

# Gleichgewichtstraining in der neurologischen Rehabilitation

© Hippocampus Verlag 2013

A. Kramer<sup>1</sup>, C. Dettmers<sup>2</sup>, M. Gruber<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

Neurologische Erkrankungen bringen Einschränkungen des Alltags und der Lebensqualität der betroffenen Patienten mit sich. Eine solche Einschränkung ist die Störung des Gleichgewichts, die bei entsprechender Ausprägung den Aktionsradius der Betroffenen verkleinert und ihr Sturzrisiko stark erhöht. Gleichgewichtsstörungen sind ein relevantes Symptom bei vielen peripheren und zentralen neurologischen Erkrankungen. In diesem Artikel wird ein Überblick darüber gegeben, welche Varianten von Gleichgewichtstraining es gibt, worauf bei der Überprüfung der Wirksamkeit eines solchen Trainings zu achten ist und welche Ergebnisse durch verschiedene Arten des Gleichgewichtstrainings erzielt werden können. Anschließend wird noch ein Ausblick auf computer- oder videobasiertes »Serious Gaming« gegeben, einer vielversprechenden methodischen Ergänzung des Gleichgewichtstrainings, die sich allerdings noch in der Entwicklung befindet. Die wichtigsten Schlüsse, die sich aus den angestellten Literaturanalysen ergeben, sind folgende: Ein funktionelles Gleichgewichtstraining ist zur Verbesserung des Gleichgewichts und zur Sturzprävention in der Regel einem unspezifischen Training – etwa einem Krafttraining – überlegen. Kognitive und motorische Zusatzaufgaben während des Gleichgewichtstrainings verbessern die Gleichgewichtsleistung in besonders sturzgefährdenden Situationen mit solchen Zusatzaufgaben. Die Compliance und Adhärenz der Patienten lässt sich möglicherweise durch die Integration von »Serious Games« erhöhen.

<sup>1</sup>Sportwissenschaft der Universität Konstanz;  
<sup>2</sup>Neurologie der Kliniken Schmieder Konstanz

**Schlüsselwörter:** Gleichgewichtstraining, Multiple Sklerose, Sturzprävention, dual-task

## Einleitung

Neurologische Erkrankungen können eine Vielzahl von Einschränkungen der betroffenen Patienten im Alltag nach sich ziehen, etwa durch Paresen, Sensibilitätsstörungen, Sprachstörungen, Wahrnehmungsstörungen oder andere kognitive Einbußen. Störungen des Gleichgewichts beeinträchtigen vor allem die Mobilität und die sichere selbstständige Fortbewegung. Eine solche Störung des Gleichgewichts kann unterschiedliche Ursachen haben, je nach betroffener Struktur und Art der Erkrankung. Die Auswirkungen auf den Alltag der Patienten sind jedoch ähnlich: Ein gestörtes Gleichgewicht erhöht das Sturzrisiko [3] und auch die Mobilität der Patienten, die bei schweren Störungen auf Gehhilfen angewiesen sind oder in weniger schweren Fällen aus Furcht vor Stürzen und Verletzungen weniger oder langsamer gehen [20].

## Beteiligte Strukturen

Gleichgewicht kann definiert werden als ein Zustand, in dem sich die auf einen Körper wirkenden Kräfte und Drehmomente gegenseitig aufheben. Damit sich der menschliche Körper im Gleichgewicht befindet, müssen die Muskeln Kräfte aufbringen, die der Schwerkraft und sonstigen von außen angreifenden Kräften entgegenwirken. Dies impliziert, dass es ein System geben muss, das diese äußeren Kräfte registriert, geeignete Muskelkräfte programmiert und Befehle zur Aktivierung der entsprechenden Muskeln ausgibt. Dieses System ist das sensomotorische System, und es beinhaltet alle sensorischen, motorischen und zentralen Integrations- und Verarbeitungs-komponenten, die notwendig sind, um das Kräftegleichgewicht in allen Gelenken aufrechtzuerhalten [29]: Es sind dies auf der sensorischen Seite das visuelle und das vestibuläre System sowie periphere Mechanorezeptoren in der Haut, den Muskeln, Gelenken und Bändern. Die Integration und Verarbeitung der sensorischen Informationen erfolgt sowohl auf spinaler Ebene als auch in Kleinhirn, Hirnstamm und Kortex. Die Aktivierung der Muskulatur kann sowohl direkt auf peripheren sensorischen Input hin erfolgen (Reflexe) als auch auf motorische Befehle hin, wobei die Aktivierung in beiden Fällen von descendierenden Bahnen moduliert werden kann [29]. Die Möglichkeit der Modulation besteht auch für die sensorischen Afferenzen, da diese selten monosynaptisch zum Gehirn weitergeleitet werden, sondern durch ein oder mehrere Interneurone weitergeleitet werden und dort entweder gebahnt oder gehemmt werden können. Somit ist das sensomotorische System keinesfalls ein simples System, das auf einen Input immer gleich reagiert, sondern ein komplexes System, das auf das Zusammenspiel vieler Teilsysteme

## Balance training in neurological rehabilitation

A. Kramer, C. Dettmers, M. Gruber

### Abstract

Neurologic diseases often entail various restrictions of the patients' everyday life and quality of life. One of these restrictions is a balance disorder, which can highly increase the fall risk. Balance disorders are a relevant symptom in many peripheral and central neurologic diseases. In this article, an overview is given regarding the types of balance training, the aspects to consider when evaluating the effectiveness of such a training and the effects of the various types of balance training, followed by an outlook on computer- resp. video-based "serious games", a promising methodological addition to balance training in its early stages. The most important conclusions to be drawn from the survey of the existing literature are the following: a functional balance training is normally superior to generic types of training – such as resistance training – with respect to balance improvements and fall prevention. Additional cognitive or motor tasks during balance exercises improve balance performance in dual-task situations, which are considered to be situations with a particularly high fall risk. Patients' compliance and adherence to balance training can possibly be increased by the integration of "serious games".

**Key words:** balance training, multiple sclerosis, fall prevention, dual-task

© Hippocampus Verlag 2013

(Sensorik/Efferenzen, Weiterleitung und Verarbeitung, Ansteuerung und Afferenzen) angewiesen ist. Ist ein Bestandteil dieses Systems beeinträchtigt, so können die anderen Systeme diese Einschränkung oftmals nicht vollständig kompensieren. Entsprechend oft ist das sensorimotorische System und damit auch das Gleichgewicht bei neurologischen Krankheiten betroffen.

### Gleichgewichtsstörungen in der neurologischen Rehabilitation

Traditionell ist es das Bemühen des Neurologen, eine Schädigung zunächst zu lokalisieren. Bei den Gleichgewichtsstörungen lässt sich – wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt – unterscheiden, ob der afferente Schenkel, die zentrale Verarbeitung oder die Efferenz beeinträchtigt sind. Zu den klassischen Afferenzstörungen gehören fortgeschrittene Polyneuropathien mit Störungen des Lagesinns und der Tiefensensibilität. Ein nicht so häufiges, aber klassisches Krankheitsbild bildet die funikuläre Myelose bei Vitamin-B<sub>12</sub>-Mangel mit einer Degeneration der Hinterstränge. Hochgradige, aber häufig einseitige Hemihypästhesien können bei Thalamusinfarkten entstehen oder bei Mediainfarkten im Bereich des parietalen Kortex. Zu den zentralen Läsionen, die eine Gleichgewichtsstörung verursachen, gehören Kleinhirninfarkte und Läsionen anderer Ätiologie, die eine Gliedmaßenataxie oder Gangataxie hervorrufen können. Bemerkenswert ist, dass nicht jede Gangataxie von einer Gliedmaßenataxie begleitet ist. Auch Läsionen des efferenten Schenkels wie bei einer motorischen Hemiparese können Gleichgewichtsstörungen verursachen. Was weniger bekannt und beachtet wird, ist, dass auch Muskelerkrankungen wie Dystrophien im fortgeschrittenen Stadium für die Patienten erhebliche Gleichgewichtsstörungen und Gangunsicherheit verursachen können.

Im fortgeschrittenen Stadium berichten viele Patienten mit Muskeldystrophien, dass sie nicht in der Lage sind, ein Stolpern oder den Verlust des Gleichgewichts durch einen Ausfallschritt zu kompensieren und in dieser Phase gehäuft stürzen. Dies kann zusätzlich zu erheblicher Verunsicherung bis zu Panikstörungen führen. Obwohl die Muskelkraft ausreicht, um sich langsam aus dem Sitz aufzustemmen und langsam zu gehen, kann die Kraft nicht mehr schnell genug entwickelt werden, um dem Verlust des Gleichgewichts beim Stolpern entgegenzuwirken. Natürlich führen auch Schädigungen des Gleichgewichtsorgans, z. B. durch Akustikusneurinom oder dessen Operation, zu entsprechenden Störungen. Für eine differenzierte Schwindeldiagnostik haben viele Zentren spezialisierte Sprechstunden aufgebaut. Abgegrenzt werden muss der phobische Schwindel, bei dem das Ausmaß des Schwindels nicht durch die organische Läsion erklärt werden kann.

Um eine Gleichgewichtsstörung zuordnen zu können, ist die Durchführung eines kompletten neurologischen Untersuchungsgangs erforderlich. Besonderes Interesse wird hierbei finden, ob Störungen der Okulomotorik als Hinweis auf eine Kleinhirn- oder Hirnstammläsion vorliegen. Der vestibulo-okuläre Reflex ist nach Schädigungen des N. vestibularis typischerweise ausgefallen. Die Artikulation wird beurteilt zur Frage einer Kleinhirnläsion. Es wird überprüft, ob im Rahmen des Knie-Hacke-Versuchs eine Gliedmaßenataxie eines oder beider Beine vorliegt, die die Gangstörung erklären könnte. Es wird das Gangbild beurteilt (wie breitspurig es ist, Liniengang, Gang mit geschlossenen Augen). Im Versuch nach Unterberger wird überprüft, ob sich die Gleichgewichtsstörung bei Augenschluss vermehrt, was klassischerweise als Zeichen für eine Störung der Tiefensensibilität gewertet wird, aber auch bei anderen Störungen des Gleichgewichts vermehrt auftritt. Es wird gezielt nach Störungen des Lagesinns und der Tiefensensibilität gesucht.

Das Spektrum der neurologischen Krankheitsbilder, die mit Gleichgewichtsstörungen einhergehen, ist breit. Zunächst wird natürlich versucht, das Krankheitsbild ursächlich oder medikamentös zu beeinflussen. Das Gleichgewichtstraining ist ein symptomatisches Training. Auch wenn die neurologische Diagnostik häufig sehr differenziert erfolgt und sich die Schädigung möglicherweise auch identifizieren und lokalisieren lässt, erscheint das Training doch eher polypragmatisch: Unabhängig von der Lokalisation der Schädigung wird versucht, durch repetitive Stimulation der an der Steuerung des Gleichgewichts beteiligten Strukturen an der individuellen Leistungsgrenze eine Leistungsverbesserung zu erzielen. Ob diese Verbesserung ihre Ursache in einer wieder verbesserten Funktion der geschädigten Strukturen hat oder in einer Übernahme von Funktionen durch andere Strukturen (beispielsweise benachbarte Hirnareale bei Hirnschädigungen), ist hierbei zwar von wissenschaftlichem Interesse, weniger jedoch von praktischer Relevanz. Auch wenn es sich beim Gleichgewichtstraining um eine symptomatische Therapie han-

delt, ist die Bedeutung eines individuell abgestimmten, beständigen, d. h. auch außerhalb der Rehabilitationsklinik bzw. zu Hause in Eigenregie durchgeführten Trainings in der Neurologie möglicherweise unterschätzt.

### Effekte von Gleichgewichtstraining

#### Gleichgewichtstraining und Gleichgewichtstests

Gleichgewichtstraining besteht in der Praxis zumeist aus Übungen zur posturalen Kontrolle beim Stehen auf unterschiedlichen instabilen Unterstützungsflächen. Dabei werden Übungsgeräte wie Therapiekreisel, Kippbrett, Weichmatte oder Schwingplattform eingesetzt. Eine praxisorientierte Sammlung von Übungen mit diesen Geräten findet sich beispielsweise bei [12]. Die Geräte verfügen über unterschiedliche Schwierigkeitsgrade und erlauben daher eine grobe Dosierung der Schwierigkeit, die sich an das Niveau der Trainierenden anpassen lässt. Eine zusätzliche Variationsmöglichkeit ergibt sich durch die Wahl der Standform, also etwa normaler Beidbeinstand, »Rombergstand« (Füße mit den Innenseiten aneinander wie beim Rombergtest), »Tandemstand« (Füße hintereinander, sodass die Zehenspitzen des hinteren Fußes die Ferse des vorderen berühren) oder Einbeinstand.

Allerdings gibt es bis heute keine wissenschaftlichen Studien, die Belastungsnormativa für das Gleichgewichtstraining fundieren konnten, sodass wichtige Trainingsparameter wie Übungsintensität, Übungsdauer, Pausendauer, Wiederholungszahl oder Serienanzahl nach wie vor sowohl von Wissenschaftlern als auch von Trainern und Therapeuten erfahrungsbasiert festgelegt werden. Ein Grund für diese mangelnde Normierung ist vermutlich die Tatsache, dass es kein allgemeingültiges Verfahren gibt, mit dem der zentrale Parameter der Übungsintensität bestimmt werden kann. Beim Krafttraining geschieht dies beispielsweise durch die Bestimmung der Maximalkraft oder des Einer-Wiederholungs-Maximums; Angaben zur Übungsintensität erfolgen dann in Abhängigkeit von diesem Wert, also etwa 80 % der Maximalkraft. Beim Gleichgewichtstraining gibt es aber bisher keinen solchen Referenzparameter, der die Übungsintensität verlässlich widerspiegeln würde. Ein weiterer Grund für fehlende Belastungsnormativa ist, dass es beim Gleichgewichtstraining kein klar umrissenes Ziel gibt, auf das hin man die Trainingsparameter optimieren könnte, sondern dass Gleichgewichtstraining für viele Zwecke genutzt wird. In den seltensten Fällen ist das verbesserte Gleichgewicht alleiniges Ziel, meist werden damit indirekte Ziele angestrebt. Bei älteren Menschen ist dies z. B. die Reduktion des Sturzrisikos. Im Leistungssport (vor allem in den Ballsportarten) wird Gleichgewichtstraining eingesetzt, um einerseits den Schwierigkeitsgrad von Technikübungen zu erhöhen (z. B. im Volleyball auf einem Therapiekreisel stehend Pritschen oder Baggern) und andererseits um Verletzungsprophylaxe zu betreiben, speziell hinsichtlich der

häufigen Sportverletzungen wie Supinationstraumata oder Kreuzbandverletzungen. Im Fall einer solchen Verletzung wird Gleichgewichtstraining dann auch als Rehabilitationsmaßnahme oder zur Vermeidung von Wiederverletzungen genutzt, im Sinne der Tertiärprävention. Ziel des Gleichgewichtstrainings ist also nicht unmittelbar die Verbesserung des Gleichgewichts per se, sondern vor allem Verletzungs- und Sturzprophylaxe mittels eines verbesserten Gleichgewichts. Vor diesem Hintergrund ist der Mangel an Normativa für die Trainingsparameter des Gleichgewichtstrainings aus methodischer Sicht erklärbar, da die Untersuchung der Auswirkung von Variationen der Trainingsparameter auf Sturzhäufigkeit bzw. Verletzungsinzidenz äußerst aufwändig und langwierig ist. Aus diesem Grund wird oft die Verbesserung des Gleichgewichts als Indikator benutzt, um die Wirksamkeit des Trainingsprogramms abzuschätzen.

Um solche Verbesserungen des Gleichgewichts zu messen, gibt es eine Vielzahl von Gleichgewichtstests: manche messen Gleichgewicht statisch (Rombergtest, Einbeinstand mit offenen oder geschlossenen Augen), andere eher dynamisch (functional reach test, Ein- oder Beidbeinstand auf einer instabilen Plattform, evtl. mit zusätzlichen Störreizen von außen), und beide Varianten können entweder unter »single-task«-Bedingungen (Konzentration auf die Gleichgewichtsaufgabe ohne weitere Aufgaben) oder »dual-task«-Bedingungen (parallel zur Gleichgewichtsaufgabe muss noch eine weitere Aufgabe kognitiver oder motorischer Natur erledigt werden) durchgeführt werden. Ein Überblick über häufig verwendete Gleichgewichtstests ist etwa bei [10] oder [27] zu finden.

Vor einiger Zeit ging man noch davon aus, dass es eine allgemeine Gleichgewichtsfähigkeit gibt, die bei jedem Menschen unterschiedlich gut ausgebildet ist. Konsequenterweise müsste jeder Gleichgewichtstest ähnlich gut geeignet sein, um diese Gleichgewichtsfähigkeit zu messen, denn es wäre davon auszugehen, dass die Resultate verschiedener Tests bei einer Person sehr ähnlich ausfallen, also hoch miteinander korrelieren. In letzter Zeit wurde jedoch festgestellt, dass dies in der Regel nicht der Fall ist: Studien, die eine Vielzahl verschiedener Gleichgewichtstests verwenden, zeigen nur geringe Korrelationen zwischen den Ergebnissen dieser Tests [16]. Aus diesem Grund muss man zur möglichst kompletten Erfassung des Gleichgewichtsvermögens einer Testperson aufwändig viele einzelne Tests durchführen, die jeweils andere Gleichgewichtsaspekte abdecken (statisch, dynamisch, dual-task, etc.). Eine praktikable Lösung besteht darin, den oder die Tests zu verwenden, die für das jeweilige Ziel des Gleichgewichtstrainings am aussagekräftigsten sind. Soll durch das Training etwa das Sturzrisiko eines älteren Menschen reduziert werden, dann sollte analysiert werden, in welchen Situationen bei älteren Menschen am ehesten Stürze auftreten, und dann ein Gleichgewichtstest verwendet oder konzipiert werden, der diese Situation möglichst

gut nachbildet, also eine hohe funktionelle Relevanz hat. Bei unterschiedlichen Zielgruppen kann die verletzungsträchtige Situation entsprechend unterschiedlich ausfallen.

### Anpassungen an Gleichgewichtstraining

Im letzten Jahrzehnt hat sich Gleichgewichtstraining – auch unter der Bezeichnung »Sensomotorik-Training« oder »propriozeptives Training« – von einer relativ unbekanntem Trainingsart zu einer verbreiteten Trainingsmethode in Gesundheitssport, Leistungssport und Rehabilitation entwickelt. Grund dafür sind unter anderem die positiven Effekte, die wissenschaftliche Studien in diesen Bereichen nachweisen konnten. Obwohl Gleichgewichtstraining unterschiedliche indirekte Ziele haben kann, ist das Training meist ähnlich aufgebaut. Aus diesem Grund lassen sich die Ergebnisse von verschiedenen Studien miteinander vergleichen, sofern Probandenkollektiv und benutzte Gleichgewichtstests ähnlich genug sind. Selbst bei Unterschieden im Probandenkollektiv (etwa junge vs. alte Menschen oder Gesunde vs. Patienten) können die Ergebnisse in der Regel zumindest tendenziell übertragen werden. White und Dressendorfer [35] beispielsweise berichten in ihrem Überblicksartikel, dass eine wachsende Anzahl von Studien bei Patienten mit Multipler Sklerose (MS) ähnliche Trainingsverbesserungen feststellt wie bei gesunden Vergleichspersonen.

Wie im vorherigen Abschnitt erwähnt, nutzen die meisten dieser Studien verschiedene Gleichgewichtstests zur Überprüfung der Wirksamkeit des Trainings. Bernier und Perrin [5] konnten schon vor einiger Zeit Verbesserungen des Gleichgewichts nach einem Gleichgewichtstraining bei Probanden mit einer funktionellen Sprunggelenksinstabilität nachweisen. Jerosch et al. [18] zeigten ähnliche Verbesserungen bei Patienten mit einer vorderen Kreuzbandinstabilität. Doch auch bei Gesunden verschiedenen Alters ist dieses Training effektiv, wie Untersuchungen bei jüngeren [15] und älteren [4] Menschen belegen. In der neurologischen Rehabilitation gibt es vergleichsweise wenige Studien, die den Effekt von Gleichgewichtstraining isoliert betrachten, da als Trainingsintervention oft eine Kombination aus Kraft-, Gleichgewichts- und Ausdauertraining genutzt wird. Die Studien, die Gleichgewichtstraining als alleinige Trainingsintervention nutzen, zeigen jedoch vergleichbare Ergebnisse wie bei gesunden Personen. Prosperini et al. [28] konnten beispielsweise bei MS-Patienten nach einem sechswöchigen Gleichgewichtstraining signifikante Verbesserungen von Ein- und Beidbeinstand sowie Ganggeschwindigkeit nachweisen. Eine andere Studie mit Patienten mit Ataxien unterschiedlicher Ursachen kam zu ähnlich positiven Ergebnissen [19].

Ein wichtiger Befund in diesem Zusammenhang ist, dass bei Einschränkungen des sensomotorischen Systems z. B. im höheren Alter oder nach Verletzungen mehr Aufmerksamkeit benötigt wird, um das Gleichgewicht

zu halten [6]. Muss eine Person während einer Gleichgewichtsaufgabe eine konkurrierende Aufgabe bewältigen, kann das zu einem Gleichgewichtsverlust und in der Folge zu einem Sturz führen. Diese sogenannten »dual-task«-Aufgaben besitzen hohe Alltagsrelevanz. Ein simples Beispiel ist es, sich während des Gehens zu unterhalten. Lundin-Olsson et al. [23] beobachteten beispielsweise, dass ältere Personen, die während des Gehens stehen blieben, wenn sie angesprochen wurden, ein erhöhtes Risiko aufwiesen, innerhalb der folgenden sechs Monate zu stürzen. Eine Möglichkeit, die Anforderungen an die Aufmerksamkeit bei Gleichgewichtsaufgaben zu testen, sind Tests unter »dual-task«-Bedingungen. Die Zusatzaufgabe kann sowohl motorischer (z. B. ein Tablett balancieren) als auch kognitiver (z. B. zählen oder Rechenaufgaben lösen) Natur sein. Dabei wirken sich diese Zusatzaufgaben nicht nur leistungsmindernd auf die statische und dynamische Gleichgewichtsleistung aus, sondern führen insbesondere bei Älteren auch zu Veränderungen der Gangparameter, z. B. der Gehgeschwindigkeit und der Schritt-zu-Schritt-Variabilität [36]. Dies ist wiederum für die Sturzgefahr von Bedeutung, da gerade diese Gangparameter Risikofaktoren für Stürze darstellen [21].

Es ist also naheliegend, sturzgefährdende alltagsrelevante »dual-task«-Situation sowohl in Gleichgewichtstrainingsprogramme als auch in Gleichgewichtstests zu integrieren [10]. Überraschenderweise sind Studien zur Nutzung von »dual-task«-Situationen im Gleichgewichtstraining bisher noch nicht häufig. Es gibt zwar einige Arbeiten, in denen Gleichgewichtstests unter »dual-task«-Bedingungen verwendet werden, aber es gibt wenige Studien, die auch unter »dual-task«-Bedingungen trainieren lassen. Ein Überblick dazu findet sich bei Granacher et al. [10]. Die meisten mit herkömmlichem »single-task«-Training durchgeführten Studien zeigen positive Effekte auf das Gleichgewicht in »single-task«-Tests, aber kaum oder keine Effekte auf das Gleichgewicht in »dual-task«-Tests [9]. »Dual-task«-Training zeigt hingegen starke Effekte in »dual-task«-Tests und moderate Effekte in »single-task«-Tests [13, 24]. Die wenigen bislang existierenden Studien zum »dual-task«-Training legen nahe, dass »dual-task«-Training gegenüber »single-task«-Training in »dual-task«-Tests signifikant bessere Ergebnisse erzielt [14] und in »single-task«-Tests teilweise genauso effizient ist wie »single-task«-Training [14], teilweise jedoch auch geringere (aber immer noch positive) Effekte erzielt [34]. Geht man wie oben beschrieben von einer hohen Relevanz der Gleichgewichtsleistung in »dual-task«-Situationen aus, so sind weitere qualitative hochwertige Studien in diesem Bereich angebracht.

Interessanterweise kann Gleichgewichtstraining nicht nur das Gleichgewicht verbessern, sondern zusätzlich auch die maximale Kraftentwicklungsrate. Dies konnte in mehreren Studien bei jungen [11] und alten [8] Menschen gezeigt werden. Die maximale Kraftentwicklungsrate – also der steilste Anstieg der Kraft über die Zeit – wird als wichtiger Parameter im Hinblick auf die



Gelenkstabilisation bei Perturbationen angesehen und besitzt damit eine hohe Relevanz für die Sturz- und Verletzungsprophylaxe.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es zwar bislang wenige Studien gibt, die explizit die Effekte von Gleichgewichtstraining in der neurologischen Rehabilitation untersuchen, aber dass diese Studien ähnlich positive Ergebnisse zeigen wie bei gesunden Personen. Es erscheint vor diesem Hintergrund legitim, von einer prinzipiellen Übertragbarkeit der Studienergebnisse auszugehen. Trotzdem wäre es wünschenswert, wenn große kontrollierte prospektive Studien zur Wirksamkeit von Gleichgewichtstraining bei verschiedenen neurologischen Krankheitsbildern durchgeführt würden (insbesondere unter »dual-task«-Bedingungen), um diese Ergebnisse besser zu fundieren und das Training in einem weiteren Schritt auf die verschiedenen Krankheitsbilder anpassen zu können.

#### Effekte unspezifischer Trainingsformen auf das Gleichgewicht

Außer dem oben beschriebenen spezifischen Gleichgewichtstraining gibt es noch verschiedene andere unspezifische Trainingsformen, die zur Verbesserung des Gleichgewichts genutzt werden. Dies sind entweder Trainingsformen, die primär die Verbesserung konditioneller Fähigkeiten wie etwa Kraft oder Schnelligkeit zum Ziel haben und dadurch indirekt das Gleichgewicht verbessern sollen, oder Trainingsformen, die parallel mehrere Leistungsparameter positiv beeinflussen können, darunter das Gleichgewicht. Unter den erstgenannten Trainingsformen wurde bisher insbesondere das Krafttraining untersucht, unter den letztgenannten das Ganzkörpervibrationstraining.

In ihrem Überblicksartikel kommen Rogan et al. [31] zu dem Schluss, dass Ganzkörpervibration in den meisten der von ihnen analysierten Studien zu einer leichten Verbesserung in einigen – aber nicht allen – Gleichgewichtstests bei Älteren führt. Rogan et al. weisen aber darauf hin, dass dies kein allgemeingültiger Schluss ist, da der Effekt von Ganzkörpervibrationstraining stark von der verwendeten Vibrationsfrequenz, der Vibrationsamplitude und -art sowie der Körperposition auf dem Gerät abhängt, wie unlängst gezeigt wurde [30].

Was das Training der Muskelkraft zur Verbesserung des Gleichgewichts angeht, so findet man einige Studien, die zeigen, dass Muskelschwäche ein Risikofaktor für Stürze ist, und andere, die eine Verringerung der Sturzhäufigkeit nach Trainingsinterventionen mit Krafttrainingsanteilen feststellen [17]. Betrachtet man nur Studien, deren Trainingsintervention allein aus Krafttraining besteht, so ergibt sich aber kein eindeutiges Bild: In 29 von Orr et al. [26] analysierten Studien war nur in 22% der Fälle eine signifikante Verbesserung der Krafttrainingsgruppen bei verschiedenen Gleichgewichtstests messbar.

Betrachtet man die Effekte von unspezifischem Krafttraining im direkten Vergleich zu spezifischem Gleichgewichtstraining, so werden positive Effekte oft relativiert: Granacher et al. [7] verglichen bei Älteren (>60 Jahre) intensives Beinkrafttraining mit spezifischem Gleichgewichtstraining. Das Gleichgewichtstraining führte zu einer geringeren Latenz der Muskelaktivierung, einer höheren Reflexantwort und einer höheren Gelenksteifigkeit im Sprunggelenk bei plötzlichen Perturbationen während des Gehens. Das Krafttraining hingegen hatte auf diese Parameter keinen signifikanten Einfluss. Weitere Hinweise für die Überlegenheit eines spezifischen Gleichgewichtstrainings lieferten Mühlbauer et al. [25]: Sie testeten bei Senioren verschiedene Kraft-, Leistungs- und Gleichgewichtsparameter und fanden in fast keinem der Tests eine Korrelation zwischen Gleichgewicht und Kraft oder Leistung. Daraus schlussfolgerten die Autoren, dass Gleichgewicht, Kraft und Leistung unabhängig voneinander sind und dementsprechend komplementär trainiert werden sollten [25].

Unspezifische Trainingsformen können also positive Effekte auf das Gleichgewicht haben, diese Effekte reichen aber in der Regel nicht an die eines spezifischen Gleichgewichtstrainings heran. Entsprechend fasst Shubert in seinem Überblicksartikel über Sturzpräventionsprogramme zusammen, dass Gleichgewichtsübungen die effektivste Trainingsintervention zur Sturzprävention zu sein scheinen [33], ganz im Einklang mit den Ergebnissen der Metaanalyse von Sherrington et al. [32]. Insbesondere wenn die Trainingszeit begrenzt ist (z.B. aufgrund eines Fatigue-Syndroms bei MS-Patienten) oder die Gleichgewichtsstörungen ausgeprägt sind, sollten deshalb spezifische Gleichgewichtsübungen in die Rehabilitation integriert werden.

#### Ausblick »Exergaming«

Als Variante des Gleichgewichtstrainings wird seit kurzem vor allem im klinischen Bereich die Nutzung von »Exergames« oder »Serious Games« erprobt, also Videospiele in Verbindung mit körperlicher Aktivität. Ein Beispiel für solche Serious Games im Gleichgewichtsbereich sind die Balancespiele mit Nintendos Videokonsole Wii Fit: der Übende steht auf einem flachen Plastikbrett (dem sogenannten Balance Board), das über vier Kraftsensoren Verlagerungen des Körperschwerpunktes erfassen kann und an die Videokonsole weitergibt. Auf diese Weise kann durch Schwerpunktverlagerung beispielsweise ein virtueller Skifahrer durch einen Slalom gelenkt werden oder ein Boot durch die Windungen und Engen eines Flusses gesteuert werden.

Ein solches Training hat gegenüber herkömmlichen Trainingsformen zwei potenzielle Vorteile. Erstens kann ein spielerisches Training die Freude am Training erhöhen, sodass länger und intensiver trainiert wird (Compliance) und auch eine selbstständige Fortführung eines solchen Trainings nach einem Reha-Aufenthalt oder einer physiotherapeutischen Behandlung wahr-

scheinlicher ist (Adhärenz). Zweitens stellt die Konzentration auf das Videospiel automatisch eine Art »dual-task«-Situation her, d.h. das Gleichgewicht wird in einer funktionell relevanten (Ablenkungs-)Situation trainiert.

Agmon et al. [1] untersuchten Akzeptanz und Wirksamkeit eines dreimonatigen Trainings bei Älteren mit der Nintendo Wii und berichteten, dass die Teilnehmer im Mittel 50 Trainingseinheiten mit einer Dauer von 30 Minuten absolvierten und per Fragebogen eine hohe Freude am Training bekundeten. Des Weiteren steigerte das Training Gleichgewicht und Ganggeschwindigkeit. Einzelne andere Studien bestätigen diese Ergebnisse [22], allerdings gibt es auch Studien, die zwar positive Effekte von Exergaming auf das Gleichgewicht feststellen, diese allerdings geringer ausfallen als bei physiotherapeutischer Behandlung [2].

## Fazit

Gleichgewichtstraining ist in der Rehabilitation von Patienten mit Gleichgewichtsstörungen durch neurologische Erkrankungen ein symptomatisches Training. Um möglichst gute und alltagsrelevante Effekte zu erzielen, sollte erstens das Ziel des Gleichgewichtstrainings festgelegt werden (z.B. Sturzprävention) und zweitens die Trainingsinhalte entsprechend ausgerichtet werden. Kognitive und motorische Zusatzaufgaben während des Gleichgewichtstrainings verbessern die Gleichgewichtsleistung in besonders sturzgefährdenden Situationen mit »dual-task«-Anforderungen. Die Steigerung von Compliance und Adhärenz der Patienten ist von Bedeutung, um den langfristigen Therapieerfolg zu sichern. Eine vielversprechende Möglichkeit in dieser Hinsicht sind Serious Games. Die Wirksamkeit eines Gleichgewichtstrainings sollte mit Gleichgewichtstests überprüft werden, die eine hohe funktionelle Relevanz haben und auf das jeweilige Ziel des Trainings abgestimmt sind.

## Literatur

- Agmon M, Perry CK, Phelan E, Demiris G, Nguyen HQ. A pilot study of Wii Fit exergames to improve balance in older adults. *J Geriatr Phys Ther* 2011; 34: 161-167.
- Batani H. Changes in balance in older adults based on use of physical therapy vs the Wii Fit gaming system: a preliminary study. *Physiotherapy* 2012; 98: 211-216.
- Bazelier MT, Vries F de, Bentzen J, Vestergaard P, Leufkens HGM, van Staa T, Koch-Henriksen N. Incidence of fractures in patients with multiple sclerosis: the Danish National Health Registers. *Mult Scler* 2012; 18: 622-627.
- Bellomo RG, Iodice P, Savoia V, Saggini A, Vermiglio G, Saggini R. Balance and posture in the elderly: an analysis of a sensorimotor rehabilitation protocol. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2009; 22: 37-44.
- Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998; 27: 264-275.
- Geurts AC, Mulder TH. Attention demands in balance recovery following lower limb amputation. *J Mot Behav* 1994; 26: 162-170.
- Granacher U, Gollhofer A, Strass D. Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait Posture* 2006; 24: 459-466.
- Granacher U, Gruber M, Strass D, Gollhofer A. Auswirkungen von sensomotorischem Training im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2007; 58: 446-451.
- Granacher U, Muehlbauer T, Bridenbaugh S, Bleiker E, Wehrle A, Kressig RW. Balance training and multi-task performance in seniors. *Int J Sports Med* 2010; 31: 353-358.
- Granacher U, Muehlbauer T, Gruber M. A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: impact for testing and training. *J Aging Res* 2012; 2012: 708905.
- Gruber M, Gollhofer A. Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92: 98-105.
- Häfelinger U, Schuba V. Koordinationstherapie. Meyer und Meyer, Aachen 2007.
- Halvarsson A, Olsson E, Farén E, Pettersson A, Ståhle A. Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tend to fall: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2011; 25: 1021-1031.
- Hiyamizu M, Morioka S, Shomoto K, Shimada T. Effects of dual task balance training on dual task performance in elderly people: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2012; 26: 58-67.
- Hoffman M, Payne VG. The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995; 21: 90-93.
- Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther* 2009; 89: 484-498.
- Horlings CGC, van Engelen BGM, Allum JHJ, Bloem BR. A weak balance: the contribution of muscle weakness to postural instability and falls. *Nat Clin Pract Neurol* 2008; 4: 504-515.
- Jerosch J, Pfaff G, Thorwesten L, Schoppe R. Auswirkungen eines propriozeptiven Trainingsprogramms auf die sensomotorischen Fähigkeiten der unteren Extremität bei Patienten mit einer vorderen Kreuzbandinstabilität. *Sportverletz Sportschaden* 1998; 12: 121-130.
- Jobst U. Posturographie-Biofeedback-Training bei Gleichgewichtsstörungen. *Fortschr Neurol Psychiatr* 1989; 57: 74-80.
- King MB, Tinetti ME. Falls in community-dwelling older persons. *J Am Geriatr Soc* 1995; 43: 1146-1154.
- Kressig RW, Herrmann FR, Grandjean R, Michel J, Beauchet O. Gait variability while dual-tasking: fall predictor in older inpatients? *Aging Clin Exp Res* 2008; 20: 123-130.
- Lamoth CJC, Caljouw SR, Postema K. Active video gaming to improve balance in the elderly. *Stud Health Technol Inform* 2011; 167: 159-164.
- Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y. "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 1997; 349: 617.
- Melzer I, Oddsson LI. Improving balance control and self-reported lower extremity function in community-dwelling older adults: a randomized control trial. *Clinical rehabilitation* 2012.
- Muehlbauer T, Besemer C, Wehrle A, Gollhofer A, Granacher U. Relationship between strength, power and balance performance in seniors. *Gerontology* 2012; 58: 504-512.
- Orr R, Raymond J, Fiatarone Singh M. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. A systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med* 2008; 38: 317-343.
- Persad CC, Cook S, Giordani B. Assessing falls in the elderly: should we use simple screening tests or a comprehensive fall risk evaluation? *Eur J Phys Rehabil Med* 2010; 46: 249-259.
- Prosperini L, Leonardi L, Carli P de, Mannocchi ML, Pozzilli C. Visuo-proprioceptive training reduces risk of falls in patients with multiple sclerosis. *Mult. Scler* 2010; 16: 491-499.

29. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train* 2002; 37: 71-79.
30. Ritzmann R, Gollhofer A, Kramer A. The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration. *Eur J Appl Physiol* 2013; 113: 1-11.
31. Rogan S, Hilfiker R, Herren K, Radlinger L, Bruin ED de. Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr* 2011; 11: 72.
32. Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JCT, Lord SR. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *N S W Public Health Bull* 2011; 22: 78-83.
33. Shubert TE. Evidence-based exercise prescription for balance and falls prevention: a current review of the literature. *J Geriatr Phys Ther* 2011; 34: 100-108.
34. Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, van Donkelaar P, Chou L, Mayr U, Woollacott MH. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 381-387.
35. White LJ, Dressendorfer RH. Exercise and multiple sclerosis. *Sports Med* 2004; 34: 1077-1100.
36. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture* 2002; 16: 1-14.

**Interessenvermerk**

Es besteht kein Interessenkonflikt.



Die Originalversion dieses Beitrags erschien in: *Neurologie & Rehabilitation* 2013; 19 (1): 27-34, Schwerpunktthema »Bewegung und Sport in der Neurologie« Gastherausgeber: K. Pfeifer, Erlangen

**Korrespondenzadresse**

Dr. Andreas Kramer  
FG Sportwissenschaft  
Universität Konstanz  
78457 Konstanz  
E-Mail: andreas.kramer@uni-konstanz.de



**Maria-Dorothea Heidler**

## Das Arbeitsgedächtnis

Ein Überblick für Sprachtherapeuten,  
Linguisten und Pädagogen

Hippocampus Verlag,  
Bad Honnef 2013  
broschiert, 252 S., € 34,95  
ISBN 978-3-936817-91-1

Das Arbeitsgedächtnis als Fähigkeit, mehrere aktuell relevante Informationen in einem abrufbaren Zustand zu halten, ist die Basis nahezu aller komplexen geistigen Prozesse. Da es eine Schlüsselrolle bei Fähigkeiten wie Sprachverarbeitung, Kopfrechnen oder Problemlösen spielt, wurden in den letzten Jahren zahlreiche Hypothesen aufgestellt, um die Funktionsweise dieses „arbeitenden Gedächtnisses“ zu erklären. Viele dieser Theorien werden hier dargestellt – unter ihnen das mittlerweile klassische Mehrkomponentenmodell von Baddeley & Hitch und seine Weiterentwicklungen in den letzten vierzig Jahren. Aber auch alternative Modelle werden vorgestellt, die das Arbeitsgedächtnis entweder im Hinblick auf seine Struktur oder seine Funktion zu beschreiben versuchen. Im Fokus des Buches steht das verbale Arbeitsgedächtnis – Zielgruppe sind daher alle Therapeuten und Pädagogen, die sich mit der Theorie, Diagnostik und Therapie von Sprachverarbeitung beschäftigen. Ihnen wird ein umfassender Überblick zu normalen und gestörten Arbeitsgedächtnisfunktionen im Kindes- und Erwachsenenalter, zu den Auswirkungen eines gestörten Arbeitsgedächtnisses auf Sprachverarbeitungsprozesse sowie zu den Diagnostik- und Therapiemöglichkeiten gegeben.

Bestellung im Buchhandel oder unter: [verlag@hippocampus.de](mailto:verlag@hippocampus.de) | Tel.: 02224/91 94 80



Hippocampus  
Verlag