

Allgemeiner Musterbeitrag

Muster-Untertitel

» Prägnanter Titel ggf.
erläuternder Untertitel

Schwindel stellt für betroffene Patienten ein ernstes, aber kein lebensbedrohliches Phänomen dar. Obwohl in der Literatur vielfach ein Schwindeltraining empfohlen wird, werden Patienten mit einer Neuropathia vestibularis oft nur medikamentös behandelt und selten einer sporttherapeutischen Intervention unterzogen. Dabei könnte ein zielstrukturiertes Schwindeltrainingsprogramm die Haltungs- und Gleichgewichtsregulation sowie den Verlauf der Kompensation positiv beeinflussen. In diesem Beitrag werden das entwickelte sensomotorische Trainingsprogramm sowie deren Auswirkungen vorgestellt.

» Der kurze Trailer (max. 600 Zeichen) führt den Leser zum Thema hin und stellt die Praxisrelevanz des Beitrags dar

Das Symptom Schwindel stellt einen der Hauptgründe für eine Konsultation beim Hausarzt dar. Die peripher-vestibulären Störungen sind dabei die am häufigsten vorkommende Form des Schwindels [14].

Zu den peripher-vestibulären Störungen zählen u. a. neben dem benignen paroxysmalen Lagerungsschwindel und dem M. Menière auch die Neuropathia vestibularis (NV), deren Krankheitsbild und Rehabilitation Gegenstand dieses Forschungsprojekts war.

Die NV stellt die zweithäufigste Diagnose in der Schwindelspezialambulanz dar [2, 14]. Unter einer peripher-vestibulären Störung versteht man eine Störung im Bereich des Labyrinths und des retrokollinären Gebiets (VIII. Nerv).

Über die Ätiologie der NV ist bislang relativ wenig bekannt. Neben vaskulären, entzündlichen und toxischen Störungen können auch biochemische Defizite (z. B. Energieträgermangel in der Zelle, Sauerstoffmangel) mögliche Auslöser der Erkrankung sein.

Die Behandlung der NV besteht i. d. R. aus zehntägigen stationären Rehabilitationsmaßnahmen. Während des stationären Aufenthalts wird der Patient mit einer Infusionstherapie und der Gabe von Kortikosteroiden (symptomatische Therapie; kausal: Glukokortikoiden) sowie mit einfachen rehabilitativen (physiotherapeutischen) Maßnahmen (z. B. Blickübungen, Kopfbewegungen, Gleichgewichtsübungen) behandelt.

Sensomotorisch akzentuierte Rehabilitationsprogramme finden sich nur vereinzelt [6], weil auch die Messbarkeit diesbezüglicher Interventionseffekte sehr problematisch ist.

Obwohl die Bedeutung der Mobilisation bzw. Bewegungstherapie für Patienten mit NV bereits bekannt und unstrittig ist, existieren in Deutschland keine standardisierten, evidenzbasierten Rehabilitationskonzepte.

In den letzten Jahren fanden auch vermehrt neue, teilweise apparative Trainingsverfahren wie z. B. Biofeedback, Virtual Reality, Dynamic Posturography, etc. Anwendung in der Rehabilitation [1, 7].

» Literaturhinweise werden durch Ziffern in eckigen Klammern im Text erwähnt

Ziel dieses Forschungsprojekts war es, ein gestuftes und standardisiertes Rehabilitationsprogramm unter Verwendung einfacher (Aerostep) und komplexer (Spacecurl) sensomotorischer Trainingsmittel im Rahmen einer kontrollierten, quasiexperimentellen Längsschnittuntersuchung bei Patienten mit NV zu entwickeln und zu evaluieren.

Als Zielparame-ter wurden die Haltungs- und Gleichgewichtsregulation, posturale Subsysteme und der Kompensationsverlauf mittels otoneurologischer Untersuchungen (Computernystagmographie, CNG) verwendet.

Letztlich verbanden sich mit diesem Rehabilitationsprogramm folgende Zielstellungen:

- Verringerung der Schwindelsymptomatik,
- Verringerung bzw. Beseitigung funktioneller (sensomotorischer) Defizite,
- Verbesserung der Haltungsregulation, insbesondere peripher-vestibulärer Steuerungsmechanismen,
- Verbesserung der Körperwahrnehmung und -haltung,
- Anleitung und Motivation zum selbstständigen Heimtraining.

Methodik

Stichprobe

Die Untersuchungsstichprobe bestand aus 68 Probanden im Alter von 15–90 Jahren (Durchschnittsalter: 52,1 ± 15,3 Jahre), die

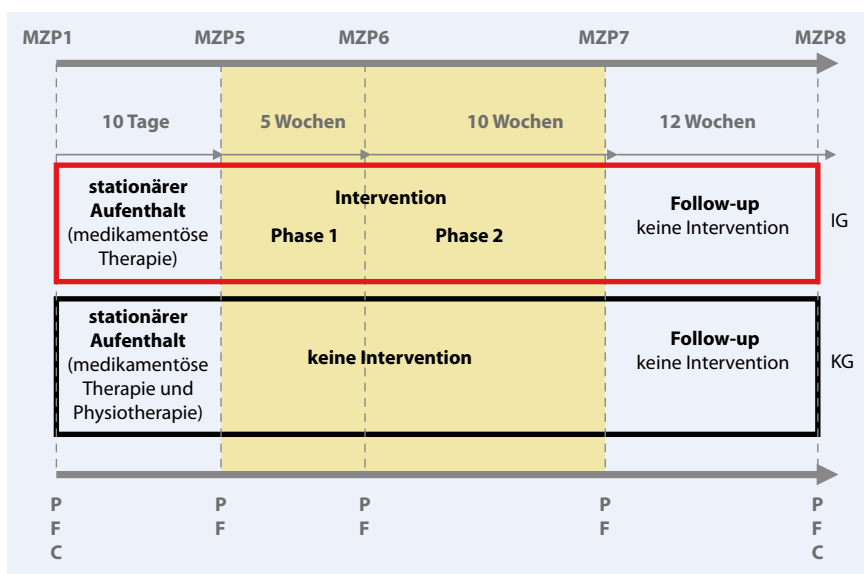
Tab. 1 Charakterisierung der Gesamtstichprobe (n = 68)

Gruppe	Alter (Jahre)		Größe (m)		Gewicht (kg)	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Kontrollgruppe (KG; n = 34)	53,3	± 15,0	1,73	± 0,89	80,8	± 15,1
Interventionsgruppe (IG; n = 34)	50,9	± 15,8	1,74	± 0,98	81,4	± 16,9
Gesamt (n = 68)	52,1	± 15,3	1,73	± 0,93	81,1	± 15,9
Signifikanz (p-Wert)	0,52		0,58		0,88	

MW Mittelwert, SD „standard deviation“, Standardabweichung.

Tab. 2 Funktionelle Frequenzbereiche der Fourier-Analyse [5, 11, 15]

Frequenzbereich (Hz)	Posturales Subsystem
0,03–0,1 (F1)	Visuelles und nigrostriatales System
0,1–0,5 (F2–F4)	Peripher-vestibuläres System
0,5–1,0 (F5–F6)	Somatosensorisches System
≥ 1,0 (F7–F8)	Zerebelläres System

**Abb. 1** ▲ Schematischer Untersuchungsablauf. MZP Messzeitpunkt; P Posturographie; F Fragebogenuntersuchung; C Computernystagmographie; IG Interventionsgruppe; KG Kontrollgruppe

einer Interventions- (n = 34) und einer Kontrollgruppe (n = 34) zugewiesen wurden. Die Patienten wurden aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Halle (Saale) und der HNO-Klinik des Klinikums Martha-Maria Halle (Saale) rekrutiert (■ **Tab. 1**).

In den Parametern Alter ($p = 0,52$), Größe ($p = 0,58$), Gewicht ($p = 0,88$) und Geschlecht ($\chi^2 = 0,697$; $p = 0,404$) unterschieden sich beide Gruppen nicht voneinander. Bei der Lokalisation der Schädigung wurde bei 36 Patienten eine rechtsseitige, bei 31 Patienten linksseitige und

bei einem Patienten eine beidseitige Störung diagnostiziert.

Untersuchungsablauf

Zu Beginn der Studie wurden alle Patienten über Studienziele, Untersuchungsablauf und verwendete Untersuchungsmethoden durch eine Probandeninformation aufgeklärt. Darüber hinaus wurde eine schriftliche Einverständniserklärung der Patienten eingeholt.

Innerhalb des 10-tägigen stationären Aufenthalts wurden die Patienten am 1. (Messzeitpunkt 1, MZP 1) und 10. Tag

(MZP 5) postural

(■ **Abb. 1**). Die

neurologischen

fand am ersten (

Messzeitpunkt st

Die medikam

tete eine durchb

logisch wirksame Infusion (z. B. Trental®)

und ggf. die Verabreichung von Antieme-

tika (z. B. Vomex®).

Zum MZP 1 wurden die Patienten aufgenommen und den 2 Gruppen (Interventionsgruppe, IG, und Kontrollgruppe, KG) zugewiesen. In der Akutphase (MZP 1–MZP 5) erhielten beide Gruppen eine medikamentöse Therapie und die Kontrollgruppe zusätzlich noch physiotherapeutische Übungen. Da das Trainingsgerät Spacecurl nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung stand, war keine Randomisierung möglich und die ersten 34 Patienten wurden der Kontrollgruppe (KG) zugewiesen. Für die Probanden der IG schloss sich eine fünf-wöchige Intervention auf dem Aerostep (Trainingsphase I, MZP 5–6) sowie eine zehn-wöchige Intervention unter Verwendung des Spacecurls (Trainingsphase II, MZP 6–7) an. In diesem Zeitraum (MZP 5–7) führten die Probanden der KG keine physio- oder sporttherapeutischen Übungen durch. Der sich anschließende 12-wöchige Nachbeobachtungszeitraum (MZP 7–8) war für beide Gruppen identisch und sah keine physio- oder sporttherapeutische Einflüsse.

Posturographie

Zur Messung der Haltezeit wurde das Interaktive Balance System (IBS) von Fa. Neurodata GmbH, Wien) verwendet. Dieses Messsystem bietet die Möglichkeit einer vielfältigen und differenzierten Analyse der auftretenden Vertikalkräfte sowie die Zuordnung der einzelnen Frequenzbereiche (Fourier-Analyse) zu den posturalen Subsystemen (■ **Tab. 2**).

Das IBS basiert auf der separaten Messung von Vertikalkräften auf 4 Kraftmessplattformen mittels Dehnungsmessstreifen, die in einem nach anterior offenen Winkel von 30° angeordnet sind. Es erfasst differenziert die Vertikalkräfte von Vor- und Rückfuß und setzt diese in Beziehung zueinander. Mit der Synchroni-

» Abbildungen und Tabellen werden entsprechend der Reihenfolge im Text durchnummeriert

» Aussagekräftige Zwischenüberschriften: Vier Hierarchien sind möglich

M. Mustermann

Allgemeiner Musterbeitrag

Zusammenfassung

Hintergrund. Zur sporttherapeutischen Behandlung bei Patienten mit Neuropathia vestibularis (NV) existieren gegenwärtig in Deutschland keine evidenzbasierten Rehabilitationskonzepte. Die Evaluierung eines standardisierten sensomotorischen Rehabilitationsprogramms war übergeordnetes Ziel dieser Längsschnittuntersuchung.

Methodik. An der Studie nahmen 30 Patienten mit NV teil. Die Gesamteinheit umfasste 30 Trainingseinheiten (10 TE Aerostep; 20 TE Space) und wurde mittels Posturographie (Posturale Stabilität, posturale Stabilität, otoneurologischer Untersuchung) und kalorische Prüfung und Kompensationsgrad) evaluiert.

Ergebnisse. Bezüglich der posturalen Stabilität ($p = 0,019$) und zerebellärer Steuerungs-

mechanismen ($F7-8: p = 0,033$) konnten signifikante Interaktionseffekte beobachtet werden. Hinsichtlich der kalorischen Erregbarkeit wurden über den Interventionszeitraum keine Effekte beobachtet. Jedoch gab es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Grad der Kompensation und der Gruppenzugehörigkeit (Chi-Quadrat: 9,821; $p = 0,007$).

Diskussion. Die sensomotorische Interventionseinheiten mit Posturographie, erwies sich im Vergleich zu den üblichen Rehabilitationsmaßnahmen, die posturale Stabilität und die Erholung des Innenorgans hatte die besten Ergebnisse.

Schlüsselwörter

Sensomotorisches Training · Posturographie · Neuropathia vestibularis · Kompensation

» Gegliederte Zusammenfassung und englisches Abstract: jeweils max. 1.800 Zeichen inkl. Leerzeichen

Example Article

Abstract

Background. Complex sensorimotor training can improve the postural stability of patients with vestibular neuropathy. Particularly the efficiency of the cerebellar system was significantly improved. In addition, the results show that the affected peripheral vestibular system cannot be influenced directly, regardless of the kind of rehabilitation measure used.

Materials and methods. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean commodo ligula eget dolor. Aenean massa. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec quam felis, ultricies nec, pellentesque eu, pretium quis, sem. Nulla consequat massa quis enim. Donec pede justo, fringilla vel, aliquet nec, vulputate eget, arcu.

Results. In enim justo, rhoncus ut, imperdiet a, venenatis vitae, justo. Nullam dictum felis eu pede mollis pretium. Integer tincidunt. Cras dapibus. Vivamus elementum semper nisi. Aenean vulputate eleifend tellus. Aenean

leo ligula, porttitor eu, consequat vitae, eleifend ac, enim. Aliquam lorem ante, dapibus in, viverra quis, feugiat a, tellus. Phasellus viverra nulla ut metus varius laoreet.

Conclusion. Quisque rutrum. Aenean imperdiet. Etiam ultricies nisi vel augue. Curabitur ullamcorper ultricies nisi. Nam eget dui. Etiam rhoncus. Maecenas tempus, tellus eget condimentum rhoncus, sem quam semper libero, sit amet adipiscing sem neque sed ipsum. Nam quam nunc, blandit vel, luctus pulvinar, hendrerit id, lorem. Maecenas nec odio et ante tincidunt tempus. Donec vitae sapien ut libero venenatis faucibus. Nullam quis ante. Etiam sit amet orci eget eros faucibus tincidunt. Duis leo. Sed fringilla mauris sit amet nibh. Donec sodales sagittis magna. Sed consequat, leo eget bibendum sodales, augue velit cursus nunc, quis gravida magna mi a libero.

Keywords

Sensorimotor training
Vestibular neuropathy

» max. 5 Schlüsselwörter und englische Keywords (MeSH-Term-konform)

Kalorische Prüfung

Die kalorische Prüfung gehört zur Routinevestibularisdiagnostik bei Verdacht auf peripher-vestibuläre Störungen. Sie stellt keine isolierte Messmethode dar, sondern eine Abfolge verschiedener Testreihen, mit denen peripher-vestibuläre Störungen diagnostiziert werden können.

Bei der Durchführung der kalorischen Prüfung mit dem Hortmann-Computernystagmographen wurde dem Patienten Wasser mit einer Temperatur von 30°C (Kaltspülung) bzw. 44°C (Warmspülung) in den äußeren Gehörgang gespült. Die verabreichte Spülmenge variierte zwischen 50 und 100 ml, die Dauer der Spülung lag bei 30 s, um eine an-

sation zwischen den Schwankungsmustern der 4 Kraftmessplattformen, den Frequenzbändern der Fourier-Analyse und dem Gewichtsverteilungsindex wird die Routinediagnostik dabei sinnvoll ergänzt.

Die Untersuchung erfolgte ohne Schuhe standardisiert in 8 Testpositionen [4, 10]:

1. NO: Augen offen, Kopf gerade
2. NC: Augen geschlossen, Kopf gerade
3. PO: Augen offen, Kopf gerade, auf Schaumstoffpolster stehend
4. PC: Augen geschlossen, Kopf gerade, auf Schaumstoffpolster stehend
5. HR: Augen geschlossen, Kopf 45° nach rechts rotiert
6. HL: Augen geschlossen, Kopf 45° nach links rotiert
7. HB: Augen geschlossen, Reklination des Kopfes
8. HF: Augen geschlossen, Anteversion des Kopfes

Die Testzeit betrug in jeder Position 30 s (Sampling-Frequenz: 32 Hz). Für die Messung wurde der Proband aufgefordert, in der entsprechenden Testposition, möglichst ruhig, aber dennoch locker zu stehen, visuell einen Punkt in Augenhöhe (NO und PO) zu fixieren und nicht zu sprechen.

Neben den 4 Frequenzbereichen der Fourier-Analyse liegen der posturographischen Ergebnisdarstellung folgende ausgewählte Parameter zugrunde:

- Der Stabilitätsindikator (ST) gibt den Zustand der allgemeinen Stabilität an. Er berechnet sich aus der Quadratwurzel der Summe der quadrierten Differenzen zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Druckschwankungssignalen (Abtastrate: 32 Hz). Demzufolge ist die posturale Instabilität des Probanden umso höher, je größer der Betrag des Stabilitätsindikators ist.
- Der Summenscore (SS) stellt eine diskrete Variable dar, die auf der Basis der 4 Standardabweichungsintervalle des „postural summary sheet“ über alle Parameter und Testpositionen gebildet wird. Je niedriger der Summenscore, desto besser die Haltungsregulation [9].

Tab. 3 Inhalte der Trainingsphase I (Aerostep) im Überblick

Trainings-einheit	Inhalte
1–3	– Wahrnehmungsschulung – Einachsige Bewegungen primär um die Transversalachse – Training von Stellreaktionen
4–7	– Schulung der Haltungs- bzw. Gleichgewichtsregulation (GR) – Bewegungen um die Sagittalachse und die Transversalachse – Stellreaktionen mit 45° Kopfstellung nach rechts, links, oben und unten
8–10	– Schulung der GR unter verschiedenen Bedingungen – Diagonalbewegungen in Kopfpositionen rechts anterior – links posterior sowie links anterior – rechts posterior

Tab. 4 Inhalte der Trainingsphase II (Spacecurl) im Überblick

Trainings-einheit	Inhalte
1–3	– Wahrnehmungsschulung – Einachsige Bewegungen primär um die Transversalachse – Training von Stellreaktionen
4–7	– Schulung der Haltungs- bzw. Gleichgewichtsregulation (GR) – Bewegungen um die Sagittal- und Transversalachse – Stellreaktionen mit 45° Kopfstellung nach rechts, links, oben und unten
8–10	– Schulung der GR unter komplexen Bedingungen – Diagonalbewegungen in Kopfpositionen rechts anterior – links posterior sowie links anterior – rechts posterior
11–15	– Schulung der Bewegungsvielfalt – Diagonal- und Rotationsbewegungen um die eigene Achse – Komplexe Bewegungen um alle Achsen
16–20	– Schulung der Feinkoordination und der variablen Verfügbarkeit – Komplexbewegungen mit 45° Kopfstellung nach rechts, links, oben und unten

Tab. 5 Zweifaktorielle (Zeit, Gruppe), univariate (Summenscore bzw. Stabilitätsindikator) Varianzanalyse (Posturographie-Outputparameter) mit Messwiederholung (df:66;1;1)

Haupteffekte	F ^a	p ^b	η ^{2c}
<i>Abhängige Variable: Summenscore (SS)</i>			
Zeit	26,06	< 0,001	0,283
Gruppe	0,005	0,941	< 0,001
Zeit*Gruppe	1,558	0,187	0,023
Zeit*Gruppe (MZP 1 – MZP 5)	0,002	0,967	0,000
Zeit*Gruppe (MZP 5 – MZP 7)	1,856	0,178	0,027
Zeit*Gruppe (MZP 7 – MZP 8)	1,260	0,266	0,019
<i>Abhängige Variable: Stabilitätsindikator (ST)</i>			
Zeit	14,02	< 0,001	0,177
Gruppe	0,051	0,821	0,001
Zeit*Gruppe	1,407	0,237	0,021
Zeit*Gruppe (MZP 1 – MZP 5)	0,139	0,710	0,002
Zeit*Gruppe (MZP 5 – MZP 7)	5,824	0,019	0,082
Zeit*Gruppe (MZP 7 – MZP 8)	0,622	0,433	0,009

^a F-Wert gibt Varianzunterschiede bei zwei unabhängigen Stichproben an, ^b zweiseitige Signifikanz $p < 0,05$, ^c Partielles Eta-Quadrat gibt den Anteil der aufgeklärten Varianz auf der Stichprobenebene an. MZP 1–5 stationärer Aufenthalt, MZP 5–7 sensomotorische Intervention (Aerostep + Spacecurl) MZP 7–8 Follow-up, df Freiheitsgrade.

gemessene Reaktion hervorzurufen. Mit den wichtigsten Parametern wie z. B. der Schlagzahl der Nystagmen, der Winkelgeschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase (GLP) sowie der Amplitude lassen sich einseitige Über- oder Untererregbarkeiten bzw. Ausfälle des peripheren-vestibulären Systems feststellen. Im Fall dieser Studie wurden die GLP als Verlaufsbeurteilung für den Grad der Kompensation genutzt.

Um die Erregbarkeit der Gleichgewichtsorgane zu beurteilen, wurden die Seitendifferenz (SeD) und das Richtungsüberwiegen (RÜ) der Geschwindigkeit der des Nystagmus bei bestimmt. den Verlauf der zu beurteilen, der kalorischen Teilkompensation und Remission zusammengefasst.

- Die subjektive Beschwerdefreiheit und vestibulär seitengleiche Erregbarkeit der Vestibularorgane ohne Nachweis eines Spontannystagmus wurde als *Remission* der Erkrankung bewertet.
- Die subjektive Beschwerdefreiheit bei vestibulär nachweisbarer asymmetrischer Erregbarkeit der Vestibularorgane mit und ohne Nachweis eines Spontannystagmus wurde als *Kompensation* der Erkrankung gewertet.
- Das Vorliegen von subjektiven Beschwerden bei vestibulär nachweisbarer asymmetrischer Erregbarkeit der Vestibularorgane wurde als *Teilkompensation* der Erkrankung bewertet.

Sensomotorisches Bewegungsprogramm

Diese neuen, innovativen Trainingsgeräte stellen die zentralen Bestandteile des Rehabilitationskonzepts dar. Die Kombination der Trainingsgeräte Aerostep und Spacecurl erfolgte einerseits im Interesse einer sukzessiven Erhöhung der Beanspruchung der Probanden. Andererseits verband sich damit die Absicht, die posturalen Subsysteme zielgerichteter beeinflussen zu können (Aerostep: somatosensorisch, Spacecurl: peripher-vestibulär). In der Trainingsphase II sollte durch das

» Tabellen haben eine kurze Überschrift und sind klar strukturiert. Erläuterungen zur Tabelle gehören in die Tabellenfußnote



Abb. 2 ▲ Übungsbeispiele auf dem Aerostep. **a** Werfen und Fangen eines Balls auf festem Untergrund, **b** Stehen auf dem Aerostep mit geschlossenen Augen, **c** Fangen eines Balls auf dem Aerostep, **d** Einbeinstand auf dem Aerostep

Training im Spacecurl das periphere vestibuläre System wieder sukzessive an volle Funktionsfähigkeit herangeführt werden.

Für beide Geräte wurden von Schwesig et al. [8, 9] standardisierte Trainingsprogramme entwickelt und diese in Längsschnittuntersuchungen an Rückenschmerzpatienten (Spacecurl) sowie Osteoporosepatienten und gesunden Älteren (Aerostep) evaluiert.

» Abbildungslegenden sind möglichst kurz. Lange Erläuterungen zu den Abbildungen werden in den Fließtext integriert

Luftkissen mit sowohl genoppter als auch glatter (sensitiver) Oberfläche. Durch das Anforderungsprofil (instabiler Untergrund, Noppenoberfläche) sollte ein effektives Training der posturalen Subsysteme, v. a. des somatosensorischen Systems, möglich sein [6]. Das im Folgenden vorgestellte standardisierte Trainingsprogramm (Tab. 3) kam für Patienten mit NV im Anschluss an den stationären Aufenthalt zur Anwendung und wurde inner-

halb von 5 Wochen je 2-mal pro Woche durchgeführt. Die jeweils 30-minütigen Trainingseinheiten beinhalteten eine kurze Erwärmung (5 min) sowie funktionelle Übungen. Die Erwärmung in der ersten

» Abbildungen (Fotos, Algorithmen, Grafiken) sind erwünscht (max. 6 pro Beitrag), dienen der Veranschaulichung und ergänzen den Text sinnvoll

der vestibulospinalen Reflexbögen mit und ohne visuelle Kontrolle zum Ziel hatten, wurden sowohl auf festem Untergrund als auch auf dem Aerostep durchgeführt (Abb. 2). Anfangs erfolgte das Training auf dem Fußboden, um die Leistungsfähigkeit des Patienten abschätzen zu können. Im Folgenden wurde das Training fast ausschließlich auf dem Aerostep und nur punktuell auf dem Fußboden durchgeführt. Dies mit der Absicht, die Unterschiedlichkeit des Untergrunds immer wieder bewusst („fühlbare“) zu machen, um die somatosensorische Afferenz des Patienten zu stimulieren.

Im weiteren Verlauf wurden zunehmend Übungen mit verschiedenen Kopfpositionen sowie Übungen in der Bewegung in das Trainingsprogramm integriert, sodass das vestibuläre System vermehrt dynamisch trainiert wurde. Zusätzlich ermöglichten externe Hilfsmittel (z. B. verschiedene Bälle) eine Fixierung/Ablenkung des visuellen Systems zur Verstärkung der Reizkonstellationen. Beispielsweise sollte durch die Verwendung unterschiedlicher Bälle (Tennisball, kleiner Handball) und der damit verbundenen differierenden Reize (Flugeigenschaften; Gewicht usw.) eine visuelle und somatosensorische Gewöhnung an das Hilfsmittel vermieden werden.

Trainingstherapie mit dem Spacecurl – Trainingsphase II

Bei dem Trainingsgerät Spacecurl (Fa. Physio Börse, Wittlich) handelt es sich um eine kardanische Aufhängung, in der der Patient auf einer höhenverstellbaren Plattform steht und allseitig drehbar gelagert ist. Innerhalb dieser Aufhängung ist es dem Patient durch Gewichtsverlagerungen möglich, Bewegungen um alle Achsen des Raums, außer-

Tab. 6 Zweifaktorielle (Zeit, Gruppe), univariate (Frequenzbereiche) Varianzanalyse (Posturographie-Prozessparameter) mit Messwiederholung (df:66;1;1)

Haupteffekte	F ^a	p ^b	η^2 ^c
<i>Abhängige Variable: F1 (0,03–0,1 Hz)</i>			
Zeit	4,178	0,002	0,060
Gruppe	0,946	0,334	0,014
Zeit*Gruppe	0,714	0,589	0,011
Zeit*Gruppe (MZP 1 – MZP 5)	0,503	0,481	0,007
Zeit*Gruppe (MZP 5 – MZP 7)	0,759	0,387	0,012
Zeit*Gruppe (MZP 7 – MZP 8)	2,603	0,111	0,039
<i>Abhängige Variable: F2–4 (0,1–0,5 Hz)</i>			
Zeit	21,03	<0,001	0,244
Gruppe	0,434	0,512	0,007
Zeit*Gruppe	0,708	0,548	0,011
Zeit*Gruppe (MZP 1 – MZP 5)	0,142	0,707	0,002
Zeit*Gruppe (MZP 5 – MZP 7)	1,787	0,186	0,027
Zeit*Gruppe (MZP 7 – MZP 8)	0,742	0,392	0,011
<i>Abhängige Variable: F5–6 (0,5–1,0 Hz)</i>			
Zeit	11,13	<0,001	0,146
Gruppe	0,003	0,955	<0,001
Zeit*Gruppe	0,703	0,585	0,011
Zeit*Gruppe (MZP 1 – MZP 5)	0,700	0,406	0,010
Zeit*Gruppe (MZP 5 – MZP 7)	3,602	0,062	0,053
Zeit*Gruppe (MZP 7 – MZP 8)	0,201	0,655	0,003
<i>Abhängige Variable: F7–8 (> 1,0 Hz)</i>			
Zeit	10,72	<0,001	0,142
Gruppe	0,152	0,698	0,002
Zeit*Gruppe	1,564	0,195	0,023
Zeit*Gruppe (MZP 1 – MZP 5)	0,968	0,329	0,014
Zeit*Gruppe (MZP 5 – MZP 7)	4,744	0,033	0,068
Zeit*Gruppe (MZP 7 – MZP 8)	0,020	0,889	<0,001

^a F-Wert gibt Varianzunterschiede bei zwei unabhängigen Stichproben an, ^b zweiseitige Signifikanz $p < 0,05$, ^c Partielles Eta-Quadrat gibt den Anteil der aufgeklärten Varianz auf der Stichprobenebene an. MZP 1–5 stationärer Aufenthalt, MZP 5–7 sensorische Intervention (Aerostep + Spacecurl) MZP 7–8 Follow-up, df Freiheitsgrade.

halb der sonst üblichen Orthogonalität, durchzuführen.

Die mehrdimensionalen Bewegungen erfolgen in rascher Folge, verbunden mit kleinen Amplituden, adäquaten Stellreaktionen sowie aus einer physiologischen Grundhaltung heraus. Durch die Variation der Ausgangs- und Endstellungen, der Bewegungsamplituden und letztlich durch die Anzahl der Freiheitsgrade in Abhängigkeit von den freigegebenen, drei separaten Ringen, ergeben sich eine Vielzahl motorischer Aufgaben mit unterschiedlichsten Schwierigkeitsgraden (■ Tab. 4).

Durch die Fixierung am Becken und die feste Verankerung der Füße auf der höhenverstellbaren Plattform wird zu-

dem das Sturz- und Verletzungsrisiko minimiert.

Bezüglich der individuellen Gestaltung des Rehabilitationsprozesses ist zu bemerken, dass alle Patienten ein unterschiedliches Ausgangsniveau hatten und es somit zu leistungsbedingten Anpassungen der Trainingsinhalte kam. Da die Durchführung der Trainingseinheiten möglichst standardisiert sein sollte, waren Dauer (30 min) und Häufigkeit (20 TE) der TE konstant. Bei Leistungsunterschieden innerhalb des Patientenkollektivs wurde der Schwierigkeitsgrad über das Belastungsnormativ Trainingsintensität gesteuert.

Physiotherapie in der Kontrollgruppe

Die Physiotherapie der Kontrollgruppe fand hauptsächlich im regulären stationären Setting statt. Voraussetzung für eine beginnende Physiotherapie war ein ausreichend guter Allgemeinzustand des Patienten. Die Maßnahmen bestanden aus Blickübungen, Kopfbewegungen in liegender und in stehender Position. Durchschnittlich bekam jeder Patient der Kontrollgruppe 4,2 (SD \pm 2,4) Trainingseinheiten.

Ergebnisse

Zunächst wurde der Vergleich zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum vorgenommen (MZP 1 vs. 8), wobei die Auswirkungen des sensomotorischen Trainingsprogramms als Ganzes betrachtet wurden.

Bezüglich des gesamten Interventionszeitraums konnten varianzanalytisch signifikante Interaktionseffekte in der posturalen Stabilität (Parameter Stabilitätsindikator, $p = 0,019$) (■ Tab. 5) sowie im zerebellären System (Frequenzbereich F 7–8, $p = 0,033$) ermittelt werden (■ Tab. 6). Darüber hinaus ließen sich in allen posturographischen Parametern signifikante Zeiteffekte beobachten (■ Tab. 6).

Zur Beurteilung der Erregbarkeit der betroffenen Gleichgewichtsorgane wurden das Richtungsüberwiegen und die Seitendifferenz während der Geschwindigkeit der langsamen Phase (GLP) verglichen.

Um das Stadium der Kompensation einschätzen zu können, wurden die Abschlussbefunde entsprechend der klinischen Beurteilung herangezogen (■ Tab. 7).

Es fand sich nahezu doppelt so häufig der Nachweis einer vollständigen Erholung des Vestibularorgans (Remission) in der Kontrollgruppe im Vergleich zur Interventionsgruppe ($n=19$ vs. $n=9$). Andererseits ist die Anzahl der Patienten mit einer Kompensation des kalorisch noch nachgewiesenen mindererregten Vestibularorgans in der Interventionsgruppe vierfach höher als in der Kontrollgruppe ($n=13$ vs. $n=3$). Die Zahl der teilkompen-

Tab. 7 Klinische Abschlussbefunde der Kontroll- und Interventionsgruppe im Überblick				
Parameter	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	n	%	n	%
Remission	9	27	19	56
Kompensation	13	38	3	9
Teilkompensation	12	35	12	35
χ^2 nach Pearson	9,821			
Signifikanz (p-Wert)	0,007			

Tab. 8 Haupteffekte hypothesenrelevanter Parameter MZP 1 und 8 (Seitendifferenz und Richtungsüberwiegen der GLP während der kalorischen Spülung) im Überblick (df:62;1;1)			
Haupteffekte	F ^a	p ^b	η^2 ^c
<i>Abhängige Variable: Seitendifferenz (GLP)</i>			
Zeit	22,23	<0,001	0,264
Gruppe	0,190	0,664	0,003
Zeit*Gruppe	0,084	0,773	0,001
<i>Abhängige Variable: Richtungsüberwiegen (GLP)</i>			
Zeit	41,86	<0,001	0,403
Gruppe	0,104	0,748	0,002
Zeit*Gruppe	0,225	0,637	0,004

^a F-Wert gibt Varianzunterschiede bei zwei unabhängigen Stichproben an, ^b zweiseitige Signifikanz $p < 0,05$, ^c Partielles Eta-Quadrat gibt den Anteil der aufgeklärten Varianz auf der Stichprobenebene an, df Freiheitsgrade.

sierten Patienten ist in beiden Gruppen mit 35% gleich.

Das Ergebnis des χ^2 -Tests ($\chi^2=9,821$; $p=0,007$) zeigt, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Kompensationsgrad und der Gruppenzugehörigkeit gibt.

Bei der Bewertung der Ergebnisse von Seitendifferenz und Richtungsüberwiegen konnte lediglich jeweils ein Zeiteffekt ($p < 0,001$), jedoch keine Interaktionseffekte beobachtet werden (■ Tab. 8).

Diskussion

Auf der Basis der Untersuchungsergebnisse lässt sich festhalten, dass bezüglich der Haltungsregulation der Patienten im Untersuchungszeitraum deutliche Verbesserungen zu beobachten waren. Diese sind vermutlich damit zu begründen, dass sich die Patienten am ersten Tag des stationären Aufenthalts in einem schlechten Allgemeinzustand befanden (akuter Drehschwindel mit Übelkeit und Erbrechen) und bis zum 10. Tag bereits deutliche kompensatorische Effekte in zentralen und peripheren Bereichen eintraten.

Der nicht signifikante Unterschied zwischen beiden Gruppen innerhalb des stationären Aufenthalts (MZP 1–5) lässt vermuten, dass entweder die Reizsetzung

durch die Physiotherapie nicht ausreichend war oder dass eine Physiotherapie in diesem frühen Stadium (noch) wenig erfolgversprechend ist.

Zu ähnlichen Erkenntnissen kamen auch Strupp et al. [13], die erstmals versuchten, ein computergestütztes Gleichgewichtstraining anhand von Patienten ($n=82$) mit NV zu standardisieren. Untersucht wurden die Auswirkungen eines Gleichgewichtstrainings auf die Haltungsregulation bezüglich neurologischer Parameter. Sie konnten nachweisen, dass ein komplexes Training (Training des okulomotorischen Systems, gezielte Übungen zur Förderung des vestibulären und propriozeptiven Systems) die zentrale Kompensation und infolgedessen die Haltungsregulation verbessert [13].

Im Gegensatz dazu zeigte das hier durchgeführte Interventionsprogramm (■ Zusatzmaterial online: Appendix Interventionsprogramm) keinerlei Auswirkungen auf den Kompensationsverlauf des betroffenen Gleichgewichtsorgans. Signifikante Zeiteffekte bestätigen eine teilweise deutlich verbesserte Symmetrie der kalorischen Erregbarkeit in beiden Gruppen. Die fehlenden Interaktionseffekte machen deutlich, dass die Art der Rehabilitationsmaßnahme auf die Erholung der betroffenen Strukturen wenig Einfluss hat.

Die verbesserte Kompensation lässt sich eher am motorischen Output als am Stadium der nachweisbaren Erregbarkeit des betroffenen Gleichgewichtsorgans ablesen. Allein die Tatsache, dass sich das betroffene Gleichgewichtsorgan weitestgehend erholt, reicht nicht aus, um den Kompensationsverlauf vollständig zu beurteilen.

Da das peripher-vestibuläre System (F2–4) durch die Intervention weder im Nachweis einer seitengleichen Erregbarkeit (CNG) noch im motorischen Output (Posturographie) signifikante Veränderungen erfahren hat, ist nicht davon auszugehen, dass es zur verbesserten Haltungsregulation beitragen kann.

Fehlende Effekte im posturographischen Parameter Summenscore (SS) sind damit zu begründen, dass dieser alle posturographischen Parameter enthält. Dadurch nivellieren sich einzelne, randständige Effekte.

Die verbesserte Haltungsregulation ($p=0,019$; ■ Tab. 5) lässt sich primär durch eine verbesserte zentral-vestibuläre Kompensation und zerebelläre Informationsverarbeitung afferenter Informationen erklären [3, 4], wie die signifikante Verbesserung ($p=0,033$; ■ Tab. 6) im Frequenzbereich F7–8 im Interventionszeitraum (MZP 5–7) belegt.

Darüber hinaus gelang es in einer Studie an Osteoporosepatienten, den Parameter F2–4 respektive das peripher-vestibuläre System als primär relevant für die Prognose der Sturzgefährdung zu extrahieren [12].

Für die nachhaltige Rehabilitation und die frühzeitige (Re)integration von Patienten mit NV in den Alltags- und Arbeitsprozess ist ein strukturiertes Gleichgewichtstraining sehr wichtig. Dabei ist eine reizreiche Forderung und damit Förderung der afferenten Informationsaufnahme und -verarbeitung notwendig. Diese kann sowohl über neue, apparative Verfahren wie z. B. Neurofeedbackverfahren oder Computerised Dynamic Posturography (CDP) als auch über eine klassische Physiotherapie mit einfachen und komplexen Trainingsmitteln erfolgen [1, 3, 7].

Die Ergebnisse des Follow-up belegen überdies die Notwendigkeit eines langfristig (lebenslang) angelegten Trainingsprogramms. Sie sind ein Indiz für die große

Plastizität des posturalen Systems – auch und gerade – im mittleren und höheren Lebensalter.

Limitationen

Um die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse zu erhöhen, wären u. a. folgende Änderungen hinsichtlich des Studiendesigns notwendig:

- Vergrößerung der Stichprobe,
- Randomisierung der Stichprobe,
- Gleichbehandlung der Gruppen in der Akutphase (auch Physiotherapie für IG) im Interesse der Strukturgleichheit,
- Erweiterung der otoneurologischen

» Kurze Aufzählungen stellen Daten übersichtlich dar

- Intensivierung der Interventionen (3 Trainingseinheiten pro Woche),
- stärkere Überprüfung der Nachhaltigkeit durch langfristige Nachbeobachtung (1–3 Jahre nach Interventionsende).

Ausblick

Die Untersuchungsergebnisse machen deutlich, dass ein bisher in der Rehabilitation von Schwindelerkrankungen vernachlässigtes sensomotorisches Training durchaus zu Verbesserungen seitens der Haltungsregulation führen kann. Auch wenn die Verbesserungen in dieser Studie nur diskreter Art waren, so sollte die wissenschaftliche Auseinandersetzung verstärkt werden, um die Potenzen eines strukturierten sensomotorischen Trainings abschließend beurteilen zu können. Eine Intensivierung der wissenschaftlichen Bemühungen unter Verwendung qualitativ hochwertiger Studiendesigns (Stichprobengröße, prospektiv, randomisiert, kontrolliert) erscheint auf der Basis dieser Befunde durchaus gerechtfertigt und zielführend zu sein. Erst am Ende dieses Prozesses sollte u. U. die Implementierung derartiger Trainingsprogramme in den Rehabilitationsprozess („evidence-based medicine“) stehen.

Vor dem Hintergrund des übergeordneten Ziels, die betroffenen Patienten möglichst zeitnah in den Arbeits-

bzw. Alltagsprozess zu (re)integrieren, um Kostenreduktionen im Gesundheitswesen zu generieren, sollten in zukünftigen Studien diesbezügliche Ergebnisparameter zusätzlich Berücksichtigung finden.

Fazit für die Praxis

- Ein komplexes sensomotorisches Training ist geeignet, die posturale Stabilität bei Patienten mit N...
- Vor allem die Leistungsfähigkeit des zerebellären Systems konnte verbessert werden.
- Hingegen ließ sich das bei peripher-vestibuläre System...
- Die Wirksamkeit der Rehabilitation von der Art der Rehabilitationsmaßnahme, nicht direkt beeinflussen.

» Fazit für die Praxis: Kernaussagen und konkrete Handlungsanweisungen als kurze Aufzählung (max. 1000 Zeichen)

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. M. Mustermann
Tiergartenstr. 17
69121 Heidelberg
mustermann@muster.de

» Zur Adresse des korrespondierenden Autors gehören der akademische Titel, die E-Mail-Adresse und ein Portraitfoto

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Mustermann gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Basta D, Ernst A (2008) Moderne Rehabilitation von Gleichgewichtsstörungen mit Hilfe von Biofeedback-Trainingsverfahren. HNO 56:9–12
2. Hanley K, O' Dowd T (2002) Symptoms of dizziness in general practice: a prospective study of prevalence. Br J Gen Pract 52(483):809–812
3. Lauenroth A, Pudszuhn A, Bloching MB et al (2009) Dreidimensionale Trainingstherapie bei Nystagmus pathia vestibularis. Man Med 46:10–16
4. Lauenroth A (2009) Sensomotorische Rehabilitation bei Ausfall eines Gleichgewichtsorgans: Evaluation eines Rehabilitationskonzeptes bei Nystagmus pathia vestibularis. Dr. Kovac, Hamburg
5. Oppenheim U, Kohen-Raz R, Alex D et al (2009) Postural characteristics of diabetic neuropathy. Diabetes Care 22:328–332
6. Quante M (2002) Die Messung sensomotorischer Leistungsmerkmale: Verständnis des Systems über Erfassung von Teilaspekten? Osteologie 11:7–9
7. Rossi-Izquierdo M, Santos-Pérez S, Soto-Varela A (2011) What is the most effective vestibular rehabilitation technique in patients with unilateral peripheral vestibular disorders? Eur Arch Otorhinolaryngol: 268:1569–1574
8. Schwesig R, Müller K, Leuchte S (2001) Vorstellung eines strukturierten Koordinationstrainingsprogramms im Spacecurl. Gesundheitssport Sporttherapie 17:86–91
9. Schwesig R (2001) Evaluierung des Koordinationstrainings im Spacecurl zur Sekundärprävention von Rückenschmerzen. Gaggstatter, Freiburg
10. Schwesig R (2006) Das posturale System in der Le...

» Das Literaturverzeichnis besteht aus weiterführenden wichtigen Arbeiten in alphabetischer Reihenfolge und ist durchnummeriert. Zeitschriftentitel nach Medline abkürzen.

» Der Hinweis auf die Einhaltung ethischer Richtlinien und einen möglichen Interessenkonflikt erscheint am Beitragsende