ergebnis dieser Verarbeitung wird an die Zielorgane weitergegeben: für die bewusste Orientierung im Raum zum parietotemporalen Cortex, für die Blickmotorik zu den Okulomotorik-Kernen und für den Anteil an der Körpergleichgewichtsregulation zu den Rückenmarks-Vorderhornzellen.

Störungen im vestibulären System treten immer dann auf, wenn durch einseitige Läsionen das zentralvestibuläre Tonusgleichgewicht gestört wird (Hamann, 1987). Dies äußert sich in den typischen Symptomen wie Drehschwindel, Spontannystagmus und Ataxie. Durch biologisch vorgegebene Kompensationsmechanismen kommt es zu einer mehr oder weniger ausreichenden Erholung der Symptome. Moderne Therapieverfahren berücksichtigen diese Kompensationsmechanismen und fördern sie gezielt durch Übungsprogramme (Hamann, 1987). Schon hier sei erwähnt, dass wie in anderen Sinnessystemen auch im vestibulären System Alterungsvorgänge ablaufen.

## **1.2 Alterungsvorgänge im vestibulären System**

Wie alle biologischen Systeme unterliegt auch das vestibuläre System physiologischen Alterungsvorgängen. Im Unterschied zu anderen Sinnessystemen ist für die Funktion des vestibulären System zu bedenken, dass weniger die Funktion der einzelnen Rezeptoren die entscheidende Rolle spielt, als vielmehr das Zusammenspiel beider Vestibularapparate und ihrer zentralen Verbindung in Höhe der Vestibulariskerne.

Im Folgenden werden die bekannten Daten über morphologisch und funktionelle Veränderungen des vestibulären System im höheren Lebensalter dargestellt.

### **1.2.1 Morphologisch fassbare Alterungsvorgänge**

Alterungsvorgänge lassen sich morphologisch an den verschiedenen Stationen der vestibulären Projektion nachweisen. So nimmt die Zahl vestibulärer Haarzellen im Alter ab (Rosenhall u. Rubin, 1975). Rosenhall fand auch Degenerationen in der Crista ampullaris. Am Otolithenapparat zeigen sich die Alterungsvorgänge als Verlust von Otokonien (Johnsson u. Hawkins, 1972). Ein anderes Zeichen für die

Alterungsvorgänge am vestibulären Rezeptor ist der Nachweis des als Alterspigment angesehenen Lipofuszin (Sturrock, 1988; Rosenhall u. Rubin, 1975; Schmelzer, 1987).

Auch der nächste Teil der vestibulären Bahn, der Vestibularnerv, zeigt Alterungsvorgänge in Form einer signifikanten Abnahme von Nervenfasern (Bergström, 1973). Ebenso kommt es am Vestibularisnerv zu einer Zunahme des Lipofuszingehalts in höherem Lebensalter (Sturrock, 1988; Rosenhall u. Rubin, 1975; Schmelzer, 1987). Nicht ganz sicher ist, ob diese morphologischen Befunde ausschließlich auf physiologische Alterungsvorgänge zurückzuführen sind oder ob noch andere Faktoren wie beispielsweise vaskuläre oder metabolische eine Rolle spielen.

Für Alterungsvorgänge in Vestibulariskernen liegen wenige Daten vor. Hier spielen allgemeine Alterungsvorgänge des zentralen Nervensystems hinein. So nimmt bekanntlich die Plastizität im zentralen Nervensystem, ein gerade für vestibuläre Störungen wichtiger Vorgang, mit höherem Lebensalter ab. Denn entscheidend für das normale Funktionieren des vestibulären Systems ist die Aufrechterhaltung eines Tonusgleichgewichts zwischen den Vestibulariskernen.

### **1.2.2 Funktionelle Alterungsvorgänge**

Unabhängig von der Frage, ob die morphologisch nachgewiesenen Phänomene im vestibulären System für vestibuläre Funktionen Folgen nach sich ziehen, sind einige klinisch fassbare Störungen bekannt, die in höherem Lebensalter vermehrt auftreten. Im subjektiven Bereich, also für die bewusste Orientierung im Raum, kommt es zu einem vermehrten Auftreten von Schwindelbeschwerden. So klagen bei den über 70jährigen 61% der Frauen und 47% der Männer über Schwindel (Jenkins H. et al., 1989). Natürlich bleibt dabei offen, ob dies ein vestibulärer Schwindel im engeren Sinne ist, oder ob es sich nicht um einen unsystematischen Schwindel handelt.

Für den Bereich der Blickmotorik zeigen sich die Alterungsvorgänge in einer leichten Sakkadierung der langsamen Folgebewegungen der Augen (Spooner/Sakala/Baloh, 1980) und in einer verminderten Auslösbarkeit des optokinetischen Nystagmus (Simons u. Büttner, 1985).

Für die thermische Prüfung (Gramowski, 1976/ Mulch und Petermann, 1979) gibt es unterschiedliche Befunde. Dies ist wohl dadurch zu erklären, dass diese methodenbedingt unterschiedlich ausfällt und schon deswegen nicht mit Absolutwerten gearbeitet werden kann, sondern nur mit dem Seitenvergleich.

Bei der rotatorischen Prüfung finden sich mit zunehmendem Lebensalter schwächere Antworten (Kornhuber, 1966).

Auch die Standregulation erleidet in höherem Lebensalter Einbußen. Dies zeigt sich an einer Zunahme der Körperschwankamplitude in Ruhe, aber auch an einer Sakkadierung sonst gleichmäßig ausgeführter Bewegungen wie beim Gehen.

Da sich für viele Leistungen das vestibuläre System altersabhängige Einbussen feststellen lassen, muss jeder Test, der vestibuläre Funktionen prüft, auf eine mögliche Altersabhängigkeit hin untersucht werden.

## 1.3 Untersuchungsmethoden vestibulärer Funktionen

### 1.3.1 Orientierung im Raum

Das vestibuläre System liefert unter anderem einen Anteil an der bewussten Orientierung im Raum, der sich aber unter Alltagsbedingungen kaum bemerkbar macht. Erst bei starken Reizen wie z. B. Karussellfahrten , v. a. aber unter pathologischen Bedingungen, tritt dieser Anteil als Schwindel in Bewusstsein. Unter Schwindel wird allgemein jede mit Unlust verbundene Störung der räumlichen Orientierung verstanden. Unter diesem Beschwerdebild verbergen sich sehr unterschiedliche Schwindelformen mit unterschiedlichen Ätiologien. Eine für die Diagnosefindung wichtige Einteilung stammt von Frenzel. Danach kann man Schwindel in einen systematischen Schwindel, der alle mit Scheinbewegungen verbundenen Formen umfasst, und in einen unsystematischen Schwindel, der ohne Scheinbewegungen erlebt wird, aufteilen. Entscheidend ist, dass einem systematischen Schwindel im Allgemeinen eine vestibuläre Störung zugrunde liegt, dem unsystematischen eine außerhalb des vestibulären Systems. Wenn man zeitliche Kriterien noch hinzuzieht, kann man beim systematischen Schwindel sogar eine gute Zuordnung zu Krankheitsbildern erreichen.

Seit einiger Zeit werden auch quantitativ messbare Phänomene der Raumorientierung, deren vestibulärer Anteil bekannt ist, in der Diagnostik bei Schwindel-Patienten eingesetzt. Dazu zählt insbesondere die Bestimmung der visuellen subjektiven Vertikalen, an der der Utriculus einen wichtigen Anteil hat (Böhmer u. Mast, 1999). Für ein anderes Phänomen nämlich die Geradeausprojektion ist bekannt, dass das Vestibularsystem einen großen Anteil an der Bestimmung liefert. Durch vestibuläre Reizungen, aber auch bei Patienten mit definierten vestibulären Läsionen, treten systematische Abweichungen der Geradeausprojektion auf (Brandt u. Dieterich, 1994).

### 1.3.2 Okulomotorik

Die okulomotorischen Untersuchungen haben im Rahmen der vestibulären Diagnostik deswegen einen so hohen Stellenwert, weil die vom vestibulären System ausgelösten okulomotorischen Reaktionen reflektorisch ablaufen, also ohne willkürlichen Einflussnahme durch den Patienten. Zu den okulomotorischen Untersuchungen zählt einmal das Fahnden nach einem Spontan- oder Provokationsnystagmus, zählen zum anderen die experimentellen Prüfungen.

Zur Untersuchung der Okulomotorik benutzt man zur Aufhebung der visuellen Fixationssuppression entweder die Lupenbrille nach Frenzel oder als objektives Registrierverfahren die Videookulographie, in manchen Fällen auch noch die Elektronystagmographie.

Der Nachweis eines pathologischen Spontannystagmus ist das wichtigste Indiz für eine vestibuläre Störung, sei sie peripher oder zentral verursacht. Das Vorhandensein eines Spontannystagmus zeigt ein zentrales Ungleichgewicht des vestibulären Systems an, dabei kann die eigentliche Ursache entweder peripher in Höhe des Vestibularapparates liegen oder in den Zentren selbst. In jedem Fall handelt es sich um ein zentrales Ungleichgewicht. Aus der Richtung des Spontannystagmus, der immer nach seiner schnellen Richtung benannt wird, kann man allein noch nicht auf die Krankheit schließen, da ein Ausfallnystagmus z. B. zur gesunden Seite schlägt und ein Erholungsnystagmus zur erkrankten. Verschiedene Provokationsmaßnahmen wie Kopfschütteln, unspezifische Lagerungen oder Vibrationsreize sind geeignet, einen latenten Spontannystagmus sichtbar zu machen.

Unter dem Begriff experimentelle Vestibularisprüfungen werden alle die Prüfungen zusammengefasst, bei denen durch bestimmte vestibuläre Reize voraussagbare Reaktionen auftreten. Die für den HNO-Arzt wichtigste Untersuchung ist die thermische Reizung, denn sie ist bislang die einzige Methode, mit der seitengetreunt die Funktion des horizontalen Bogengangs bestimmt werden kann (Scherer u. Helling, 2001). Da es bei der rotatorischen Prüfung, also Drehen des Körpers um die

vertikale Kopfachse, zwangsläufig zur synchronen Reizung beider Vestibularapparate kommt, geben die Nystagmusreaktionen Auskunft darüber, wie die von den horizontalen Bogengängen kommende Information verarbeitet worden ist. Im Normalfall sind gleiche Reaktionen bei Rechts- wie bei Linksdrehung zu erwarten. Asymmetrische Reaktionen deuten auf ein zentrales Ungleichgewicht hin.

Durch das Anbieten sich langsam oder schnell bewegender Blickziele lassen sich Augenbewegungen auslösen, deren Leistung über die zentralen blickmotorischen Zentren Auskunft gibt. Mit der Pendelblickfolge wird das System der langsamen Folgebewegungen („smooth pursuit“) geprüft, durch Auslösung des optokinetischen Nystagmus das System der Sakkadenbewegungen.

### **1.3.3 Vestibulospinale Prüfungen**

Da bei älteren Menschen bekanntlich Stürze gehäuft auftreten, spielen bei der gründlichen Untersuchung des Gleichgewichtssystems die vestibulospinalen Prüfungen eine wichtige Rolle (Jenkins et al., 1989). Ähnlich wie für die Untersuchungsmethoden der Okulomotorik gibt es auch für die vestibulospinalen Prüfungen subjektive Methoden, aber auch objektive Aufzeichnungsverfahren.

#### **1.3.3.1 Subjektive Methoden**

Bei den subjektiven Methoden beurteilt der Untersucher bestimmte Äußerungen des vestibulospinalen Systems, hauptsächlich die beiden motorischen Grundfunktionen des Menschen das Stehen und das Gehen. Das statische Gleichgewicht wird standardisiert mit dem Romberg-Stehversuch geprüft. Dabei soll der Patient mit aneinander gestellten Füßen und mit horizontal erhobenen Armen möglichst ruhig stehen. Bei dieser Untersuchung kann verglichen werden, wie der Stand mit offenen und geschlossenen Augen durchgeführt wird.

Das dynamische Gleichgewicht wird am besten mit dem Tretversuch nach Unterberger geprüft. Der Patient erhält die Instruktion, aus der Romberg-Grundstellung heraus forciert zu treten. Auch dieser Test kann im Vergleich mit offenen und geschlossenen Augen durchgeführt werden.

Bei beiden Tests wird zunächst beurteilt, ob auffällige Schwankungen oder Richtungsabweichungen auftreten. Dabei gilt als Regel, dass Richtungsabweichungen zur Seite der vestibulären Unterfunktion auftreten. Im allgemeinen sind Körperschwankungen mit geöffneten Augen geringer. Sind die Körperschwankungen mit geöffneten Augen und mit geschlossenen Augen gleich groß, deutet dies auf eine Beeinträchtigung der zentralen Regulationsvorgänge hin. Zu bedenken ist bei der Bewertung des vestibulospinalen Systems, dass neben dem vestibulospinalen System an der Regulation von Körperhaltung und Gehen noch andere Systeme (Muskeln, Rückenmarksreflexe etc.) beteiligt sind.

### **1.3.3.2 Objektive Aufzeichnungsmethoden**

Auch für die vestibulospinalen Reaktionen besteht die Notwendigkeit, diese objektiv aufzuzeichnen, sie damit zu dokumentieren und quantitativ auszuwerten.

#### **1.3.3.2.1 Posturographie**

Eine weit verbreitete Methode ist die Posturographie. Das Prinzip beruht auf dem einer Körperwaage: Zwei Platten sind über Federn und einen Messfühler miteinander beweglich verbunden. Körperschwankungen übertragen sich auf die obere, werden von den Messfühlern registriert und können in einem X-Y-Diagramm aufgezeichnet oder für jede Schwankrichtung fortlaufend erfasst werden. Andere Methoden wie Messung des EMG an verschiedenen Muskeln oder Aufzeichnungen von Leuchtdioden, die an verschiedenen Körperteilen befestigt sind, werden nur für wissenschaftliche Zwecke gebraucht. Die objektive Registrierung von

vestibulospinalen Reaktionen hat sich im klinischen Alltag aus Kostengründen nicht bewährt.

#### **1.3.3.2.2 Vestibulär evozierte myogene Potentiale**

Auch die Ableitung der VEMP gehört zu den vestibulospinalen Reaktionen, da ein Reflex ausgelöst wird, der vom Vestibularapparat ausgeht und zu einer Reaktion der Halsmuskulatur führt. Der Test wird benutzt, um spezifische Information über die Sacculusfunktion zu bekommen. Erstmals wurde 1992 von Colebatch und Halmagyi die Methode der VEMP beschrieben.

Akustische Reize hoher Intensität führen zu einer reflektorischen Antwort in der Halsmuskulatur, die am besten elektromyographisch am M. sternocleidomastoideus gemessen werden konnte. Der dabei auftretende Wellenkomplex lässt sich in zwei Komponenten zerlegen, eine frühe und eine späte. Bei Ableitungen an Patienten, deren Vestibularnerv durchtrennt war, fiel auf, dass die erste Komponente fehlte (Colebatch et al., 1994). Dagegen war sie nachweisbar bei Ertaubten. Hier fehlte die zweite Komponente. Daraus ließ sich schließen, dass der erste Wellenkomplex (P13,N23) dem vestibulären und der zweite Wellenkomplex (N34,P44) dem cochleären System zuzuordnen sind. Weitere Untersuchungen mit Tracersubstanzen zeigten schließlich, dass der Sacculus für den ersten Wellenkomplex verantwortlich ist (Murofushi u. Curthoys, 1997). Damit ist die Methode zur selektiven und seitengetrenten Bestimmung der Sacculusfunktion geeignet (Ferber-Viart et al., 1999).

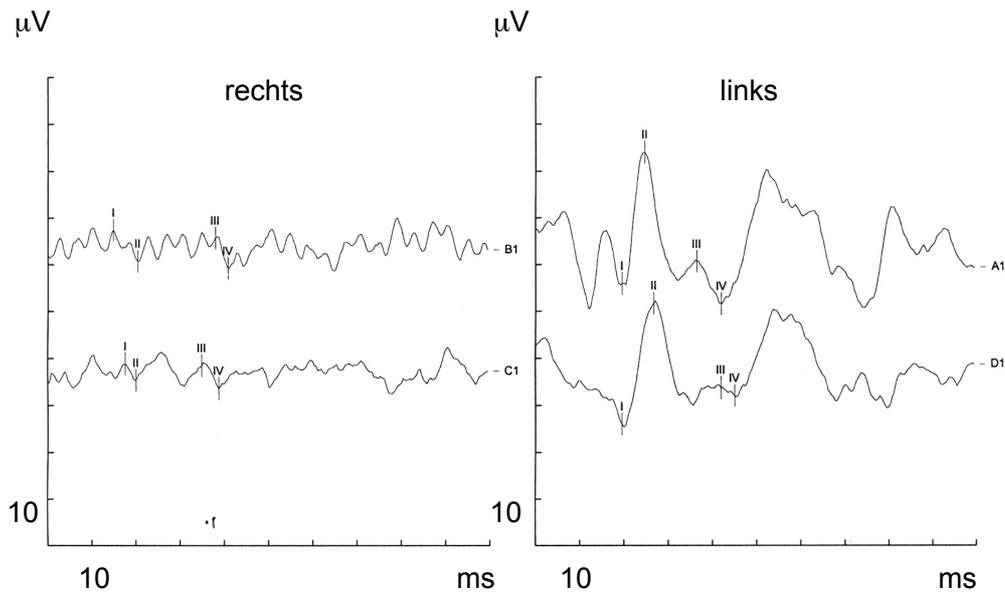


Abb. 1 Originalregistrierung der VEMP bei einer Patientin mit Neuritis vestibularis rechts mit Befall des inferioren Anteil des N. vestibularis; rechts keine Sacculuspotentiale ableitbar, links normale Potentiale ableitbar

Die Potentiale I und II repräsentieren den vom Sacculus evozierten Anteil, die Potentiale III und IV den kochleär ausgelösten Anteil.

µV: Mikrovolt, ms: Millisekunde

## 1.4 Ausgewählte Krankheitsbilder

Im Folgenden werden die Hauptkrankheitsbilder, die sich in unserem unten berücksichtigten Krankengut fanden, charakterisiert und definiert.

### 1.4.1 Menièresche Krankheit

Die Menièresche Krankheit ist definiert durch das Auftreten von Schwindelanfällen mit einer Dauer von Minuten bis Stunden, wiederholtem Hörverlust, von wiederholten sich

aber erholendem Tinnitus oder Ohrdruck. Auch wenn die Ätiologie und Pathophysiologie nicht endgültig geklärt ist, so gilt der endolymphatische Hydrops als das anatomisch pathologische Substrat dieser Erkrankung. Mangels besserer Alternativen hat sich für die Sicherung der Diagnose der Menièreschen Krankheit eine von der amerikanischen HNO-Ärzte-Gesellschaft vorgeschlagene Klassifikation bewährt. Diese Nomenklatur (s. Tabelle 1) ist nach Wahrscheinlichkeitsgraden der Diagnosesicherung gestaffelt. Sie basiert hauptsächlich auf anamnestischen Kriterien, einzig objektives Kriterium ist das Tonschwellenaudiogramm.

<p><b>Bewiesener Morbus Menière</b></p> <p>Sichere Menièresche Krankheit mit histopathologischer Bestätigung</p>
<p><b>Sicherer Morbus Menière (Trias)</b></p> <p>Zwei oder mehr Schwindelanfälle von wenigstens 20 Minuten Dauer</p> <p>Wenigstens einmal audiometrisch dokumentierter Hörverlust</p> <p>Tinnitus oder Druckgefühl</p>
<p><b>Wahrscheinlicher Morbus Menière</b></p> <p>Einmaliger Schwindelanfall</p> <p>Wenigstens einmal audiometrisch dokumentierter Hörverlust</p> <p>Tinnitus oder Druckgefühl</p>
<p><b>Möglicher Morbus Menière</b></p> <p>Schwindepisode ohne Hörverlust</p> <p>Bleibende Innenohrschwerhörigkeit oder fluktuierendes Gehör mit Gleichgewichtsstörungen, aber ohne definierte Anfälle</p>

Tab. 1 Einteilung der Menièreschen Krankheit nach Wahrscheinlichkeitskriterien zur Diagnosesicherung (nach AAO-HNS, 1995)

### **1.4.2 Neuritis vestibularis**

Die Neuritis vestibularis macht sich klinisch bemerkbar durch das plötzliche Einsetzen eines sehr heftigen Drehschwindels, der über Tage anhält und dann langsam nachlässt. Andere Symptome des Innenohrs bestehen nicht. Es handelt sich also um ein monosymptomatisches Krankheitsbild. Aufgrund virologischer Untersuchungen (Arbusow et al., 1999) nimmt man heute an, dass es bei der Neuritis vestibularis ähnlich wie bei der Fazialisparese zu einer Reaktivierung von Herpesviren am Nerven kommt. Diese Hypothese wird gestützt durch Darstellung des Vestibularisnerven mit modernen bildgebenden Verfahren, durch die in vielen Fällen ein perineurales Ödem nachzuweisen ist.

Interessant ist die Beobachtung, dass manche Patienten nach einer Neuritis vestibularis an einer Canalolithiasis des hinteren vertikalen Bogengangs erkranken. Da die Erregungen dieses Bogengangs über den inferioren Nervus vestibularis laufen, wird offensichtlich dieser Ast nicht selten bei der Neuritis vestibularis ausgespart (Fetter u. Dichgans, 1996). Da mit den vestibulär evozierten myogenen Potentialen ebenfalls eine Nervenbahn geprüft wird, die den inferioren Ast des N. vestibularis benutzt, ergibt sich damit eine die Möglichkeit festzustellen, inwieweit der untere Vestibularnerv in das Krankheitsbild miteinbezogen ist oder nicht. Dank dieser elektrophysiologischen Messmethode ist es auch gelungen, Fälle einer isolierten Neuritis vestibularis des Nervus vestibularis inferior zu identifizieren.

### **1.4.3 Kleinhirnbrückenwinkeltumor**

Das Vestibularisschwannom, auch Akustikusneurinom genannt, ist ein gutartiger Tumor vom Vestibularnerven ausgehend (Magnan, 2001), der im Bereich des Ganglion entsteht und sich zum Kleinhirnbrückenwinkel ausdehnen kann. Obwohl es sich um einen Tumor des Vestibularnerven handelt, wird diese Erkrankung selten durch Schwindel auffällig (Plester, 1978), da der Funktionsverlust des Vestibularnerven sich nur langsam progredient entwickelt und zentral kompensiert

wird. Im Allgemeinen macht sich der Tumor durch eine einseitige Schallempfindungsschwerhörigkeit bemerkbar, wenn der Tumor durch Druck zu Funktionseinschränkungen am cochleären Teil des achten Hirnnerven führt.

Interessant ist, dass Vestibularisschwannome ihren Ausgangspunkt sowohl vom oberen als auch vom unteren Nervenast nehmen können. Mit Hilfe der VEMP-Ableitungen ist es möglich, schon kleine Tumoren des Nervus vestibularis inferior aufzuspüren, selbst wenn die thermische Prüfung noch keine Seitendifferenz zeigt (Hunold, 2005).

## 1.5 Fragestellung

Die Arbeit will auf folgende Fragen Antwort geben:

1. Gibt es altersphysiologische Veränderungen der vestibulär evozierten myogenen Potentiale?
2. Gibt es, bezogen auf unterschiedliche Krankheitsbilder, Unterschiede der vestibulär evozierten myogenen Potentiale bei Patienten unter 60 Jahren und einer Patientengruppe mit einem Alter von über 60 Jahren?
3. Wie ist die Aussagekraft der Ableitungen der vestibulär evozierten myogenen Potentiale bei Patienten in höherem Alter einzuschätzen?

## 2 Methodik

### 2.1 Ableitung der Vestibulär evozierten myogenen Potentiale

#### 2.1.1 Apparative Voraussetzungen

Zur Durchführung der Messungen wurden auf der Reizseite ein Clickgenerator und ein Kopfhörer benötigt. Die Reizgebung (256 Reize, Click 0,1 ms, 120 dB SPL) erfolgte über den Kopfhörer, während die Ableitung der vestibulär ausgelösten Muskelpotentiale vom jeweiligen Musculus sternocleidomastoideus über EMG-Elektroden (Ag/AgCl), wie sie ebenfalls bei der BERA gebräuchlich sind, erfolgte (siehe Abb. 2). Für die Integration und graphische Darstellung der abgeleiteten Muskelpotentiale wurde eine für neurophysiologische Messungen vorgesehene Software Neuroscreen der Firma Tennis & Jäger benutzt. Nach der Messung der evozierten Potentiale wurde aus Kontrollgründen bei den Patienten auch das Spontan-EMG des Musculus sternocleidomastoideus registriert (siehe Abb. 3). Die weitere Dokumentation erfolgte durch einen Ausdruck.

#### 2.1.2 Durchführung

Die Elektroden wurden, nachdem die Hautstellen entfettet und mit einem abrasiven Hautgel konditioniert waren, um den Hautwiderstand zu verringern, aufgeklebt. Eine wurde auf der Stirnmitte (als Erde) und auf jeder Seite zwei über dem Musculus sternocleidomastoideus einmal über dem kranialen Anteil unter dem Mastoid und eine im kaudalen Muskelabschnitt angebracht (siehe Abb. 2). Vor der eigentlichen Potentialmessung erfolgte eine Impedanzmessung der Elektroden, um zu überprüfen, ob die Hautwiderstände an den Elektroden identisch und möglichst gering waren.

Während der Untersuchung hatte der Patient Kopfhörer auf und hielt den Kopf um 90° zur nicht gereizten Seite gedreht. Wichtig war, dass der Patient mit gleichbleibendem Druck gegen die Hand des Untersuchers drückte, um einen konstant erhöhten Muskeltonus im ipsilateralen Ableitmuskel zu erreichen.



Abb. 2 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 Clickreize von 0,1 ms Dauer mit einer Intensität von 120 dB (SPL) mit einer Reizfolgefrequenz von 3 Hz angeboten. Um die Reproduzierbarkeit der Potentiale zu überprüfen, wurde auf jeder Seite doppelt gemessen. Anschließend wurde noch ein Spontan-EMG zur Dokumentation des Muskeltonus registriert (siehe Abb.3). Damit wurde sichergestellt, dass gleiche Ausgangsbedingungen herrschten.

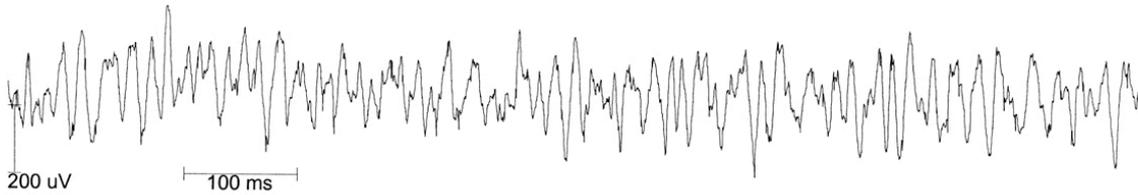


Abb. 3 Spontan-EMG des M. sternocleidomastoideus rechts (Originalregistrierung)

### 2.1.3 Auswertung

Zur Auswertung wurden die jeweils 256 Einzelsignale automatisch gemittelt. Die wesentlichen Kriterien bei der Auswertung der VEMP waren der Nachweis eines typischen reproduzierbaren Potentialkomplexes und der Amplitudenvergleich mit der Gegenseite. Der typische Potentialkomplex beim Gesunden besteht aus zwei Wellenkomplexen aus insgesamt vier Einzelwellen. Die beiden Extrema des ersten, vestibulär ausgelösten Wellenkomplexes liegen bei 13 ms und 23 ms ( p13, n23 ), und die des cochleär ausgelösten zweiten Komplexes bei 34 ms und 44 ms ( n34, p44 ).

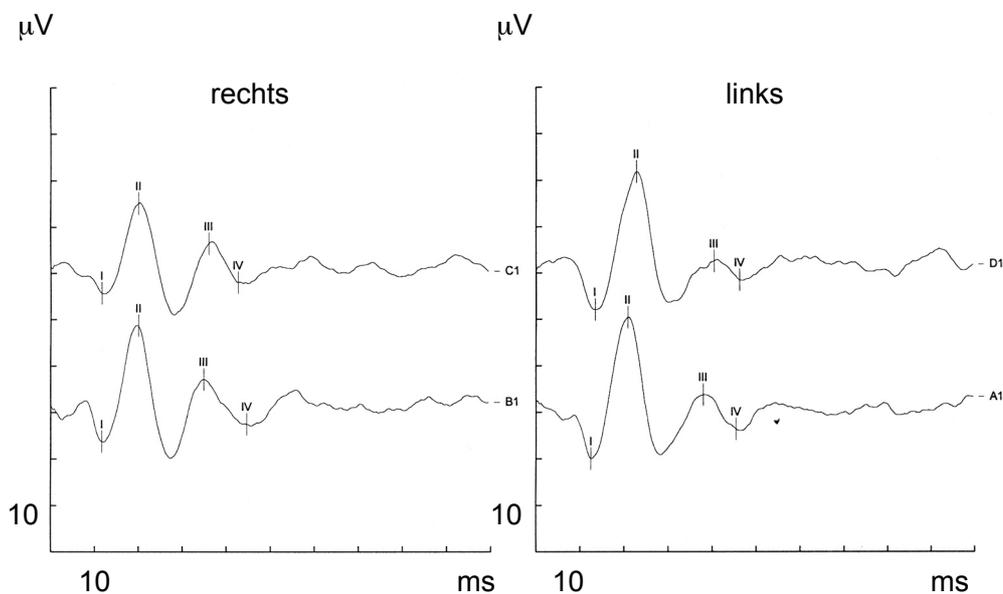
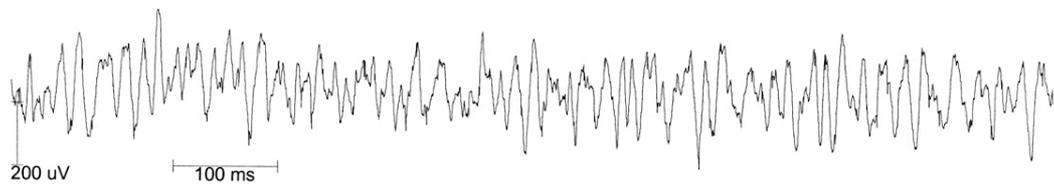


Abb. 4 Originalregistrierung der VEMP; bds. normalen Potentiale ableitbar

Die Potenziale I (p13) und II (n23) repräsentieren den vom Sacculus evozierten Anteil, die Potentiale III (n34) und IV (p44) den cochleär ausgelösten Anteil.

µV: Mikrovolt, ms: Millisekunde

Beurteilt wurde in dieser Arbeit ausschließlich die Amplitude und Reproduzierbarkeit des Sacculuspotentials p13 und n23. Ein quantitativer Seitenvergleich ist nur erlaubt, wenn der Muskeltonus des Ableitmuskels bei der Messung annähernd seitengleich war. Patienten deren Muskeltonus deutlich unterschiedlich war, wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt (siehe Abb. 5). Das Fehlen oder die verminderte Amplitude des Antwortpotentials wird als Ausfall oder eingeschränkte Funktion des Sacculus gewertet. Wegen natürlicher Muskeltonusschwankungen wird ein pathologischer Seitenunterschied erst ab Amplitudendifferenzen von mehr als 50% angenommen. Die Latenzzeiten wurden für die Auswertung wegen zu großer Varianzen nicht berücksichtigt.



Kopf zur Seite gedreht gegen Widerstand,  
hoher Muskeltonus



Kopf zur Seite gedreht gegen Widerstand,  
mittlerer Muskeltonus

Abb. 5 Spontanelektromyogramme bei verschieden ausgeprägtem Muskeltonus

$\mu\text{V}$ : Mikrovolt, ms: Millisekunde

## 2.2 Untersuchungskollektiv.

### 2.2.1 Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe bestand aus 48 gesunden Probanden, 21 Frauen und 27 Männer. Diese wurde in zwei Gruppen eingeteilt. 25 Probanden waren jünger als 60 Jahre, 23 von ihnen 60 Jahre und älter. Sie hatten bis zum Zeitpunkt der Untersuchung keinerlei Schwindelbeschwerden als Ausdruck einer gestörten Funktion des Vestibularapparates.

### 2.2.2 Patienten

Das Patientengut umfasste 119 Patienten, 66 weibliche und 53 männliche, mit vestibulären Störungen. Davon waren 46 zum Zeitpunkt der Messung älter als 60 Jahre, 73 jünger. Diese beiden Gruppen lassen sich je nach Diagnose in jeweils drei Gruppen aufteilen. Bei 42 Patienten lag ein Morbus Menière vor, bei 56 eine Neuritis vestibularis und bei 21 ein Kleinhirnbrückenwinkeltumor (siehe Tabelle 2).

	Patienten mit M.Menièrè	Patienten mit Neuritis vestibularis	Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumoren
< 60 Jahre	27	31	15
> 60 Jahre	15	25	6

Tab. 2 Aufteilung des Patientenkollektivs auf die verschiedenen Krankheitsbilder

### **2.3 Klinische Untersuchungen zur Diagnosestellung**

Die Diagnosestellung erfolgte bei den Patienten mit Morbus Menière nach Anamnese und einer Hörprüfung. Sie folgte den Kriterien, die von der AAO-HNS (American Academy of Otolaryngology, Head and Neck Surgery, 1995) vorgegeben wurden. Bei den 42 hier berücksichtigten Patienten litten 32 an einem sicheren M. Menière. Bis auf 2 Fälle handelte es sich um einen einseitigen M. Menière. Bei 2 Personen handelte es sich um einen wahrscheinlichen M. Menière. 8 Patienten hatten einen möglichen M. Menière, wovon bei einem Fall dieser Verdacht beidseitig bestand.

Die Diagnose der Diagnose Neuritis vestibularis stützte sich auf die Vestibularisprüfung, in der vor allem eine einseitige Unter- oder Unerregbarkeit nachgewiesen sein musste, die klinisch von einer über Tage anhaltenden Schwindelsymptomatik ohne cochleäre Symptome begleitet war.

Die Diagnose eines Kleinhirnbrückenwinkeltumors stützte sich auf den magnetresonanztomographischen Befund.

### **2.4 Statistische Methoden**

Die erhobenen Daten wurden mit Methoden der deskriptiven Statistik ausgewertet. Dabei wurde das Programm SPSS, Version 15.0. verwendet. Die graphische Darstellung erfolgte mithilfe von Säulendiagrammen. Die Berechnung der statistischen Signifikanz erfolgte anhand des Chi-Quadrat-Tests.

Die Erstellung der Statistik erfolgte unter Beratung von Frau Kriener vom Institut für medizinische Epidemiologie und Statistik (Direktor: Prof. Dr. K. A. Kuhn) der Technischen Universität München.

Legende für die Tabellen 3 bis 10 sowie Abbildungen 6 bis 9

Nr.	Patientennummer
VEMP	Vestibulär evozierte myogene Potentiale
path.	pathologisch
+	Sacculuspotential ableitbar
-	Sacculuspotential nicht ableitbar
< / >	Seitendifferenz der Potentialamplituden mehr als 50 %
=	Seitendifferenz der Potentialamplituden kleiner 50 %
V. a.	Verdacht auf
M. Menière	Morbus Menière
li	links
re	rechts
bds.	beidseits
Z. n.	Zustand nach
NV	Neuritis vestibularis
inf. Ast	inferiorer Ast des Vestibularnerv
UF	Unterfunktion
posttraumat.	posttraumatisch
OP	Operation

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Normalpersonen

#### 3.1.1 Normalpersonen unter 60 Jahre

Die Gruppe der unter 60 Jährigen Normalpersonen umfasste ein Kollektiv von 25 Personen mit einem Durchschnittsalter von 34,74 Jahren (21 bis 58 Jahre). Bis auf 2 Probanden waren bei allen sowohl rechts als auch links Potentiale ableitbar. Bei 21 dieser Probanden waren die Potentialamplituden seitengleich, nur bei 4 bestand ein pathologischer Seitenunterschied von mehr als 50%. (siehe Tabelle 3, Abb. 6)

Nr.	Name	Alter	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
1	L.S.	15	+	+	re = li
2	I.P.	20	+	+	re = li
3	E.V.	21	+	+	re = li
4	D.A.	22	+	+	re = li
5	L.P.	23	+	+	re < li
6	K.P.	23	+	+	re = li
7	S.S.	24	+	+	re = li
8	S.R.	24	+	+	re = li
9	B.R.	25	+	+	re = li
10	M.S.	25	+	+	re = li
11	F.G.	25	-	+	li
12	R.K.	35	+	+	re = li
13	B.H.	36	+	+	re = li
14	A.H.	37	+	+	re = li
15	K.M.	38	+	+	re = li
16	M.K.	46	+	+	re < li
17	K.S.	46	+	+	re = li
18	F.B.	49	+	+	re = li
19	K.F.	52	+	+	re = li
20	U.H.	52	+	+	re = li
21	H.N.	53	+	+	re < li
22	F.P.	53	+	+	re = li
23	E.B.	55	+	+	re < li
24	N.J.	56	+	+	re = li
25	S.E.	58	-	+	li

Mittelwert: 34,739

Median: 35

Tab. 3 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Kontrollgruppe der unter 60jährigen unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)

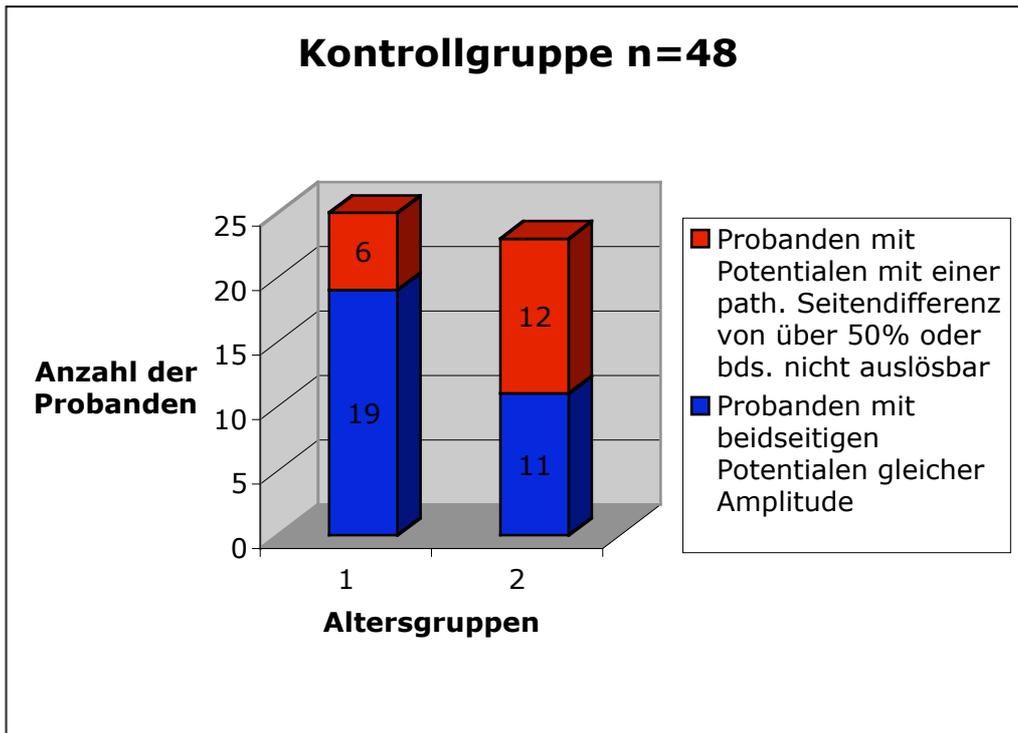
### 3.1.2 Normalpersonen über 60 Jahre

Das Kollektiv der gesunden Probanden, die älter als 60 Jahre alt waren, umfasste 23 Personen mit einem Durchschnittsalter von 69,09 Jahren (60 bis 78 Jahre). Bei 4 dieser Probanden waren einseitig in 5 Fällen sogar beidseitig keine typischen Sacculuspotentiale ableitbar. Bei nur 11 Personen, also knapp der Hälfte bestand keine pathologische Seitendifferenz. (siehe Tabelle 4, Abb. 6)

Nr.	Name	Alter	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
26	T.L.	60	+	+	re = li
27	T.H.	61	+	+	re < li
28	M.F.	62	-	-	-
29	R.K.	63	-	-	-
30	E.H.	63	+	+	re < li
31	K.H.	64	+	+	re = li
32	F.L.	65	+	+	re = li
33	K.B.	67	+	+	re < li
34	M.F.	67	+	+	re = li
35	F.F.	68	+	+	re = li
36	H.K.	70	-	+	li
37	A.H.	71	+	-	re
38	W.B.	71	-	-	-
39	J.H.	71	+	+	re = li
40	M.B.	72	-	+	li
41	R.K.	72	+	+	re = li
42	A.S.	73	+	+	re = li
43	R.E.	73	+	+	re = li
44	J.K.	73	+	+	re = li
45	H.P.	74	+	+	re = li
46	R.S.	75	-	-	-
47	M.L.	76	-	-	-
48	M.L.	78	-	+	li

Mittelwert: 69,087  
Median: 71

Tab. 4 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Kontrollgruppe der über 60jährigen unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)



	Gruppe 1: Patienten < 60 Jahre	Gruppe 2: Patienten > 60 Jahre
Probanden mit beidseitigen Potentialen gleicher Amplitude	19	11
Probanden mit Potentialen mit einer pathologischen Seitendifferenz von über 50% oder beidseits nicht auslösbare Potentiale	6	12

Abb. 6 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Kontrollgruppe (Legende siehe S. 25)

## **3.2 Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Menière-Patienten**

### **3.2.1 Menière-Patienten unter 60 Jahren**

Die Gruppe der Menière-Patienten unter 60 Jahren umfasste 27 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 44,44 Jahren (26 bis 59 Jahre). Nur bei 2 Patienten ließen sich einseitig, in 2 Fällen beidseitig keine Potentiale auslösen. Bei 20 dagegen waren seitengleiche Potentiale ableitbar. (siehe Tabelle 5, Abb. 7)

Nr.	Name	Alter	Diagnose	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
49	A.T.	26	V.a. M. Menière li, V.a. Z.n. Lagerungsschwindel	+	+	re = li
50	J.E.	30	sicherer M. Menière re	+	+	li > re
51	R.R.	32	sicherer M. Menière re	+	+	re = li
52	S.G.	35	sicherer M. Menière re	+	+	re = li
53	S.K.	36	V.a. M. Menière li	+	+	re = li
54	B.K.	38	sicherer M. Menière re	+	+	re < li
55	A.H.	38	sicherer M. Menière li, Lymphadenitis colli re	+	+	re = li
56	V.S.	39	sicherer M. Menière li	+	+	re = li
57	B.O.	40	sicherer M. Menière li	+	+	re = li
58	M.S.	42	sicherer M. Menière li	-	+	li
59	C.M.	43	beginnender M. Menière li	+	+	re = li
60	S.D.	43	sicherer M. Menière li	+	+	re = li
61	R.W.	43	sicherer M. Menière bds	+	+	re = li
62	J.G.	44	wahrscheinlicher M. Menière li	+	-	re
63	M.S.	45	sicherer M. Menière li, zusätzlich zentralvest. Störung	+	+	re = li
64	H.S.	46	sicherer M. Menière li	+	+	re = li
65	B.B.	48	sicherer M. Menière li	+	+	re > li
66	B.S.	48	sicherer M. Menière re	+	+	re = li
67	E.L.	50	sicherer M. Menière li	+	+	re = li
68	H.L.	52	sicherer M. Menière re, Sacculus betroffen	+	+	re = li
69	R.F.	52	sicherer M. Menière re	-	-	-
70	M.D.	52	V.a. M. Menière re	-	-	-
71	A.P.	53	sicherer M. Menière li	+	+	re = li
72	P.G.	54	sicherer M. Menière li	+	+	re = li
73	E.P.	55	sicherer M. Menière re	+	+	re = li
74	D.B.	57	V.a. M. Menière bds	+	+	re = li
75	E.S.	59	sicherer M. Menière li	+	+	re = li

Mittelwert: 44,444

Median: 44

Tab. 5 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Menière-Patienten unter 60 Jahre unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)

### 3.2.2 Menière-Patienten über 60 Jahren

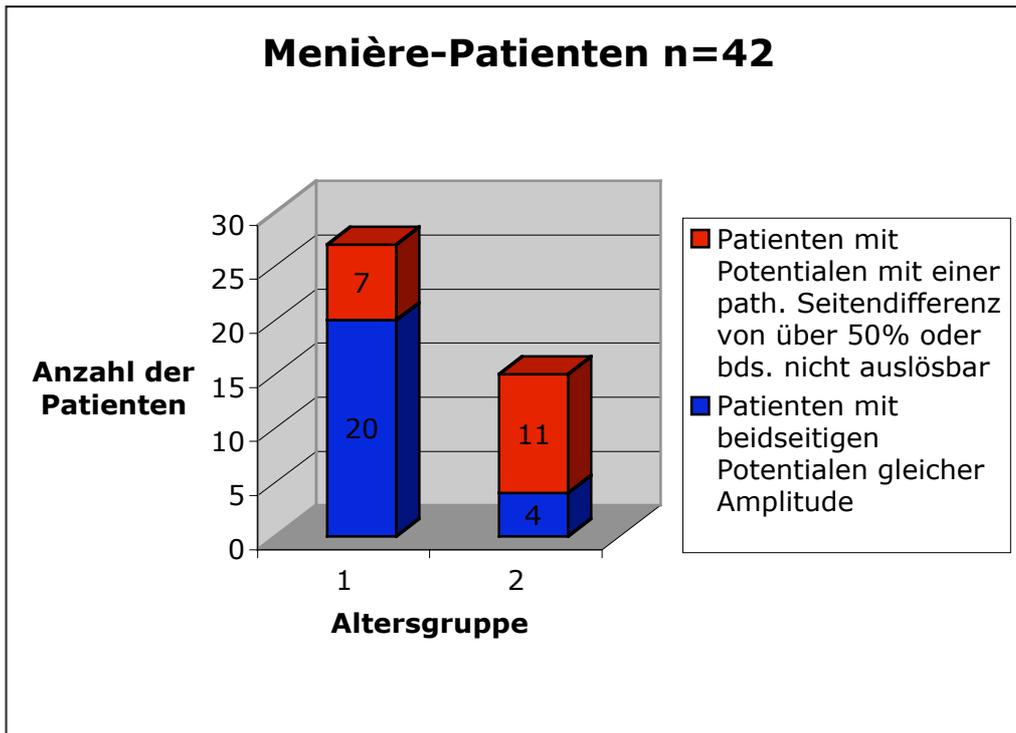
Bei 15 Menière-Patienten, die älter als 60 waren mit einem Durchschnittsalter von 67,33 Jahren (60 bis 82 Jahre), war bei 7, also knapp der Hälfte das Sacculuspotential nur einseitig ableitbar. Bei 2 Patienten waren beidseits keine Potentiale ableitbar. Seitengleiche Potentialamplituden fanden sich nur in 4 Fällen. In allen anderen bestand eine pathologische Seitendifferenz. (siehe Tabelle 6, Abb. 7)

Nr.	Name	Alter	Diagnose	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
76	L.P.	60	sicherer M.Menièrè re	+	+	re = li
77	H.S.	60	sicherer M.Menièrè li	-	-	-
78	A.R.	61	sicherer M.Menièrè re, Paukenröhrchen re	-	+	li
79	W.K.	62	V.a. M.Menièrè li	-	+	li
80	W.H.	64	sicherer M.Menièrè re	+	+	re > li
81	I.O.	65	sicherer M.Menièrè re	+	+	re = li
82	H.W.	65	V.a. M.Menièrè re	-	+	li
83	R.P.	66	sicherer M.Menièrè re	-	+	li
84	L.H.	67	sicherer M.Menièrè re	-	+	li
85	B.C.	69	V.a. M.Menièrè li	+	+	re = li
86	E.G.	70	V.a. M.Menièrè re	+	-	re
87	K.M.	71	wahrscheinlicher M. Menièrè re	+	+	re < li
88	A.Z.	73	sicherer M.Menièrè li	+	-	re
89	R.S.	75	sicherer M.Menièrè re	+	+	re = li
90	M.M.	82	sicherer M.Menièrè bds, Schwankschwindel	-	-	-

Mittelwert: 67,33

Median: 66

Tab. 6 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Menière-Patienten über 60 Jahre unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)



	Gruppe 1: Patienten < 60 Jahre	Gruppe 2: Patienten > 60 Jahre
Probanden mit beidseitigen Potentialen gleicher Amplitude	20	4
Probanden mit Potentialen mit einer pathologischen Seitendifferenz von über 50% oder beidseits nicht auslösbare Potentiale	7	11

Abb. 7 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Menière-Patienten (Legende siehe S. 25)

### **3.3 Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Neuritis vestibularis-Patienten**

#### **3.3.1 Neuritis vestibularis-Patienten unter 60 Jahre**

Die 31 jüngeren Neuritis vestibularis Patienten wiesen ein mittleres Lebensalter von 42,29 Jahren (19 bis 58 Jahre) auf. Nur bei einem Patienten war einseitig kein Potential ableitbar. Bei einem Drittel bestand eine pathologische Seitendifferenz. (siehe Tabelle 7, Abb. 8)

Nr.	Name	Alter	Diagnose	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
91	A.G.	19	NV re	+	+	re = li
92	T.O.	24	NV li	+	+	re > li
93	N.M.	25	NV re mit Sacculusdefizit re	+	+	re < li
94	I.W.	29	NV li	+	+	re < li
95	N.N.	29	NV re	+	+	re = li
96	N.S.	30	NV li	+	+	re < li
97	L.N.	31	NV re	+	+	re = li
98	M.S.	31	NV re	+	+	re = li
99	M.S.	36	NV re	+	+	re = li
100	S.K.	37	NV re	+	+	re = li
101	D.W.	38	V.a. NV li	+	+	re = li
102	G.R.	40	NV re (inf. Ast), phobischer Schwindel	+	+	re < li
103	R.B.	40	NV re, phobischer Schwindel	+	+	re = li
104	A.F.	41	NV li	+	+	re = li
105	E.W.	42	NV li	+	+	re < li
106	H.E.	42	NV re	+	+	re = li
107	H.T.	44	NV li	+	+	re = li
108	H.P.	45	NV re	+	+	re = li
109	F.T.	45	NV re	+	+	li > re
110	K.F.	49	NV re	-	+	li
111	F.U.	51	NV li	+	-	re
112	G.L.	52	NV re	+	+	re = li
113	A.H.	52	NV li	+	+	re = li
114	A.C.	52	NV re	+	+	re = li
115	S.H.	53	NV li	+	+	re = li
116	E.W.	53	NV re	+	+	re < li
117	M.L.	53	NV re	+	+	re = li
118	E.P.	55	NV li	-	-	-
119	G.S.	57	posttraumat. NV re	+	+	re = li
120	D.E.	58	NV li	+	+	re = li
121	E.M.	58	NV li	+	+	re = li

Mittelwert: 42,29

Median: 42,00

Tab. 7 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit Neuritis vestibularis unter 60 Jahre unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)

### 3.3.2 Neuritis vestibularis-Patienten über 60 Jahre

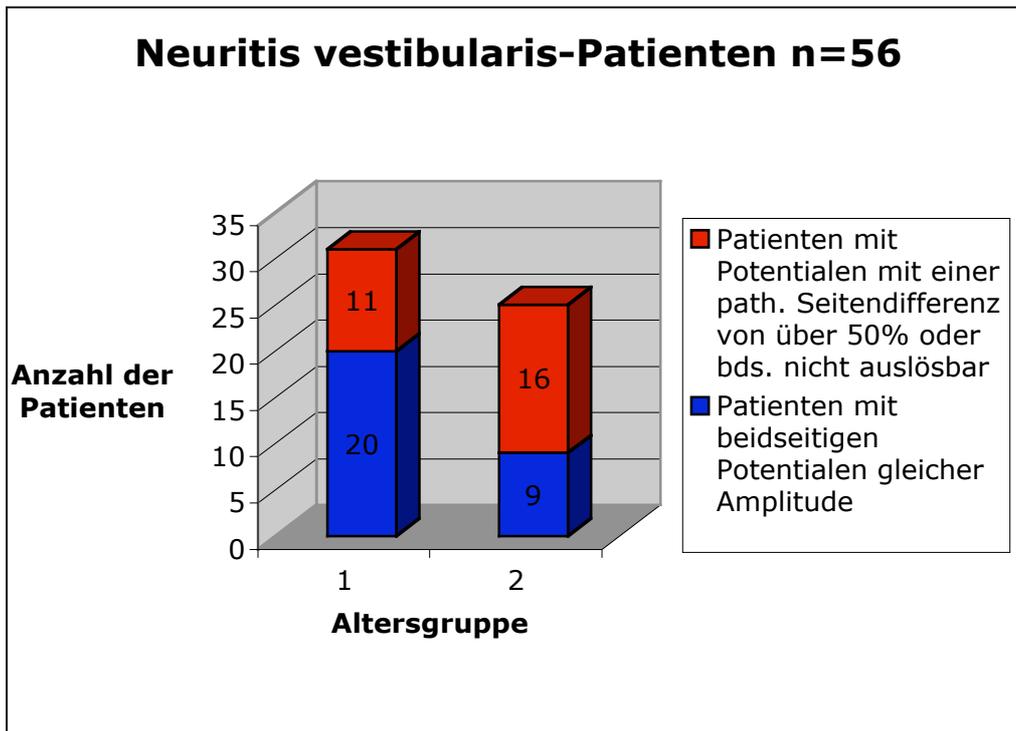
25 Patienten mit einer Neuritis vestibularis waren älter als 60 Jahre mit einem Durchschnittsalter von 74,08 Jahren (61 bis 92 Jahre). Bei 4 Patienten waren ein- und bei 5 beidseitig keine Sacculuspotentiale ableitbar. Immerhin wiesen 9 der Patienten Potentiale ohne pathologische Seitendifferenz auf. (siehe Tabelle 8, Abb. 8)

Nr.	Name	Alter	Diagnose	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
122	C.M.	61	NV re	+	+	re = li
123	G.B.	62	V.a. NV li	+	+	re < li
124	E.B.	62	NV li	+	+	re = li
125	N.B.	64	NV li	+	+	re > li
126	M.E.	65	UF Sacculus re, NV re	-	+	li
127	M.E.	67	NV re + phobischer Schwindel	+	+	re = li
128	R.O.	67	NV li	+	+	re = li
129	U.S.	71	NV re	-	-	-
130	M.R.	71	NV li	+	+	re = li
131	A.H.	72	NV re	-	-	-
132	E.B.	72	NV li	-	+	li
133	H.J.	75	NV li, Sacculusdefizit re, V.a. Parkinson	+	+	re < li
134	B.M.	75	NV re	+	+	re < li
135	C.T.	75	NV re	-	-	-
136	F.H.	76	NV li	+	+	re > li
137	N.K.	77	NV li	+	+	re < li
138	I.P.	78	NV li	+	+	re = li
139	W.P.	79	NV li	+	+	re = li
140	J.S.	79	NV re	-	+	li
141	R.K.	79	NV li + bds. Sacculus-einschränkung	+	+	re = li
142	R.K.	80	NV li	-	-	-
143	H.M.	81	NV re	+	+	re=li
144	J.O.	84	NV li	+	+	re < li
145	N.K.	88	NV li + Sacculusausfall li	+	-	re
146	W.R.	92	NV re	-	-	-

Mittelwert: 74,08

Median: 75

Tab. 8 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit Neuritis vestibularis über 60 Jahre unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)



	Gruppe 1: Patienten < 60 Jahre	Gruppe 2: Patienten > 60 Jahre
Probanden mit beidseitigen Potentialen gleicher Amplitude	20	9
Probanden mit Potentialen mit einer pathologischen Seitendifferenz von über 50% oder beidseits nicht auslösbare Potentiale	11	16

Abb. 8 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Patienten mit Neuritis vestibularis (Legende siehe S. 25)

### **3.4 Vestibulär evozierte myogene Potentiale bei Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor**

#### **3.4.1 Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor unter 60 Jahren**

In dem hier vorgestellten Kollektiv der unter 60jährigen fanden sich 15 mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor mit einem Durchschnittsalter von 48,66 Jahren (29 bis 59 Jahre). Bei 4 dieser Patienten war keine pathologische Seitendifferenz erkennbar. Bei den übrigen 11 fehlte das Sacculuspotential oder war deutlich verringert gegenüber der Gegenseite. (siehe Tabelle 9, Abb. 9)

Nr.	Name	Alter	Diagnose	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
147	M.S.	29	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re	-	+	li
148	S.M.	35	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li, nicht bestrahlt	+	+	re = li
149	O.B.	41	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li, 3 Wo bestrahlt	+	+	re = li
150	A.G.	43	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li	+	-	re
151	G.P.	44	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li, nach Bestrahlung	+	+	re = li
152	H.M.	50	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li	+	+	re = li
153	M.R.	52	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re, nach Bestrahlung	-	-	-
154	H.E.	52	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re, nach Bestrahlung	+	+	re < li
155	J.S.	52	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li, nach Bestrahlung	+	+	re > li
156	W.S.	53	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re, Hörsturz re, Ausfall re	-	+	li
157	K.M.	53	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re	-	+	li
158	K.H.	54	Kleinhirnbrückenwinkeltumor bds., li OP, re 1xBestrahlung	-	+	li
159	G.G.	56	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re, nach Bestrahlung und OP	-	+	li
160	I.V.	57	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li	+	-	re
161	W.W.	59	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li	+	-	re

Mittelwert: 48,67

Median: 52

Tab. 9 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor unter 60 Jahre unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)

### 3.4.2 Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumor über 60 Jahren

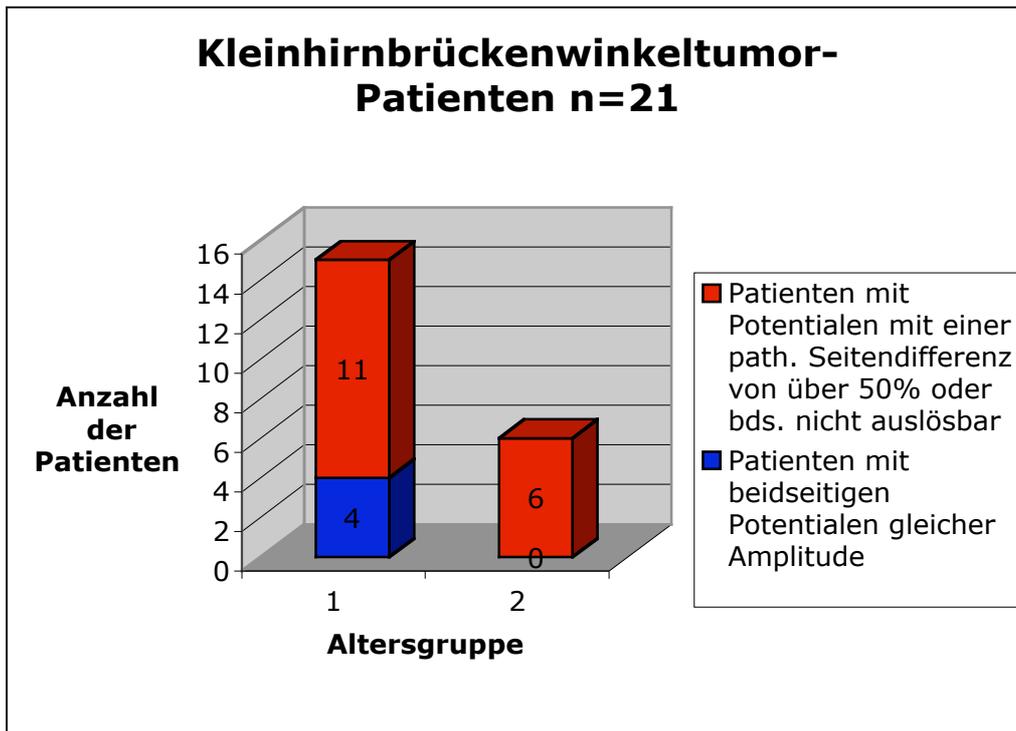
6 Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor fielen in die Gruppe der über 60jährigen mit einem Durchschnittsalter von 72,33 Jahren (65 bis 81 Jahre). Bei fast allen fehlte das Potential auf der betroffenen Seite bis auf einen Fall mit beidseitigem Kleinhirnbrückenwinkeltumor, bei dem auf einer Seite noch ein Sacculuspotential nachweisbar war. (siehe Tabelle 10, Abb. 9)

Nr.	Name	Alter	Diagnose	VEMP rechts	VEMP links	path. Seitendifferenz von über 50%
162	R.W.	65	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li	-	-	-
163	R.V.	68	Kleinhirnbrückenwinkeltumor li nach Bestrahlung	-	+	li
164	E.H.	72	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re	-	+	li
165	R.G.	74	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re nach Bestrahlung	-	+	li
166	A.L.	74	Kleinhirnbrückenwinkeltumor bds	-	+	li
167	M.L.	81	Kleinhirnbrückenwinkeltumor re	-	-	-

Mittelwert: 72,33

Median: 73

Tab. 10 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor über 60 Jahre unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 % (Legende siehe S. 25)



	Gruppe 1: Patienten < 60 Jahre	Gruppe 2: Patienten > 60 Jahre
Probanden mit beidseitigen Potentialen gleicher Amplitude	4	0
Probanden mit Potentialen mit einer pathologischen Seitendifferenz von über 50% oder beidseits nicht auslösbare Potentiale	11	6

Abb. 9 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor (Legende siehe S. 25)

### 3.5 Statistischer Vergleich der zwei Altersgruppen

Beim Vergleich der Häufigkeiten von pathologischen Seitendifferenzen der Sacculuspotentiale, also mehr als 50 % Amplitudenunterschied, in den beiden verschiedenen Altersgruppen konnte folgendes festgestellt werden: Sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in den Gruppen der Patienten mit M. Menière und Neuritis vestibularis waren in der Gruppe der über 60jährigen statistisch signifikant weniger Personen mit seitengleichen Potentialen als beiden jüngeren.

Bei der Kontrollgruppe hatten 76,0 % der unter 60jährigen seitengleiche Potentiale im Vergleich zu 47,8 % bei den über 60jährigen. Dabei betrug  $p = 0,044$ .

In der Gruppe der Menière-Patienten waren bei 74,1 % der unter 60jährigen und nur bei 26,7 % der über 60jährigen die Potentiale seitengleich mit einem  $p = 0,003$ .

64,5 % der unter 60jährigen Patienten mit Neuritis vestibularis hatten seitengleiche Potentiale im Gegensatz zu 36 % der über 60jährigen Patienten mit dieser Erkrankung. Dabei war  $p = 0,034$ .

Bei der Gruppe der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor war das Ergebnis nicht statistisch signifikant mit  $p = 0,160$ , was durch die kleine Gruppengröße zu erklären ist. Es ist festzustellen, dass 26,7 % der unter 60jährigen seitengleiche Potentiale hatten und bei den über 60jährigen 0 %.

## 4 Diskussion

### 4.1 Altersabhängigkeit der vestibulär evozierten myogenen Potentiale bei vestibulär Gesunden

Wie alle biologischen Systeme unterliegt auch das vestibuläre System natürlichen Alterungsvorgängen. Diese lassen sich morphologisch belegen. So findet sich in höherem Lebensalter eine Abnahme der Fasern des Nervus vestibularis (Bergström, 1973/ Johnsson u. Hawkins, 1972), und auch die Zahl der vestibulären Kernneurone ist verringert (Sturrock, 1988). Am Otolithenapparat zeigt sich ein Verlust von Otokonien (Johnsson u. Hawkins, 1972), und im Ganglion vestibulare lässt sich eine Zunahme des Lipofuszingehalts feststellen (Schmelzer, 1987). Funktionell spiegelt sich dies zunächst nicht in starken Einbußen wieder, denn für das Funktionieren des vestibulären Systems ist weniger der absolute Funktionszustand seiner Rezeptoren entscheidend als vielmehr die Abstimmung zwischen den Informationen beider Seiten, die in den Vestibulariskernen stattfindet.

Die Sacculusfunktion und die Funktion des ihm nachgeschalteten Nervus vestibularis inferior können seitengetreunt durch die Ableitung der VEMP erfasst werden. Die vor etwa 15 Jahren eingeführte Methode stellt eine wichtige Bereicherung in der Differentialdiagnostik vestibulärer Störungen dar (Colebatch, 1994). So können mit dieser Methode isolierte Sacculusläsionen erkannt werden, und es kann bei bestimmten Krankheitsbildern die Frage beantwortet werden, ob der Sacculus in die pathologischen Vorgänge miteinbezogen ist. An der Maus konnte gezeigt werden, dass es zu einem altersbezogenen Abfall der Potentialantworten kommt (Staecker u. Kakrlapudi, 2002). Dem entsprechen die hier vorgelegten Befunde, aus denen sich ergibt, dass bei gesunden Probanden über 60 Jahre in einem Drittel keine typischen Sacculuspotentiale ableitbar waren, während dies bei jüngeren Probanden nur bei 2 von 25 auftrat. Diese Beobachtungen stimmen auch mit den Untersuchungen von Brandtberg et al. (2007) und Basta et al. (2007) überein, die im Alter eine verminderte Potentialamplitude bzw. auch eine erhöhte Latenzzeit feststellen konnten.

Offensichtlich wirken sich Alterungsvorgänge im vestibulären System auch auf die Generierung der VEMP aus. Dies könnte zum einen eine Ursache in der verminderten Anzahl sensibler Zellen haben oder in einer Abnahme der Kaliberstärke der vestibulären Nervenfasern.

Die klinische Bedeutung dieser Feststellung liegt darin, dass aus dem Fehlen der Potentialantworten bei Menschen höheren Lebensalters nicht zwangsläufig auf eine vestibuläre Erkrankung geschlossen werden darf. Dies gilt vor allem dann, wenn beidseits keine VEMP abzuleiten sind. Denn dann besteht der Verdacht, da beidseitige vestibuläre Erkrankungen extrem selten sind, dass eine altersbedingte Einschränkung der Potentialgenerierung vorliegt.

#### **4.2 Altersabhängigkeit der vestibulär evozierten myogenen Potentiale bei vestibulär Erkrankten**

Bei der differenzierten Analyse der verschiedenen Krankheitsbilder und der Abhängigkeit der VEMP-Ableitung vom Alter zeigt sich bei den Menière-Patienten ein sehr wechselhaftes Bild. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass in der Gruppe der über 60jährigen deutlich häufiger die VEMP nur ein- oder beidseitig nicht ableitbar waren als bei den unter 60jährigen. Problematisch ist, dass die Seite der verminderten Potentiale nicht immer der Seite der Menièreschen Krankheit entsprach. Diese Feststellung ist auch für andere vestibuläre Befunde geläufig. Dies hängt höchst wahrscheinlich davon ab, in welchem Zustand sich die Menièresche Krankheit gerade befindet. Seitengleiche Potentiale deuten darauf hin, dass der Sacculus zum Messzeitpunkt nicht vom Krankheitsprozess erfasst war oder sich wieder vollständig erholt hatte (Goedsche, 2005). Bei vielen Patienten konnten ein- oder beidseitige Sacculusläsionen nachgewiesen werden, was auf dessen Beteiligung am Krankheitsgeschehen schliessen lässt. Resümierend kann man aber festhalten, dass bei älteren Menière-Patienten die Potentiale weniger regelmäßig auslösbar waren als bei jüngeren.

Auch bei der Neuritis vestibularis waren in der Gruppe der älteren Patienten deutlich häufiger die Potentiale nicht oder nur einseitig ableitbar. Auch für diese Patientengruppe lässt sich eine Altersabhängigkeit der Potentialauslösbarkeit erkennen.

Bei dem kleinen Kollektiv Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor war die Altersabhängigkeit nicht so gut herauszuarbeiten. Zunächst einmal, und dies zeigt die Sicherheit der Methode, waren die VEMP auf der betroffenen Seite nicht ableitbar. Bei den jüngeren Patienten wiesen allerdings vier Patienten Ableitungen ohne pathologische Seitendifferenzen auf. Dieser Befund zeigt an, dass der inferiore Ast des Nervus vestibularis vom Tumor nicht befallen ist. Bei keinem der älteren Patienten waren Potentiale nachweisbar. Sie fehlten also nicht nur auf der befallenen Seite sondern auch auf der Gegenseite. Auch wenn es sich nur um eine kleine Gruppe der 21 Patienten handelt, so deutet dieser Befund darauf hin, dass bei älteren Patienten auch ohne pathologischen Befund am Vestibularnerven die Auslösbarkeit der VEMP reduziert ist.

Beim Vergleich der drei in dieser Studie berücksichtigten Krankheitsbilder lässt sich übereinstimmend feststellen, dass die Auslösbarkeit der VEMP im höheren Lebensalter eingeschränkt ist. Unterschiede zwischen den einzelnen Krankheitsbildern, die auf eine krankheitsbedingte Ursache hinweisen, ergaben sich nicht. Die für die Gesamtheit des Probandenkollektivs getroffene Aussage (vgl. 4.1) ist daher auch auf die einzelnen Krankheitsbilder zu übertragen. Daraus lässt sich ableiten, dass grundsätzlich mit zunehmenden Lebensalter die Auslösbarkeit der VEMP vermindert ist.

### **4.3 Stellenwert der vestibulär evozierten myogenen Potentiale in der neurootologischen Diagnostik**

Bis vor wenigen Jahren war es nicht möglich, eine Differentialdiagnostik für die verschiedenen Anteile des Gleichgewichtsapparates durchzuführen. Man benutzte die thermische und rotatorische Prüfung, die bei richtiger Durchführung eigentlich aber nur eine Information über die Funktion der horizontalen Bogengänge zuließen. In den letzten Jahren sind mehrere Methoden entwickelt worden, einzelne Teile des Vestibularapparates getrennt zu analysieren. Ein besonderer Schritt in dieser Entwicklung stellt die Ableitung der VEMP dar. Denn mit dieser Technik ist es möglich, den Sacculus seitengetrent und selektiv zu untersuchen. Dies war vorher mit anderen Methoden nicht möglich.

Das Spektrum für den Einsatz der VEMP-Ableitungen ist breit. So kann bei der Neuritis vestibularis festgestellt werden, ob der inferiore Nervenast beteiligt ist. Bei der Menièreschen Krankheit kann ein Endolymphhydrops im Sacculus aufgedeckt werden (Goedsche, 2005). Bei der Suche nach einem Vestibularisschwannom können auch kleine, vom inferioren Ast ausgehende Tumoren aufgedeckt werden (Hamann & Haarfeldt, 2006). Eine besondere Bedeutung hat die VEMP-Ableitung bei der Begutachtung bekommen. Denn es ist nun möglich geworden, sonst nicht erkennbare Schäden mit unauffälligen Vestibularisbefunden am Sacculus aufzudecken oder auszuschließen. Auch bei allen unklaren Schwindelformen sollte eine VEMP-Untersuchung durchgeführt werden, bevor die Diagnose eines phobischen Schwindels gestellt wird. Eine andere Einsatzmöglichkeit entsteht dann, wenn isolierte Läsionen des inferioren Nervenastes erkannt werden sollen.

Allerdings bestehen auch Einschränkungen für einen unkritischen Einsatz der Ableitungen vestibulär evozierter myogener Potentiale. Die Methode ist an einen hohen apparativen Aufwand gebunden, der wegen seiner Kosten wohl dazu führt, dass nicht jede HNO-Praxis diese Methode einsetzen wird. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Auslösung der „Sacculuspotentiale“ erst bei einer unphysiologisch hohen Schallintensität gelingt. Dies führt bei Schallleitungsschwerhörigkeiten, bei

denen die Schalldruckübertragung ja reduziert ist, dazu, dass eine nicht ausreichende Schallenergie an den Sacculus gelangt. Die in dieser Arbeit festgestellte Abhängigkeit der Auslösbarkeit der VEMP vom Alter führt ebenfalls zu einer gewissen Einschränkung der Anwendbarkeit. Es darf also bei Menschen, die älter als 60 Jahre sind, aus dem Fehlen der VEMP nicht voreilig auf eine Schädigung des Sacculus oder des Nervus vestibularis inferior geschlossen werden. Bevor eine endgültige Diagnose einer vestibulären Störung gestellt wird, müssen noch andere pathologische Befunde nachgewiesen werden.

Der Zeitaufwand der Messmethode spielt eine geringere Rolle. Der Geübte kann eine beidseitige Messung einschließlich der Kontrollmessung in einem Zeitraum von maximal 20 Minuten durchführen. In Anbetracht des Informationsgewinns ist der Zeitaufwand vertretbar. Ein weiterer Vorteil der Methode besteht darin, dass die Potentiale vigilanzunabhängig ableitbar sind. Sie kann damit auch unbeeinflusst von sedierenden Medikamenten durchgeführt werden.

Problematisch ist die Tatsache, dass zur Auslösung der VEMP ein ausreichend hoher Muskeltonus und wegen des Seitenvergleichs auch seitengleich der selbe Tonus herrschen muss. Es hat sich gezeigt, dass bereits kleine Seitenunterschiede im muskulären Ausgangstonus zu Seitendifferenzen der Potentialamplituden führen. Aus diesem Grunde wird es als notwendig erachtet, den Spontanmuskeltonus bei der Messung zu erfassen. Ein ausreichend hoher Muskeltonus wird am besten dadurch erreicht, dass man den Patienten auffordert, den Kopf gegen einen Widerstand zu drücken. Auch wenn aufwendigere Methoden zur Aufrechterhaltung eines gleichmässigen Muskeltonus angewandt werden können, bleibt eine gewisse Unsicherheit. In Anbetracht möglicher Störfaktoren hat es sich bewährt, Seitenunterschiede der Potentialamplitude für die klinische Routine erst ab 50 % als pathologisch einzustufen. Unter Berücksichtigung auch der kritischen Gesichtspunkte stellt die Ableitung der VEMP eine Bereicherung der Vestibularisdiagnostik dar und sollte zum Standarduntersuchungsprogramm eines neurootologischen Zentrums gehören.

## 5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden altersphysiologische Veränderungen der vestibulär evozierten myogenen Potentiale untersucht. Dazu wurden Patienten mit unterschiedlichen Krankheitsbildern und gesunde Kontrollpersonen in zwei Altersgruppen aufgeteilt. In einer Gruppe waren die Probanden jünger als 60 Jahre, in der anderen Gruppe älter als 60 Jahre.

Bei den Probanden, von denen 25 jünger als 60 Jahre und 23 älter waren, wurde beidseitig die Messung vestibulär evozierter Potentiale über den gespannten M. sternocleidomastoideus durchgeführt. Es erfolgten auf jeder Seite zwei Messungen mit 256 Klick-Reizen (120 dB SPL, 3Hz). Zusätzlich wurde ein Spontanelektromyogramm abgeleitet.

Bei den Patienten erfolgte die gleiche Messung. Von diesen waren 46 zum Zeitpunkt der Messung älter als 60 Jahre, 73 jünger. Diese beiden Gruppen wurden je nach Diagnose in jeweils drei Gruppen aufgeteilt. Bei 42 Patienten lag ein Morbus Menière vor, bei 56 eine Neuritis vestibularis und bei 21 ein Kleinhirnbrückenwinkeltumor.

Beim Vergleich der Häufigkeiten von pathologischen Seitendifferenzen der Sacculuspotentiale, also mehr als 50 % Amplitudenunterschied, in den beiden verschiedenen Altersgruppen konnte folgendes festgestellt werden: Sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in den Gruppen der Patienten mit M. Menière und Neuritis vestibularis waren in der Gruppe der über 60jährigen statistisch signifikant weniger Personen mit seitengleichen Potentialen als beiden jüngeren.

Bei der Kontrollgruppe hatten 76,0 % der unter 60jährigen seitengleiche Potentiale im Vergleich zu 47,8 % bei den über 60jährigen. In der Gruppe der Menière-Patienten waren bei 74,1 % der unter 60jährigen und nur bei 26,7 % der über 60jährigen die Potentiale seitengleich. 64,5 % der unter 60jährigen Patienten mit Neuritis vestibularis hatten seitengleiche Potentiale im Gegensatz zu 36 % der über 60jährigen Patienten

mit dieser Erkrankung. Bei der Gruppe der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor war das Ergebnis nicht statistisch signifikant, was durch die kleine Gruppengröße zu erklären ist. Es ist festzustellen, dass 26,7 % der unter 60jährigen seitengleiche Potentiale hatten und bei den über 60jährigen 0 %.

Beim Vergleich der drei in dieser Studie berücksichtigten Krankheitsbilder und der Kontrollgruppe lässt sich übereinstimmend feststellen, dass die Auslösbarkeit der VEMP im höheren Lebensalter eingeschränkt ist. Unterschiede zwischen den einzelnen Krankheitsbildern, die auf eine krankheitsbedingte Ursache hinweisen, ergaben sich nicht. Daraus lässt sich ableiten, dass grundsätzlich mit zunehmenden Lebensalter die Auslösbarkeit der VEMP vermindert ist.

## 6 Abkürzungsverzeichnis

N. Nervus

EMG Elektromyographie

VEMP Vestibulär evozierte myogene Potentiale

M. Musculus

M. Menière Morbus Menière

Abb. Abbildung

Tab. Tabelle

## 7 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Originalregistrierung der VEMP bei einer Patientin mit Neuritis vestibularis rechts mit Befall des inferioren Anteil des N. vestibularis; rechts keine Sacculuspotentiale ableitbar, links normale Potentiale ableitbar
- Abb. 2 Darstellung der Messsituation bei der Ableitung der VEMP (Originalfotographie)
- Abb. 3 Spontan-EMG des M. sternocleidomastoideus rechts (Originalregistrierung)
- Abb. 4 Originalregistrierung der VEMP; bds. normalen Potentiale ableitbar
- Abb. 5 Spontanelektromyogramme bei verschieden ausgeprägtem Muskeltonus
- Abb. 6 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Kontrollgruppe
- Abb. 7 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Menière-Patienten
- Abb. 8 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Patienten mit Neuritis vestibularis

Abb. 9 Säulendiagramm zur Darstellung der Häufigkeitsunterschiede von pathologischen Seitendifferenzen in der VEMP-Ableitung in den beiden Altersgruppen der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor

## 8 Tabellenverzeichnis

- Tab. 1 Einteilung der Menièreschen Krankheit nach Wahrscheinlichkeitskriterien zur Diagnosesicherung (nach AAO-HNS, 1995)
- Tab. 2 Aufteilung des Patientenkollektivs auf die verschiedenen Krankheitsbilder
- Tab. 3 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Kontrollgruppe der unter 60jährigen unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %
- Tab. 4 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Kontrollgruppe der über 60jährigen unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %
- Tab. 5 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Menière-Patienten unter 60 Jahren unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %
- Tab. 6 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Menière-Patienten über 60 Jahren unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %
- Tab. 7 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit Neuritis vestibularis unter 60 Jahren unter Berücksichtigung einer

pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %

Tab. 8 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit Neuritis vestibularis über 60 Jahren unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %

Tab. 9 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor unter 60 Jahren unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %

Tab. 10 Aufstellung der Ergebnisse der VEMP-Ableitung der Gruppe der Patienten mit einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor über 60 Jahren unter Berücksichtigung einer pathologischen Seitendifferenz von mehr als 50 %

## 9 Literaturverzeichnis

AAO-HNS (1995)

Guidelines for the diagnosis and evaluation of therapy in Menière's disease.  
Otolaryngol Head Neck Surg 113 (1995) 181 – 185.

Arbusow V., Schulz P., Strupp M., Dietrich M., von Reinhardstoettner A., Rauch E.,  
Brandt T. (1999)

Distribution of herpes simplex virus type 1 in human geniculate and vestibular  
ganglia:  
Implications for vestibular neuritis  
Ann. Neurol. 46 (1999) 416 – 419

Basta D., Todt I., Ernst A. (2007)

Characterization of age-related changes in vestibular evoked myogenic  
potentials  
Journal of Vestibular Research 17 (2007) 93-98

Brandt T., Dieterich M. (1994)

Vestibular syndromes in the roll plane: topographic diagnosis from brainstem  
to cortex  
Ann Neurol 33 (1994) 337 – 347

Brandtberg K., Granath K., Scharf N. (2007)

Age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials  
Audiol Neurotol 12 (2007) 247-253

Bergström B. (1973)

Morphology of the vestibular nerve. II.  
The number of myelinated vestibular nerve fibres in man at various ages.  
Acta Otolaryngol. 76 (1973) 173

Böhmer A., Mast F. (1999)

Assessing Otolith Function by the subjective visual vertical  
Ann NY Acad Sci 871 (1999) 221-230

Colebatch J.G., Halmagyi G.M., Skuse N.F. (1994)

Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex  
J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 57 (1994) 190 – 197

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

Goedsche D. (2005)

Beteiligung des Sacculus beim Morbus Menière. Eine VEMP-Studie  
Diss., München (2005)

Gramowski K.H. (1976)

Experimentelle vestibuläre Prüfung bei älteren Normalpersonen.  
In Kaiser-Meinhardt I., Wendler J.: Geriatrische Aspekte in der HNO  
Heilkunde.  
VEB Thieme, Leipzig (1976) 148

Hamann K.-F. (1987)

Vestibuläres Training  
Training gegen Schwindel  
Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York (1987) 57 - 77

Hamann K.-F., Haarfeldt R. (2006)

Vestibulär evozierte myogene Potenziale

CME.springer.de, HNO 5 (2006) 423

Hunold A. (2005)

Stellenwert der Vestibulär Evozierten Myogenen Potentiale in der neurootologischen Diagnostik am Beispiel von Kleinhirnbrückenwinkeltumoren

Diss., München (2005)

Jenkins H., Furman J., Gulya A., Honrubia V., Linthicum F., Mirka A. (1989)

Dysequilibrium of aging

Otolaryngology – Head Neck Surgery 100(4) (1989) 272 – 282

Johnsson L.G., Hawkins J.E. (1972)

Sensory and neural degeneration with aging, as seen in microdissections of the human inner ear.

Ann. Otol. 81 (1972) 179 – 192

Kornhuber H.H. (1966)

Physiologie und Klinik des zentralvestibulären Systems

In: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde

Berendes, Link, Zöllner (Hrsg)

Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York (1966) 2150 – 2351

Krausen C. (1991)

Untersuchungen der Spinalmotorik

In: Hamann K.-F., Screeninguntersuchungen bei Schwindel

Biermann Verlag (1991) 32 – 45

Magnan J., Gabert K., Crebassa B., Chays A. (2001)

Anatomo-pathologie

In: Le neurinome de l'acoustique

Steckers O., Bebear J.-P., Fraysse B., Martin C., Vaneeckloo (Hrsg.)

Société Française d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie de la Face et du Cou, (2001) 37-43

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

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

Acta Otolaryngol (Stockh) 177 (1997) 66 – 72

Mulch G., Petermann W. (1979)

Influence of age on results of vestibular function tests.

Ann. Otol. 88 (1979) Suppl. 1

Plester D. (1978)

Otologische Diagnose der Kleinhirnbrückenwinkeltumoren

In: Kleinhirnbrückenwinkeltumoren

Plester D., Wende S., Nakayama N. (Hrsg.)

Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York (1978) 52, 60-61

Precht W. (1978)

Neuronal Operations in the Vestibular System

Springer Verlag, Berlin (1978)

Rosenhall U., Rubin W. (1975)

Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia.

Acta Otolaryngol. 79 (1975) 67 – 80

Scherer H., Helling K. (2001)

Thermische Prüfung

In: Vestibuläre Untersuchungsmethoden

PVV Science Publications, Ratingen (2001) 63-69

Schmelzer A. (1987)

Der Lipofuszingehalt des Ganglion Scarpae bei Morbus Menière und bei Ohrgesunden in Abhängigkeit vom Lebensalter. Eine histologisch-morphometrische Untersuchung.

Diss, Tübingen (1987)

Simons B., Büttner U. (1985)

The influence of age on optokinetic nystagmus

Eur Arch Psychiatry Neurol Science 234(6) (1985) 369 - 373

Spooner JW., Sakala SM., Baloh RW. (1980)

Effect of aging on eye tracking

Arch Neurol. 37(9) (1980) 575 – 576

Staecker H., Kakrlapudi V. (2002)

Sound evoked myogenic response in mice: analysis of saccule function with aging

ARO Abstracts 25 (2002) 133

Sturrock R.R. (1988)

Age related changes in neuron number in the mouse lateral vestibular nucleus

Journal of Anatomy 166 (1988) 227 – 232

## 10 Danksagung

Sehr herzlich danken möchte ich:

Herrn Prof. Dr. Hamann für die ausgezeichnete intensive Betreuung während der Messungen und für die vielen Erklärungen und Ideen, die in diese Arbeit eingeflossen sind. Für das große Engagement und die für mich aufgebrauchte Zeit, ohne welches diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Frau Lorenz (Labor für Vestibularisdiagnostik) für ihre ständige Unterstützung bei den Messungen und dabei auftretenden Problemen und für die freundschaftliche Atmosphäre im VOG-Labor.

Herrn Stobrawe (Fotolabor der HNO-Klinik) für die Anfertigung der Fotografien und Hilfe bei einigen Abbildung

Frau Kriener vom Institut für Medizinische Epidemiologie und Statistik (Direktor: Prof. Dr. K. A. Kuhn) der TU München für die statistische Beratung

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

Meinen Freunden und Familie, die sich auch als Probanden zur Verfügung gestellt haben und mich auch sonst unterstützt haben.