

## Redaktion

E. Biesinger, Traunstein



CrossMark

A. Lappat<sup>1</sup> · L. J. Dorn<sup>2</sup> · M. Hölzl<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Sankt Gertrauden Krankenhaus, Berlin, Deutschland

<sup>2</sup> Klinik für Hals-Nasen-Ohrenkrankheiten, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Campus Mitte, Berlin, Deutschland

<sup>3</sup> Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, Deutschland

<sup>4</sup> HNO Zentrum Traunstein, Traunstein, Deutschland

## Die vestibulären Kopfgelenke

### Hintergrund und Fragestellung

Das moderne Verständnis des vestibulären Systems lässt keinen Zweifel daran, dass für eine suffiziente Kopf-Körper-Koordination neben der rein intrakraniell-vestibulären Sensorik auch eine extrakraniell-vestibuläre Sensorik für die Orientierung im Raum erforderlich ist.

Die noch offenen Fragen lauten, von wo, wann und wie die extrakraniell-vestibulären Lage- und Beschleunigungssensoren des Rumpfs in ein funktionierendes vestibuläres System mit einbezogen werden.

Eine der wegweisendsten Arbeiten der letzten Zeit wird hierzu aus der Arbeitsgruppe um C. Cullen im Jahr 2012 publiziert [9]. Ihre Forschungsergebnisse an wachen und beidseits labyrinthektomierten Affen zeigen eindeutig, dass extrakranielle Afferenzen der subokzipitalen Propriozeption für die vestibuläre Kompensation der Blickfeldstabilisierung verantwortlich sind. Aufgrund ihrer Ergebnisse kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die subokzipitale Propriozeption als neurovestibuläre Rezeptorsubstitution für das gesamtvestibuläre System zur Verfügung steht.

Sollte dieser Kompensationsmechanismus tatsächlich dem Prinzip einer Rezeptorsubstitution entsprechen, dann kann geschlussfolgert werden, dass in anderen Anforderungssituationen zumindest die grundsätzliche Möglichkeit besteht, extrakraniell-vestibuläre Senso-

rik auch in physiologische vestibuläre Prozesse zu substituieren. Aspekten der intra- und extrakraniell-vestibulären Rezeptorsubstitution widmet sich die folgende Arbeit.

Betrachtet man modellhaft als einfachste Anforderung der Kopf-Körper-Koordination das Gangbild des Menschen, so ist festzustellen, dass eine enge Verflechtung der intrakraniellen vestibulären Sensorik mit der subokzipitalen Muskulatur der Kopfgelenke vorliegen muss.

Wir haben hierzu Messungen mittels einer mobilen Sensoreinheit der Fa. Bonsai-Systems (c/o ETH Zürich, Zürich, Schweiz) durchgeführt. Dieser kleine und leichtgewichtige Sensor kann an der Stirn eines Patienten befestigt werden (▣ Abb. 1). Diese Miniatursensorik ermöglicht erstmals, in einem transportablen System Winkelbeziehungen und Beschleunigungen der Kopf-Körper-Koordination in Echtzeit graphisch darzustellen und aufzuzeichnen.

Die ▣ Abb. 2 zeigt eine exemplarische Messung eines Probanden, in der wir dokumentieren können, dass der Kopf beim Schreiten eine Ante- und Retroflexionsbewegung in Abhängigkeit von der Schrittfolge macht. Wir wissen aber auch, dass beim gesunden vestibulären System während des Schreitens ein stabiles Blickfeld vorherrscht. Hierzu müssen kompensatorische Augenrollbewegungen, vermutlich über das vertikale vestibulookuläre System, gegenläufig zur Kopfbewegung erfolgen. Da die okuläre Amplitude nicht beliebig ausfallen kann, muss die Nickbewegung minimiert und optimiert sein. Hier könnte vermutet

werden, dass vestibulozervikale Verbindungen die Aufgabe haben, negative wie positive Kopfbeschleunigungen zu dämpfen.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Eine gelungene Kopf-Körper-Koordination in der Kopf-Nick-Achse ist dann gegeben, wenn nur minimale Vertikal-

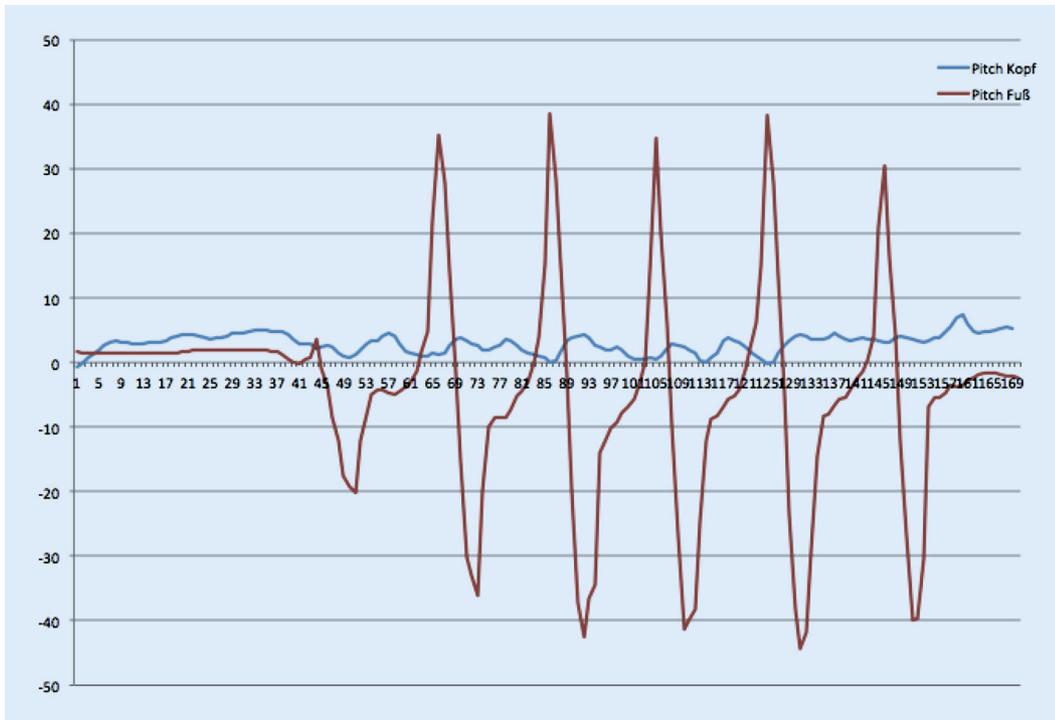
### Abkürzungen

<i>KET</i>	Kopfxkursionstest
<i>RET</i>	Rumpfxkursionstest
<i>3D-VOR</i>	Dreidimensionale Videookulographie
<i>UBN</i>	Upbeat-Nystagmus
<i>DBN</i>	Downbeat-Nystagmus
<i>HN</i>	Horizontalnystagmus
<i>VN</i>	Vertikalnystagmus

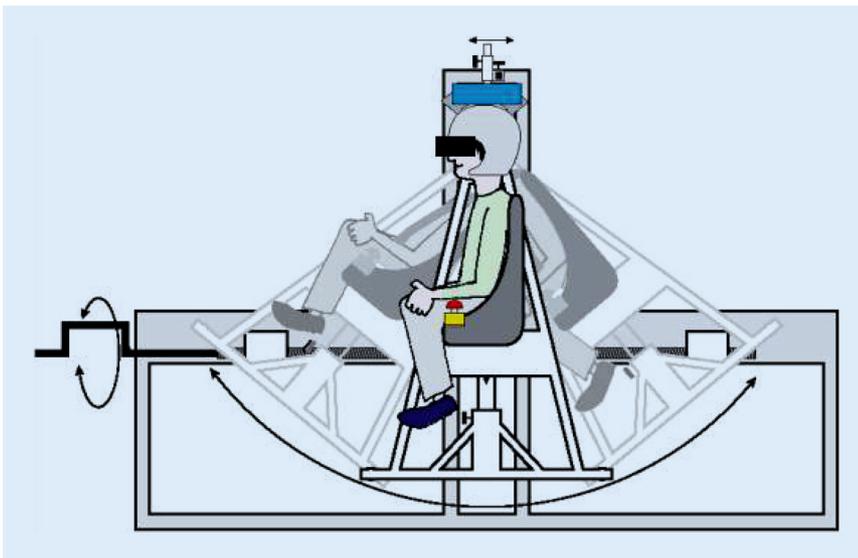


Abb. 1 ▲ Die mobile Sensoreinheit der Fa. Bonsai-Systems ([www.bonsai-systems.com](http://www.bonsai-systems.com))

Dieser Beitrag ist als eine Originalarbeit angenommen worden und nur aus formalen Gründen in der Rubrik „HNO-Praxis“ eingeordnet.



**Abb. 2** ◀ Exemplarische Messung eines Probanden, Dokumentation der Ante- und Retroflexionsbewegung des Kopfs beim Schreiten in Abhängigkeit von der Schrittfolge



**Abb. 3** ▲ Darstellung des Rumpflexionsstuhls in Nullposition sowie hellgrau Ante- und Retroflexion

korrekturen (!) des Auges für ein stabiles Blickfeld erforderlich sind.

Daraus ergibt sich als Zielfragestellung, ob ein zugehöriger Vertikalnystagmus (zervikotoner Provokationsnystagmus, ZPN) als okulärer Untersuchungsparameter der zervik vestibulären Afferenzen durch unterschiedliche Ante- bzw. Retroflexionspositionen in der Kopf-Körper-Flexion zu erfassen ist.

## Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Um diese Fragestellung richtig beurteilen zu können, sollten, angelehnt an den positiven wie negativen Nickvorgang des Kopfs beim Gehen, die zervik vestibulären Afferenzen in zwei methodischen Annäherungen untersucht werden. Von Interesse waren der Einfluss der Schwer-

kraft und das Alter auf unseren Zielparameter. Methode 1 wird im Folgenden als Kopfexkursionstest (KET) bezeichnet. Die Untersuchung erfolgte durch passive Auslenkung des Kopfs (Punctum mobile) in Ante- und Retroflexion. Diese Haltepositionen entsprechen grundsätzlich Momentaufnahmen der Nickbewegung. Für die Durchführung benötigte man lediglich einen Hocker. Der Test hat den Vorteil, dass er klinisch einfach durchzuführen wäre. In seinem vestibulären Ansprechverhalten entspricht der KET grundsätzlich einer alltäglichen vestibulären Rezeptorsubstitution, denn intra- wie extrakranielle Vestibularissensoren werden gleichermaßen angesprochen.

Abweichend davon untersucht Methode 2 den Zielparameter nur durch Rumpflexionen in gleichen kraniozervikalen Winkeln bei apparativ fixierter Kopf-Null-Position. Diese Testsituation entspricht keiner Alltagssituation, ist aber hoch selektiv für die extrakranielle Rezeptorsituation und wird im Folgenden Rumpflexionstest (RET) genannt. Dafür musste eine spezielle Stuhlkonstruktion gebaut werden. Der Rumpflexionsstuhl wurde nach dem Pendelprinzip in das metallische Rahmengerüst integriert. Durch das manuelle Betätigen der Schneckenwinde wurde der Stuhl

A. Lappat · L. J. Dorn · M. Hölzl

## Die vestibulären Kopfgelenke

### Zusammenfassung

**Einleitung.** Der Stellenwert zervikaler Propriozeption für das menschliche Gleichgewichtsempfinden ist bis heute nicht zufriedenstellend geklärt. Ziel der vorliegenden Arbeit war die selektive zervikovestiläre Provokation mithilfe eines neuen und eigens konstruierten Rumpfxursionstests (RET). Dieser soll bei fixiertem Kopf und isolierter Rumpfauslenkung eine Beurteilung zervikookulärer Reaktionen und mögliche Effekte von Alterungsprozessen ermöglichen. **Methodik.** Dem bisher verwendeten Kopfxursionstest (KET) wurde der RET statistisch gegenübergestellt. Mit beiden Methoden wurden 100 Probanden zweier Altersgruppen (Gruppe<sup>26</sup>: Altersmedian = 26 Jahre;  $n = 50$ ; Gruppe<sup>50</sup>: Altersmedian = 50 Jahre;  $n = 50$ ) einander randomisiert in den jeweils vergleichbaren Kopf-zu-Rumpf-Positionen gegenübergestellt.

**Ergebnisse.** Im KET war eine signifikante Nystagmusmodulation in horizontaler und vertikaler Nystagmusdimension statistisch nachzuweisen. In der rein zervikalen Provokation mittels RET war diese nur in der horizontalen Nystagmusdimension bei Rumpftorsion signifikant. Der Methodenvergleich zeigte eine signifikant stärkere Nystagmusmodulation bei Kopfauslenkung. Gruppe<sup>50</sup> zeigte im KET signifikant mehr Vertikalnystagmusaktivität als Gruppe<sup>26</sup>. Im RET hingegen war kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen ableitbar. Der gruppenselektive Methodenvergleich wies in Gruppe<sup>26</sup> nur eine vermehrte Horizontalnystagmusmodulation in Kopfauslenkung gegenüber Rumpfauslenkung aus. Gruppe<sup>50</sup> zeigte generell eine signifikant stärkere Reizreaktion auf Kopfauslenkung im KET. Bei der Auswertung der signifikanten Vertikalnystagmusmodulation im RET zeigte

sich ein signifikant häufigeres Auftreten des Upbeat-Nystagmus (UBN) gegenüber dem Downbeat-Nystagmus (DBN). Der DBN trat bei Kopfauslenkung im KET in Gruppe<sup>50</sup> häufiger auf als in Gruppe<sup>26</sup>. Im UBN war keine signifikante Altersdifferenz ableitbar. **Schlussfolgerung.** Der Rumpfxursionstest bietet die methodisch besten Voraussetzungen, um zervikotonische Provokationsnystagmen einschätzen zu können. Erst durch Evaluation der adäquaten Auslenkungsgrenzen und Folgeuntersuchungen an zervikal defizitären Patienten können die Effekte der Methode weiter beurteilt werden.

### Schlüsselwörter

Zervikotoner Provokationsnystagmus · Kopfxursionstest · Rumpfxursionstest · Upbeat-Nystagmus · Schwerkraftvektor

## The vestibular craniovertebral joints

### Abstract

**Introduction.** The significance of cervical proprioception for human balance has thus far not been sufficiently elucidated. The aim of this study was to provoke selective cervico-vestibular stimulation using the trunk excursion test (TET) we ourselves constructed. This chair is designed to enable evaluation of cervico-ocular reactions during isolated trunk excursion and possible effects of aging. **Methods.** The previously used head excursion test (HET) was statistically compared to the TET. In both methods, 100 healthy subjects of two age groups (group<sup>26</sup>: median age = 26 years,  $n = 50$ ; group<sup>50</sup>: median age = 50 years,  $n = 50$ ) were randomized for comparison of similar neck-to-trunk-positions. **Results.** HET enabled detection of significant nystagmus modulation in horizontal and vertical dimensions; whereas in pure cervical

stimulation using the new TET, this was only evident in the horizontal dimension and only during trunk torsion. Comparison of the two methods confirmed significantly stronger nystagmus modulation through head excursion. In terms of the HET, group<sup>50</sup> showed significantly more vertical nystagmus activity than group<sup>26</sup>. However, no significant difference was found between the groups in terms of their reactions to trunk excursion in the TET. In a group-specific comparison of the methods, group<sup>26</sup> showed a significant increase in horizontal nystagmus in head compared to trunk excursion, whereas group<sup>50</sup> generally displayed a significantly greater response to provocation by head excursion in HET. Analysis of the significant vertical nystagmus modulation produced with the TET method showed predominance of

upbeat- (UBN) over downbeat-nystagmus (DBN). Through head excursion with the HET, DBN was more frequently evoked in group<sup>50</sup> than in group<sup>26</sup>. No significant age-dependent difference could be derived in UBN. **Conclusion.** The results of the pilot study indicate that head-to-trunk provocation is a suitable means of evaluating cervicotonic provocation nystagmus. Only by evaluation of adequate excursion limits and consistent analysis of patients with cervical deficiency can the effects of the method be further assessed.

### Keywords

Cervicotonic provocation nystagmus · Head excursion test · Trunk excursion test · Upbeat-nystagmus · Gravity vector

auf einer Schiene bis zu maximal 40° in die Ante- und Retroflexionsposition des Rumpfs gebracht (■ Abb. 3). In den Hart-schalensitz wurde ein 4-Punkt-Gurt integriert. Diese Methode empfindet den Nickwinkel des kraniozervikalen Winkels nach und hat den Vorteil, dass ein selektives Ansprechen der zervikovesti-

bulären Sensoren sichergestellt werden kann.

Der Methodenvergleich sollte herausarbeiten, ob tonische zervikookuläre Reaktionen im KET ausreichend exakt auf zervikovestiläre Sensoren zurückgeführt werden können. Das Videookulographiesystem (3D-VOG) der

Fa. SMI (Teltow, Deutschland) diente der Aufzeichnung dreidimensionaler Nystagmusreaktionen. Während der tonisch gehaltenen Position wurden die Augenbewegungen über 90 s aufgezeichnet.

Wir untersuchten randomisiert 100 vestibulär gesunde Probanden in 2 Gruppen. Die beiden Probandengruppen

**Tab. 1** Darstellung der Häufigkeiten horizontaler und vertikaler (Upbeat- und Downbeat-) Nystagmen in den verschiedenen zervikalen Provokationspositionen mit der KET

KET	
Nystagmusdimension	Kopfflexion
Horizontal	33
Vertikal	52
Upbeat	38
Downbeat	14

wurden nach Alter und Geschlecht gematcht (■ Tab. 1). Der Altersmedian der Gesamtstichprobe betrug 39 Jahre und wurde willkürlich gesetzt. Für die Probanden zwischen dem 18. und 39. Lebensjahr (Median Md =25,50) wählten wir die Gruppenbezeichnung Gruppe<sup>26</sup>. Die Probanden zwischen dem 40. und 66. Lebensjahr (Md =49,50) wurden nachfolgend als Gruppe<sup>50</sup> bezeichnet. Die anhand des Anamnesegesprächs, des Dizziness Handicap Inventory (DHI), der manualmedizinischen Untersuchung der Halswirbelsäule und der Gleichgewichtsprüfungen für vestibulär gesund befundenen Probanden wurden in die Studie eingeschlossen. Ein Spontan-nystagmus (SPN) < 1 der Ruheposition wurde als Ausschlusskriterium gewertet.

Die statistischen Analysen der gewonnenen Ergebnisse wurden mithilfe der Software SPSS (Version 15.0, Chicago/IL) generiert. Lagen Normalverteilung und metrische Daten vor wurde der t-Test angewendet und der Mittelwert („mean“) sowie die Standardabweichung (SD) beschrieben. Bei nicht normalverteilten Parametern sowie ordinalskalierten Daten wurden die parameterfreien Signifikanztests Wilcoxon-Rangsummentest und U-Test nach Mann-Whitney verwendet. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Form von Tabellen und Box-Whisker-Plots. Die Box-Whisker-Plots wurden mit dem Programm GraphPad Prism erstellt.

## Ergebnisse

### Der direkte Methodenvergleich der Flexion

In Flexionshaltung unterschieden sich die Nystagmen signifikant zwischen den Methoden ( $p < 0,001$ ). In dem KET war bei 27 von 100 Probanden ein deutlich höherer Nystagmusscore als im RET zu verzeichnen (■ Abb. 4).

Für den vertikalen Provokationsnystagmus zeigte sich ein ähnliches Bild: In der Flexion war der Unterschied mit 43 % besonders stark ausgeprägt ( $p < 0,001$ ; ■ Abb. 4).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die gemessenen Parameter bezogen auf die Methoden einen statistisch signifikanten Unterschied aufwiesen. Bei verändertem Schwerkraftvektor im KET war anhand der Scorepunkte eine signifikant stärkere Nystagmusmodulation zu beobachten als im RET.

### Die Altersgruppen im Methodenvergleich

Der Methodenvergleich wurde ebenfalls nach den beiden Altersgruppen getrennt betrachtet. Es sollte beurteilt werden, ob eine der beiden Gruppen (Gruppe<sup>26</sup>; Gruppe<sup>50</sup>) maßgeblich an dem Methodenunterschied beteiligt war.

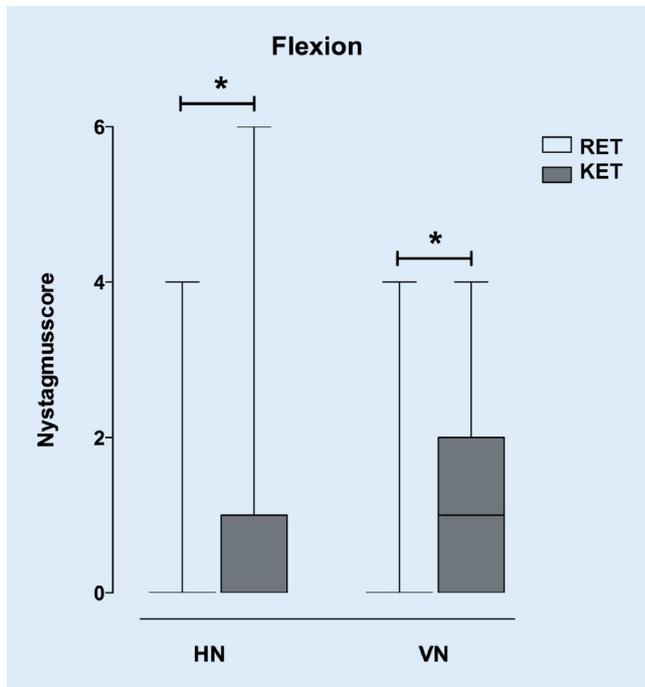
Die Flexion wies in der Gruppe<sup>26</sup> keine signifikante Abweichung des Scores der Nystagmusaktivität (HN und VN) zwischen den Methoden auf ( $p = 0,233$ ). Dieses Phänomen ist durch eine hohe Zahl an Bindungen zu erklären (■ Abb. 5).

In Gruppe<sup>50</sup> ließ sich feststellen, dass die Flexion eine signifikante Provokationsmodulation ausmacht. Dies galt für die horizontale und die vertikale Nystagmusdimension.

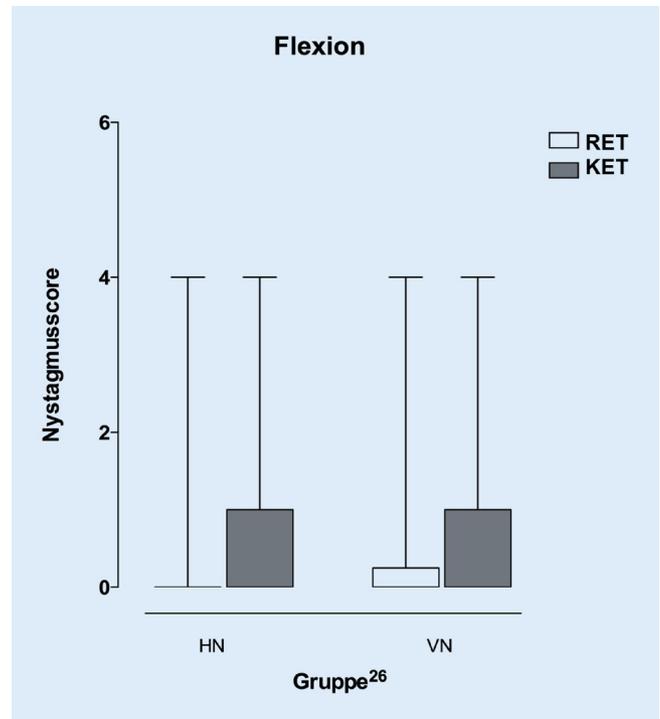
Genauer betrachtet, bedeutet dies unter deskriptiven Gesichtspunkten eine Modulation des Horizontalnystagmusscores in der Flexion mit dem KET (durch Kopfauslenkung) in 34 % der Fälle ( $n = 50$ ) gegenüber dem RET (durch Rumpfauslenkung) bei gleichen Kopf-zu-Rumpf-Winkeln ( $p < 0,001$ ; ■ Abb. 6). Für den Vertikalnystagmus fand sich bei Gruppe<sup>50</sup> in der Flexion 32 % ( $p < 0,001$ )

Hier steht eine Anzeige.





**Abb. 4** ▲ Darstellung des Methodenvergleichs. Methodenvergleich im Sinne des Differenzvergleichs der Provokationsnystagmen im KET (Punctum mobile: Kopf) und im RET (Punctum mobile: Rumpf), mithilfe des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt; Ergebniserfassung gemäß dem Auswertungsmodell anhand des Nystagmuscores: Maximal war je Proband und je Nystagmusdimension (horizontal und vertikal) ein Score für Flexion von je 6 Punkten zu erreichen; enthalten in diesem Score sind alle Probanden ( $n = 100$ ). (HN Horizontalnystagmus, VN Vertikalnystagmus, Flexion Summe der Ante- und Retroflexion,  $*p \leq 0,001$ )



**Abb. 5** ▲ Darstellung des Methodenvergleichs für Gruppe<sup>26</sup>. Methodenvergleich im Sinne des Differenzvergleichs der Provokationsnystagmen im KET (Punctum mobile: Kopf) und RET (Punctum mobile: Rumpf), mithilfe des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt; Ergebniserfassung gemäß dem Auswertungsmodell anhand des Nystagmuscores: Maximal war je Proband und je Nystagmusdimension (horizontal und vertikal) ein Score für Flexion von je 6 Punkten zu erreichen; enthalten in diesem Score sind die Probanden der Gruppe<sup>26</sup> ( $n = 50$ ). (Gruppe<sup>26</sup> 18.–39. Lebensjahr, HN Horizontalnystagmus, VN Vertikalnystagmus, Flexion Summe der Ante- und Retroflexion,  $*p < 0,006$ )

eine stärkere Nystagmusaktivität im KET gegenüber dem RET (Abb. 6).

Für die Probanden der Gruppe<sup>50</sup> konnten im Vergleich zu jenen der Gruppe<sup>26</sup> weniger Bindungen der Nystagmusaktivität im Vergleich der beiden Methoden identifiziert werden. Folglich schien der Nystagmus im alten Kollektiv leichter durch eine Technik modulierbar, während die jungen Probanden in ihrem Ergebnis unverändert blieben.

### Der Vertikalnystagmus

Gegenstand unserer Untersuchungen war ferner, ob ein Unterschied in der Häufigkeit des Auftretens einer Schlagrichtung, Upbeat- bzw. Downbeat-Nystagmus, innerhalb des Vertikalnystagmus zu verzeichnen war. Innerhalb des Vertikalnystagmus zeigte sich ein signifikant häufigeres Auftreten von Upbeat-Nystagmen (UBN) im Vergleich zu Downbeat-

Nystagmen (DBN) in allen zervikalen Provokationspositionen des KET ( $p \leq 0,001$ ; Abb. 7).

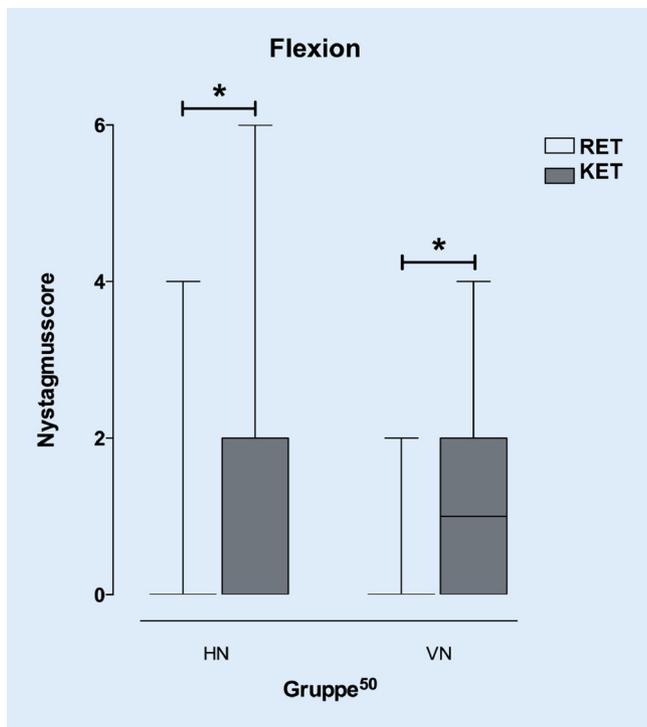
Insgesamt war der UBN häufiger als der DBN aufgetreten. Die beiden Alterskollektive unterschieden sich im KET durch Kopfauslenkung jedoch nur in der medianen Häufigkeit des Auftretens von Downbeat-Nystagmen (DBN). In Gruppe<sup>50</sup> wurden signifikant mehr DBN als in Gruppe<sup>26</sup> nachgewiesen.

### Diskussion

Aus Sicht der Autoren erlaubt die in der Einleitung zitierte Arbeit von Cullen et al. erstmalig zu Recht zu behaupten, dass der labyrinthische Streit um die zervikovestiläre Bedeutung unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten zugunsten der zervikalen Befürworter beendet werden kann. Aus Sicht der Autoren gilt nun bis zum Beweis des Gegenteils als ge-

klärt, dass das funktionierende vestibuläre System seine extrakraniell-vestibuläre Lage- und Beschleunigungssensorik des Rumpfs hauptsächlich von subokzipital, aus den Muskeln und Bändern der oberen Halswirbelsäule, rekrutiert. Die Autoren fassen diese Region aus Bändern, Muskeln, Wirbeln und neuronalen Strukturen begrifflich als *vestibuläre Kopfgelenke* zusammen. Damit werden die übrigen *W-Fragen* allerdings umso aktueller. Wann und wie werden diese Sensoren zum vestibulären Funktionserhalt gebraucht? Dazu brauchen wir neue Untersuchungsansätze, um eine vestibuläre Rezeptorsubstitution beurteilen zu können.

Wir haben vertikale Nystagmen in zwei unterschiedlichen methodischen Ansätzen (KET, RET) in ante- und retroflektierter Kopf-Hals-Haltesposition über 90 s aufgezeichnet.



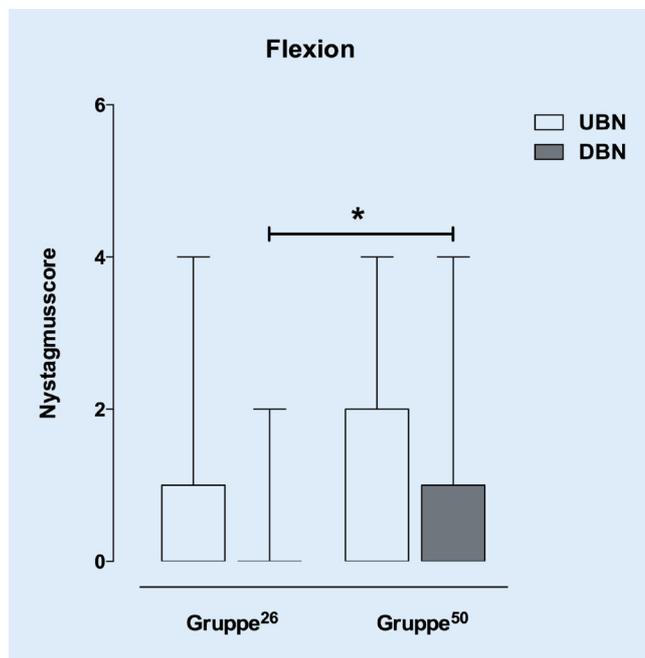
**Abb. 6** ▲ Darstellung des Methodenvergleichs für Gruppe<sup>50</sup>. Methodenvergleich im Sinne des Differenzvergleichs der Provokationsnystagmen im KET (Punctum mobile: Kopf) und RET (Punctum mobile: Rumpf), mithilfe des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt; Ergebniserfassung gemäß dem Auswertungsmodell anhand des Nystagmuscores: Maximal war je Proband und je Nystagmusdimension (horizontal und vertikal) ein Score für Flexion von je 6 Punkten zu erreichen; enthalten in diesem Score sind die Probanden der Gruppe<sup>50</sup> ( $n=50$ ). (Gruppe<sup>50</sup> 40.–66. Lebensjahr, HN Horizontalnystagmus, VN Vertikalnystagmus, Flexion Summe der Ante- und Retroflexion, \*  $p < 0,001$ )

In dem Rumpfxekursionstest (RET) ist der Rumpf das Punctum mobile. Der Untersuchungsansatz entspricht nicht einer Alltagssituation und ist auch nicht im Rahmen der vestibulären Rezeptorsubstitution zu sehen, sondern ist unter vestibulären Gesichtspunkten als eine rein zervikale und schwerkraftunabhängige Provokationsmethode anzusehen. Im RET erfolgt eine Vertikalnystagmusaufzeichnung bei apparativ fixierter Kopf-Null-Position unter Ante- und Retroflexionspositionen von 40° des Rumpfs.

Es wird keine signifikante Nystagmusmodulation in Abhängigkeit von der Rumpfxekursion oder dem Alter gefunden ( $p > 0,233$ ). Das heißt, unsere vestibulär und zervikal gesunden Probanden zeigen keine Pathologien in dem Rumpfxekursionstest (RET). Das ist nicht selbstverständlich, denn in der Gruppe<sup>50</sup>

ist eine altersbedingte Gelenkflächenveränderung der vestibulären Kopfgelenke zu erwarten. Die Auswirkungen in den zervikalen Untersuchungsparametern auf einen selektiv zervikal provozierenden Test sind nicht bekannt. Da die vestibulären Kopfgelenke zumindest palpatorisch als störungsfrei befundet wurden, kann es plausibel sein, dass im RET keine Parameteranstiege zu registrieren sind.

Anders im Kopfxekursionstest (KET). Hier besteht zum RET ein signifikanter Testunterschied (Abb. 4). Wurde der Kopf als Punctum mobile in Ante- und Retroflexion (Vektoränderung der Schwerkraft im Gleichgewichtsorgan) gegenüber dem statischen Rumpf auf Modulationen des Vertikalnystagmus untersucht, so konnte eine signifikante Steigerung der Vertikalnystagmusaktivi-



**Abb. 7** ▲ Altersgruppenvergleich des UBN und DBN im KET. UBN und DBN im KET mit „Punctum mobile: Kopf“ im Altersgruppenvergleich (Gruppe<sup>26</sup>, Gruppe<sup>50</sup>), mit dem U-Test nach Mann-Whitney für unverbundene Stichproben überprüft; Ergebniserfassung gemäß dem Auswertungsmodell anhand des Nystagmuscores: Maximal war je Proband und je Nystagmusdimension (DBN und UBN) ein Score für Flexion von je 6 Punkten zu erreichen. (Gruppe<sup>26</sup> 18.–39. Lebensjahr, Gruppe<sup>50</sup> 40.–66. Lebensjahr, Flexion Summe aus Ante- und Retroflexion, UBN Upbeat-Nystagmus, DBN Downbeat-Nystagmus, \* Flexion DBN  $p < 0,001$ )

tät im Vergleich zur Baseline (SPN) im KET registriert werden.

In dem schwerkraftabhängigen KET zeigte zudem der Altersgruppenvergleich eine signifikante Steigerung der Vertikalnystagmen in der Gruppe<sup>50</sup> (Abb. 6).

Statistisch formuliert heißt das, wir können nur im KET einen stark schwerkraft- und altersabhängig gebundenen Effekt beschreiben.

In Arbeiten von Fernandez et al. und Clarke et al. wird bestätigt, dass die Vektoränderung der Otolithen zur Schwerkraft bei gehaltener Kopfauslenkung einen konstanten Beschleunigungsreiz bedeutet [1, 2]. Pierrot-Deseilligny fand, dass bei Patienten mit zentralvestibulär ausgelösten Vertikalnystagmen durch Änderungen in der Schwerkraft in ihrer Aktivität beeinflusst werden können [8].

In Bezug auf den Alterseffekt stimmen unsere Befunde ebenfalls mit den

**Tab. 2** Charakterisierung der Gesamtstichprobe und der Altersgruppen

Gruppe	Anzahl	Alter		Geschlecht	
	n	„Range“	M	m	w
Gruppe <sup>50</sup>	50	40–66	50,28	22	28
Gruppe <sup>26</sup>	50	18–39	26,64	26	24
Gesamt	100	18–66	38,46	48	52

n Anzahl, „Range“ Bereich, M Mittelwert, m männlich, w weiblich, Gruppe<sup>26</sup> (Md = 26), Gruppe<sup>50</sup> (Md = 50)

Erkenntnissen von Ishiyama et al. überein. Die Autoren fanden, dass sich der Bestand an Zellen des Innenohrs mit der Zeit progressiv vermindert [5]. Schweigart et al. untersuchten, ob ein vestibuläres Defizit aufgrund von Alterungsprozessen durch die Propriozeptoren des Nackens auszugleichen sei und stellten fest, dass die Aufgaben ohne propriozeptive Informationen wesentlich schlechter gelöst werden konnten, als mit deren Hilfe [10]. Die Erkenntnisse von Schweigart et al. und Kelders et al. untermauern den Verlust vestibulärer Funktion im Alter [6, 10]. Auch scheint sich die Annahme einer höheren Störfähigkeit auf die Reizung des peripheren Vestibularorgans, besonders der Otolithen, im älteren Probandenkollektiv zu bestätigen. Der Reaktionsunterschied zwischen den Altersgruppen könnte als eine gesteigerte Sensibilität gegenüber afferenten Reizeinströmen auf den Vestibulariskernkomplex und ein progredienter vestibulärer Funktionsverlust im Alter interpretiert werden [5].

Bei der Analyse der Vertikalnystagmen bestätigten sich Ergebnisse eigener Vorarbeiten, nämlich ein signifikant häufigeres Auftreten von Upbeat-Nystagmen (UBN) im Vergleich zu Downbeat-Nystagmen (DBN;  $p < 0,001$ ; [3, 4]; **Tab. 2**).

Interessanterweise sehen wir einen Alterseffekt in der Vertikalnystagmusanalyse. Nur in Gruppe<sup>50</sup> finden sich im KET signifikant mehr DBN (**Abb. 7**). Im Alter ist ein verstärktes Auftreten von idiopathischen DBN auch von Wagner et al. beschrieben worden [11]. Die Arbeitsgruppe von Marti et al. beschreibt, dass auch eine statische Kopfauslenkung einen DBN hervorrufen kann [7]. Dies wird von verschiedenen Autoren mit spinocerebellärer Degeneration, Multisystematrophie und degenerativen vaskulären Läsionen erklärt [5, 11].

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein DBN aufgrund seines alters- und schwerkraftabhängigen Effekts am ehesten als vestibulär-degeneratives Zeichen interpretiert werden könnte.

Wie der UBN im KET zu interpretieren ist, ist aufgrund der in der Einleitung dargelegten Grundannahme einer Rezeptorsubstitution zwischen dem Vestibularapparat und den vestibulären Kopf Gelenken als schwierig einzustufen. Es wird klar, dass im KET während der 90-sekündigen Kopfflexionshaltung gleichermaßen zervikale wie vestibuläre Sensoren einen adäquaten Reiz für einen UBN erhalten haben. Analysiert man an dieser Stelle den UBN im Altersgruppenvergleich, so lässt sich zeigen, dass der UBN im KET eben keinen Altersunterschied aufweist. Wäre der signifikante UBN-Anstieg auf ein rein vestibuläres Geschehen zurückzuführen, dann wäre naturgemäß mit vestibulären Funktionseinschränkungen zu rechnen, für die es aber keinen Anhalt in den DHI-Scores gibt. Dass sich kein Altersunterschied in unseren UBN-Ableitungen zeigte, verlagert die Interpretation von dem eigentlich zu erwartenden Alterungsprozess – Degeneration von vestibulären Sensorzellverbänden des Vestibularapparats – auf den Abstimmungsprozess der Rezeptorsubstitution. Da der UBN nur in schwerkraftabhängiger Position signifikant auffindbar ist, in der die intra- und extrakraniellen Sensoren ineinandergreifen müssten, kann dies bei fehlender Blickfixierung und intakten Bewegungssegmenten als schwacher Hinweis eines Mismatches innerhalb der vestibulären Rezeptorsubstitution gewertet werden.

## Fazit für die Praxis

Aufgrund der täglichen vertikalen Kopf-Körper-Bewegung unserer Patienten müssen wir mehr auf die vertikalen Nystagmen in der täglichen Praxis achten.

## Korrespondenzadresse



**Priv.-Doz. Dr. med. M. Hölzl**  
 Universitätsklinik für Hals-,  
 Nasen- und Ohrenheilkunde,  
 Otto-von-Guericke-  
 Universität Magdeburg  
 Leipziger Str. 44,  
 39120 Magdeburg,  
 Deutschland  
 matthias.hoelzl@hno.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** A. Lappat, L.J. Dorn und M. Hölzl geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethik-Kommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor. Alle Patienten, die über Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts zu identifizieren sind, haben hierzu ihre schriftliche Einwilligung gegeben.

## Literatur

- Clarke AH, Kornilova L (2007) Ocular torsion response to active head-roll movement under one-g and zero-g conditions. *J Vestibul Res-Equib* 17:99–111
- Fernandez C, Goldberg JM (1976) Physiology of peripheral neurons innervating otolith organs of the squirrel monkey. I. response to static tilts and to long-duration centrifugal force. *J Neurophysiol* 39:970–984
- Hölzl M, Gabel P, Weikert S et al (2009) Influence of different head-trunk positions to the upbeat-nystagmus. *Laryngorhinootologie* 88:92–100
- Hölzl M, Weikert S, Gabel P et al (2008) Cervicoproprioceptive provocation of horizontal and vertical nystagmus in test subjects. *HNO* 56:1013–1019
- Ishiyama G (2009) Imbalance and vertigo: the aging human vestibular periphery. *Semin Neurol* 29:491–499
- Kelders WP, Kleinrensink GJ, Van Der GJN et al (2003) Compensatory increase of the cervicocolar reflex with age in healthy humans. *J Physiol (Lond)* 553:311–317
- Marti S, Palla A, Straumann D (2002) Gravity dependence of ocular drift in patients with cerebellar downbeat nystagmus. *Ann Neurol* 52:712–721
- Pierrot-Deseilligny C (2009) Effect of gravity on vertical eye position. In: *Basic and clinical aspects*

- of vertigo and dizziness. Wiley-Blackwell, New York, S 155–165
9. Sadeghi SB, Minor LB, Cullen KE (2012) Neural correlates of sensory substitution in vestibular pathways following complete vestibular loss. *J Neurosci* 17:14685–14695
  10. Schweigart G, Chien RD, Mergner T (2002) Neck proprioception compensates for age-related deterioration of vestibular self-motion perception. *Exp Brain Res* 147:89–97
  11. Wagner JN, Glaser M, Brandt T et al (2008) Downbeat nystagmus: aetiology and comorbidity in 117 patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 79:672–677



## Aktuell und umfassend: Ihre **Online-Bibliothek** HNO-Heilkunde

Mit e.Med, dem Kombi-Abo von SpringerMedizin.de, haben Sie Zugang zu 17 deutschsprachigen und internationalen Zeitschriften im Bereich Orthopädie/Unfallchirurgie.

### Zeitschriftenauswahl Orthopädie/Unfallchirurgie

#### ▶ Internationale Titel

BMC Ear, Nose and Throat Disorders  
 Current Otorhinolaryngology Reports  
 European Archives of Oto-Rhino-Laryngology  
 Head & Face Medicine  
 Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery  
 Journal of Maxillofacial and Oral Surgery  
 Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery  
 Journal of the Association for Research in Otolaryngology

#### ▶ Deutschsprachige Titel

Allergo Journal  
 HNO  
 HNO-Nachrichten

**Testen Sie e.Med 30 Tage kostenlos und unverbindlich!**

Jetzt informieren unter  
[www.springermedizin.de/eMed](http://www.springermedizin.de/eMed)  
 oder telefonisch unter 0800-77 80 777  
 (Montag bis Freitag, 10 bis 17 Uhr)

