

Gleichgewichtstraining mit Serious Games

Neurol Rehabil 2014; 20 (4): 195–206
Hippocampus Verlag 2014

A. Kliem & J. Wiemeyer

Zusammenfassung

Ein gutes Gleichgewicht und ein sicherer Gang sind sehr bedeutend, um Stürze und daraus folgende Verletzungen zu vermeiden. Andererseits gehen viele neurologische Erkrankungen mit Haltungs- und Gleichgewichtsproblemen einher. Ein gezieltes Training kann die individuelle Gleichgewichtsfähigkeit von Gesunden und Kranken verbessern. In den letzten Jahren wurde untersucht, ob ein effektives Gleichgewichtstraining auch mit Serious Games möglich ist.

In diesem Beitrag werden 25 Studien mit den Untersuchungsgruppen der Älteren und der neurologischen Patienten vorgestellt. Die Analyse der Studien zeigt eine extreme Heterogenität bzgl. Treatment, Design und Outcome-Variablen. In den Studien ist die Tendenz erkennbar, dass ein Gleichgewichtstraining mit Serious Games spezifische Effekte – insbesondere auf das statische Gleichgewicht – hat, welche sich aber nicht ohne Weiteres auf dynamische Gleichgewichtsaufgaben übertragen lassen. In Zukunft sind Studien höherer Qualität erforderlich, um den komplexen Zusammenhang von Serious Games und Gleichgewichtstraining systematisch zu untersuchen.

Schlüsselwörter: Gleichgewicht, Video Spiele, Wii Balance Board

*Institut für Sportwissenschaft,
Technische Universität Darmstadt*

Einleitung

Ohne die Gleichgewichtsfähigkeit könnte ein Mensch über einen Zeitraum von wenigen Sekunden ohne Hilfsmittel weder stehen, gehen noch aufrecht sitzen. Ihr kommt also im täglichen Leben eine sehr große Bedeutung zu. Funktioniert die Gleichgewichtsfähigkeit und somit auch die Alltagsmotorik nicht, wird die Mobilität eines Individuums entscheidend eingeschränkt [40]. Das motorische Gleichgewicht ist eine elementare, alterungsanfällige Fähigkeit. Ein schneller Anstieg im Kindes- und Jugendalter und ein beschleunigter Rückgang im hohen Alter sind Kennzeichen alterungsanfälliger Leistungen. Ein Rückgang der Gleichgewichtsleistungsfähigkeit ist ca. ab der zweiten Lebenshälfte zu verzeichnen. Wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt, stellen sich im mittleren Erwachsenenalter (30–45 Jahre) allmählich Leistungsverminderungen insbesondere bei sportlich untätigen Personen ein. Im späteren Erwachsenenalter (45–65 Jahre) kommt es zu verstärkten motorischen

Leistungsminderungen. Im späten Erwachsenenalter (ab 65 Jahren) treten dann ausgeprägte Leistungsminderungen auf [34].

Störungen des Gleichgewichts können im Alter, bei neurologischen Erkrankungen und nach Verletzungen, vor allem der unteren Extremitäten, auftreten. Die Ursachen hierfür können hämodynamisch, neurologisch oder übungsbedingt sein. Aber auch psychische Faktoren, wie z. B. Angst oder Unsicherheit, haben einen starken Einfluss auf die koordinativen Fähigkeiten und somit auf die Gleichgewichtsfähigkeit. Im Alter scheint der Übungsmangel den gravierendsten Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit auszuüben [40]. Durch den Übungsmangel kommt es zu einer verschlechterten Informationsverarbeitung durch das Zentralnervensystem (ZNS) und zu einer verringerten Verfügbarkeit und Ablaufqualität motorischer Programme [40]. Um Stürze zu vermeiden, ist es daher unbedingt notwendig, Balanceübungen in Prävention, Rehabilitation und Therapie durchzuführen. Die Übbarkeit der Funktionen des Vestibularapparates ist durch vielseitige Untersuchungen bestätigt [9]. Weil die Gleichgewichtsleistung durch viele Sinne beeinflusst wird und somit ein multisensorisches Phänomen ist, kann sie auch unter Einschränkung eines Sinnes gut trainiert werden. Der optische, kinästhetische und statico-dynamische Analysator haben den größten Einfluss auf die Balance.

Aufgrund ihrer großen Bedeutung und der prinzipiellen Trainierbarkeit ist die Gleichgewichtsfähigkeit eine wichtige Komponente in der (Neuro-)Rehabilitation [29]. Ein Training kann mit konventionellen Programmen

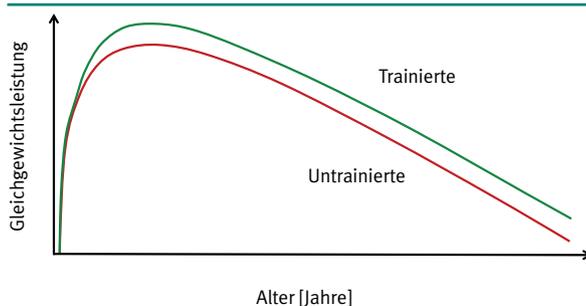


Abb. 1: Schematischer Verlauf der Gleichgewichtsleistung bei Untrainierten und Trainierten

oder mit digitalen Spielen erfolgen. So genannte Serious Games oder in diesem Falle Exergames machen ein spielbasiertes Training möglich. Eine Variante ist zum Beispiel der Einsatz des Nintendo Wii Fit Balance Boards.

In dem vorliegenden Beitrag wird zunächst die Gleichgewichtsfähigkeit definiert und strukturiert. Auf der Grundlage vorhandener Ansätze zur Verbesserung des Gleichgewichts werden Studien analysiert, welche Serious Games zum Gleichgewichtstraining einsetzen.

Gleichgewicht – Definition

»Ein menschlicher Körper ist dann im Gleichgewicht, wenn die Resultierende aller einwirkenden Kräfte und die Summe aller Drehmomente bestimmte Werte nicht überschreiten. Diese Werte variieren in Abhängigkeit von der gestellten Aufgabe sowie individuellen und äußeren Voraussetzungen.« [24]. Der Mensch ist kein starrer Körper, sondern ein durch Gelenke verbundenes Mehrkörpersystem. Im Stehen und Sitzen müssen ununterbrochen Muskelkräfte gegen die Schwerkraft wirken, so dass dieser Zustand als labiles Gleichgewicht anzusehen ist. Zur Einschätzung der Gleichgewichtsfähigkeit können z. B. die Dauer der Aufrechterhaltung eines Gleichgewichtszustandes bzw. das Tempo und die Qualität der Wiederherstellung des Gleichgewichts gemessen werden. Die Gleichgewichtsfähigkeit zählt zu den koordinativen Fähigkeiten [40].

Gleichgewichtsregulation und posturale Kontrolle

Zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts bedient sich der Körper verschiedener Analysatoren. Die wichtigsten Analysatoren für die Balance sind der optische Analysator, der vestibuläre oder statico-dynamische Analysator und der kinästhetische Analysator. Die Informationen dieser Sensoren werden im Zentralnervensystem integriert und zur Regulation von Haltung und Bewegung genutzt [12].

Der aufrechte Stand des Menschen ergibt sich aus dem Zusammenspiel einer Vielzahl afferenter und efferenter Einflüsse. Die Verarbeitung von Informationen der Sinnessysteme sowie der Antizipation initiieren und skalieren motorische Efferenzen auf spinaler, Hirnstamm- und subkortikaler Ebene und es entsteht eine an die jeweilige Situation angepasste Ansteuerung der relevanten Muskulatur. Erst aus der Integration der verschiedenen Afferenzen ergibt sich für das Bewusstsein ein konsistentes Abbild der eigenen Haltung [19]. Unerwartete Störungen des aufrechten Standes aktivieren automatische, kompensatorische Mechanismen, die posturalen Reaktionen bzw. Synergien. Sie sind größtenteils unbewusst ablaufende, organisierte motorische Antworten, die durch externe Reize ausgelöst werden.

Unterschiedliche Strategien der posturalen Reaktionen konnten beobachtet und untersucht werden, zum Beispiel die Sprunggelenks-Strategie und Hüft-Strategie. Diese sind unterschiedliche, neuronal programmierte

te Aktivierungsmuster der Muskulatur. Sie werden, in Abhängigkeit von der Störung und der Bewegungserfahrung, in höheren Ebenen des zentralen Nervensystems ausgewählt und auf niedrigeren Ebenen modifiziert [39].

Die Information über einen Gleichgewichtsverlust führt zu einem reflexartigen Abruf dieser posturalen Reaktionen. Die Programme laufen nahezu genauso schnell und stereotyp wie Muskeleigenreflexe ab, können aber an veränderte Bedingungen angepasst werden und sind durch Erfahrung und Übung modifizierbar. Posturale Reaktionen können anhand ihrer Latenz verschiedenen funktionellen Strukturen zugeordnet werden: SL (short latency), ML (medium latency) und LL (long latency), abhängig davon, ob sie auf spinaler oder kortikaler Ebene ablaufen.

Posturale Reaktionen werden häufig in zwei Systeme unterteilt: Das sogenannte antizipierende System dient der Korrektur von vorhersehbaren Störungen des Gleichgewichts durch Abruf eines passenden, vorprogrammierten Korrekturschemas. Das kompensierende oder reaktive System ist für die korrigierenden Antworten auf unerwartete Störungen, aber auch für die Anpassung eines gerade schon ablaufenden Korrekturprogramms des antizipierenden Systems zuständig. Das antizipierende System ist zeitlich vorwärts ausgerichtet (feedforward), während das kompensierende System (feedback) zeitgleich zur Perturbation arbeitet. Welches Programm zur Stabilisierung der Balance ausgewählt wird, hängt unter anderem von der Richtung und der Geschwindigkeit der Störung ab, von vorangegangener Erfahrung und der Art der Bewegung, die durch die Störung unterbrochen wurde. Beide Systeme sind trainierbar [19].

Ansätze für ein Gleichgewichtstraining von Gesunden und Kranken

Neurologische Erkrankungen, die am häufigsten zu Stürzen führen, sind Morbus Parkinson, Multiple Sklerose und Patienten nach einem Schlaganfall. Sportlich inaktive Personen ab dem 65. Lebensalter gelten zudem als besonders sturzgefährdet. Für diese Personen wird ein Gleichgewichtstraining zur Sturzprophylaxe empfohlen.

Das Gleichgewicht zählt zu den am besten bis ins hohe Alter trainierbaren motorischen Fähigkeiten. Dies ist dadurch bedingt, dass die Gleichgewichtsfähigkeit als multifaktorielles und multisensorisches Phänomen von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird. Neben den bereits erwähnten sensorischen Systemen wird sie von Kraft und Beweglichkeit beeinflusst [15]. Ist ein Faktor eingeschränkt, kann ein Training andere Faktoren positiv beeinflussen und somit trotzdem die Gleichgewichtsfähigkeit verbessern. Ein Gleichgewichtstraining führt zu einer Vielfalt neuronaler Anpassungen, z. B. aufgabenspezifischer Veränderung spinaler und transkortikaler Reflexe und der Aktivität subkortikaler motorischer Areale [33], welche nicht nur zu einer Verbesserung des Gleichgewichts, sondern auch der Kraft führen können. Diese Anpassungen zeigen sich besonders deutlich bei

gesunden Probanden, aber auch – in Abhängigkeit vom Krankheitsbild – bei neurologischen Patienten.

Ein systematisches Gleichgewichtstraining sollte methodisch nach folgenden Komponenten vorgehen (siehe auch Abbildung 2):

1. Gleichgewichtstraining im »stabilen Stand«
2. Gleichgewichtstraining im Stand in Verbindung mit verstärkter Oberkörperaktivität
3. Gleichgewichtstraining in der räumlichen Fortbewegung
4. Gleichgewichtstraining auf labilem und instabilem Untergrund

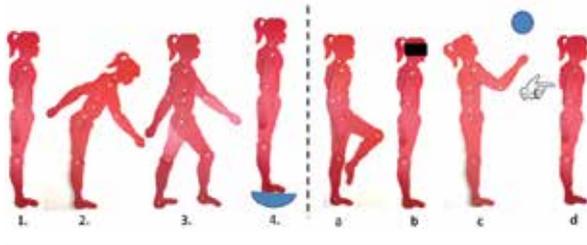


Abb. 2: Beispiele für Gleichgewichtsübungen

Zur weiteren Differenzierung und zur zusätzlichen Erhöhung der Schwierigkeit können die folgenden Zusatzerfordernisse auf allen vier methodischen Stufen ergänzt werden:

- a. Reduktion der Standfläche (z.B. im geschlossenen Stand, Tandem-Stand, Einbeinstand, auf einer Linie)
- b. Einschränkung oder Irritation der sensorischen Information (mit geschlossenen Augen, mit Drehung des Kopfes, etc.)
- c. Mit weiteren Zusatzaufgaben (z.B. einen Ball hochwerfen und fangen)
- d. Mit Störungen des Gleichgewichts (leichter Stoß) als reaktives Training

Eine andere Herangehensweise an ein Balancetraining kann über das Modell von Neumaier und Mechling [20, 21], den Koordinations-Anforderungs-Regler (KAR) erfolgen (siehe Abbildung 3). Bewegungsanforderungen bzw. Bewegungsaufgaben werden unter Druckbedingungen erschwert, und Sinnesinformationen werden eingeschränkt. Eine Balanceübung kann also unter Präzisionsdruck, Zeitdruck, Komplexitätsdruck, Situationsdruck, Variabilitätsdruck oder Belastungsdruck trainiert werden. Nach Roth gehört zu einem methodischen Grundrezept der Koordinationsschulung des Gleichgewichts das Üben beherrschter Fertigkeiten plus die Vielfalt afferenter und efferenter Anforderungen plus zusätzliche Druckbedingungen als Würze. Zu Variation, Komplexität und Kombination kommt die systematische Steigerung der Druckbedingungen unter Berücksichtigung der Zielgruppenspezifität [38, 20]. Generell sollte das Gleichgewichtstraining als herausfordernd empfunden werden, möglichst variantenreich und vielfältig sein, unterschiedliche Regulationsformen trainieren (reaktiv, proaktiv, kontinuierlich) und regelmäßig statt-

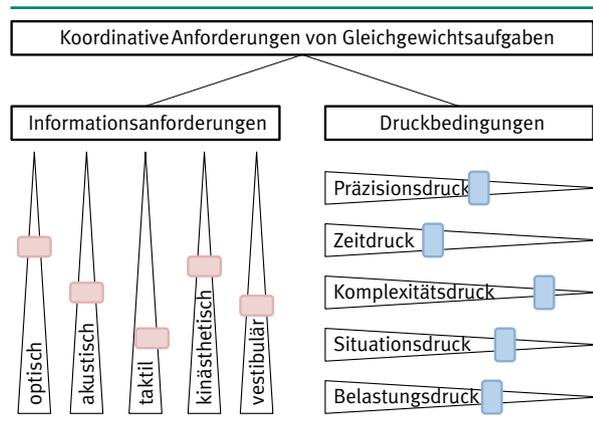


Abb. 3: Koordinations-Anforderungs-Regler nach [20]

finden. Eine gestellte Aufgabe sollte nicht »auf Anhieb« lösbar sein, darf den Übenden aber auch nicht überfordern. Ausreichende Sicherheitsvorkehrungen müssen an das Individuum angepasst sein und Stürze während des Trainings sind unbedingt zu verhindern [3]. Allerdings gibt es bis heute keine wissenschaftlich fundierten Belastungsnormativa, sodass wichtige Trainingsparameter wie Intensität, Wiederholungszahl, Serienzahl, Übungsdauer und Belastungsdauer auf Erfahrungen basieren [18].

Gleichgewichtstraining mit Hilfe von Serious Games – Kritische Analyse der vorliegenden Studien

In den letzten Jahren häuften sich die Studien über den Einsatz von Serious Games, sogenannten ernstern Spielen oder Lernspielen, beim Gleichgewichtstraining. Neue Entwicklungen der Spiele-Industrie machten dies möglich. Unterschiedliche Fragen sollten anhand der Studien beantwortet werden, z.B.: Ist ein videospiegelgestütztes Gleichgewichtstraining genauso gut oder sogar besser als ein traditionelles Training? Wenn ja, kann ein Gleichgewichtstraining dann von den Patienten zu Hause, ohne Aufsicht durchgeführt werden, und können somit Kosten und Anfahrtswege reduziert werden? Ist ein videospiegelgestütztes Training ein motivierenderes und interessanteres Training als ein traditionelles? Ist das Wii Fit Balance Board ein geeignetes Trainingsgerät zur Sturzprophylaxe? etc.

Die Suche nach relevanten Studien wurde über Google Scholar und PubMed mit den Schlagwörtern balance, postural control, exergame, elderly, multiple sclerosis, Wii Balance Board durchgeführt. Insgesamt wurden 49 Studien lokalisiert, 36 davon waren zugänglich und 30 stellten sich als relevant heraus. Weiterhin schieden fünf Studien mit einer sehr geringen Anzahl von Versuchspersonen (n=1 bis n=5) aus. Ausgewählt wurden Längsschnittstudien mit Erwachsenen, Älteren und sturzgefährdeten Patienten. Vor allem die Studien mit neurologischen Patienten sollen hier besondere Aufmerksamkeit erhalten. Die Untersuchungen mit Älteren und mit neurologischen Patienten sind zusätzlich in Tabelle 1 aufgeführt.

Autoren	Studiendesign	Anzahl TN insgesamt + Krankheit	Versuchsgruppe (VG) mit Treatment	Treatmentgruppe (K1) und No-Treatment-Kontrollgruppe (K0)	Dauer Gesamtumfang (GU)	Verwendete Tests	Ergebnisse	Qualität der Studie
Untersuchungen mit gesunden und sturzgefährdeten Älteren								
Young et al. [42]	Machbarkeitsstudie	6 gesunde Ältere	N = 6 Alter 84,1 ± 5,1 Training mit dem WBB		4 Wochen. Insgesamt 10 x 20 Minuten GU: 3,3 h	Sway variability of the COP eyes-open und eyes-closed	Signifikante Verbesserung in sway variability anterior-posterior eyes-open	- Kleine Stichprobe - Keine K0, keine K1 - Kurze Laufzeit der Studie
Agmon et al. [1]	Pilotstudie	7 sturzgefährdete Ältere	N = 7 Alter: 84 (Range 79–92) Training mit dem WBB zu Hause		3 Monate. 3 x pro Woche für 30 Minuten (Range 10 min bis 2 h). Ca. 50 TE (Range 3–68) GU: 25 h	BBS, 4-Meter Timed Walk Test, PACES	VG verbesserte sich signifikant in BBS und im 4-Meter Timed Walk Test	- Keine K0, keine K1 - Kleine Stichprobe - Training ohne Aufsicht - Große Unterschiede bei der Anzahl der Trainingseinheiten
Bieryla et al. [4]	Machbarkeitsstudie randomisiert	9 gesunde Ältere > 70 Jahre (20 starteten die Untersuchung)	N = 4 Alter: 82,5 ± 1,6 Training mit dem WBB	N = 5 Alter: 80,5 ± 7,8 Normale tägliche Aktivitäten Kein Training	3 Wochen 3 x pro Woche à 30 Minuten GU: 4,5 h	BBS FAB FR TUG	Sign. Verbesserung der VG im BBS, keine Verbesserung für die K0.	- Kurze Dauer der Studie - Kleine Stichprobe - Keine K1
Heiden und Lajoie [14]	Pilotstudie	16 Ältere Alter ca. 77 Jahre	N = 9 Training mit dem NeuroGym System, einer Kraftmessplatte	N = 7 Kein Training	8 Wochen 2 x pro Woche à 30 Min GU: 8 h	Postural Sway (Kraftmessplatte) Doppelaufgabe: Reaktion auf ein akustisches Signal während dem Stand auf einer Kraftmessplatte CBM 6-Min Walk Test	Die VG verbesserte sich in der Reaktionszeit und im CBM Score signifikant. Bei beiden gab es einen Unterschied zwischen den Gruppen. Beide Gruppen verbesserten sich sign. Im 6-Min Walk Test, kein Unterschied zwischen den Gruppen.	- Keine K1 - Kleine Stichprobe
Rendon et al. [30]	RCT einfachblind	34 gesunde, ältere Veteranen des US Militärs	N = 16 Alter: 85,7 ± 4,3 Training mit dem WBB. Vor und nach dem Training Warm-up und Cool-down für je 8 Minuten.	N = 18 Alter: 83,3 ± 6,2 Kein Training	6 Wochen 3 x pro Woche für 35–45 Minuten GU: 10,5 – 13,5 h	8-foot TUG ABC, GDS	VG verbesserte sich signifikant im 8-foot TUG und in der ABC.	- Keine K1 - Alle VPN waren Veteranen, Übertragbarkeit der Ergebnisse fraglich. - Kein Warm-up und Cool-down für die K0, daher fraglich, ob die Ergebnisse nicht darauf zurückzuführen sind.
Jørgensen et al. [16]	RCT observerblind	58 gesunde Ältere	N = 28 Alter 75,9 ± 5,7 Training mit dem WBB	N = 30 Alter: 73,7 ± 6,1 Benutze jeden Tag EVA-Schuheinlagen. Kein Training	10 Wochen 2 x pro Woche ca. 35 Min. GU: 11,7 h	Maximalkraft der Beinextensoren COP TUG 30-CST FES-I	Bei Maximalkraft, TUG, 30-CST und FES-I verbesserte sich die VG signifikant deutlicher als die K0. Beim COP gab es keine Unterschiede.	- Keine K1
Williams et al. [37]	Machbarkeitsstudie	17 sturzgefährdete Ältere	N = 13 Alter: 76,8 ± 5,2 Training mit dem WBB 19 TE wurden absolviert (Range 3–24)	N = 4 Alter: 76,5 ± 4,8 Normales Sturz-Trainingsprogramm	12 Wochen 2 x pro Woche. GU: nicht angegeben	BBS TT FES-I AFRIS	Signifikante Verbesserung der VG im BBS nach der 4. Woche, nicht aber nach der 12. Woche.	- Nicht randomisiert, signifikante Unterschiede in der Baseline. - Ungleiche Gruppengrößen wegen hohem Dropout, Vergleichbarkeit nicht mehr gegeben - Trainingseinheiten wurden nicht kontrolliert - Kleine Stichprobe - Keine K0

Autoren	Studiendesign	Anzahl TN insgesamt + Krankheit	Versuchsgruppe (VG) mit Treatment	Treatmentgruppe (K1) und No-Treatment-Kontrollgruppe (K0)	Dauer Gesamtumfang (GU)	Verwendete Tests	Ergebnisse	Qualität der Studie
Bateni et al. [2]	Vorstudie Randomisiert doppelblind	16 sturzgefährdete Erwachsene bis Ältere (Range 53–91)	N = 5 Alter: 79 ± 13 Training mit dem WBB	K1: n = 5. Alter: 68 ± 14 Training mit dem WBB und traditionelles Training K2: N = 6. Alter: 72 ± 12 Traditionelles Training	4 Wochen 3 x pro Woche GU: nicht angegeben	BBS Bubble Test	Alle Gruppen verbesserten sich. K1 und K2 verbesserten sich deutlicher als die VG im BBS. Die K1 verbesserte sich deutlicher als die VG im Bubble Test.	- Randomisiert nur zwischen K1 und K2 - Kleine Stichprobe - Kurze Dauer der Studie - Aufgrund der kleinen Gruppen wurde nicht auf Signifikanz geprüft - Keine K0
Franco et al. [11]	Pilotstudie	32 gesunde Ältere	N = 11 Alte Menschen in betreutem Wohnen Training mit dem WBB	K1: N = 11. Training nach dem Matter of Balance Program K0: N = 10 kein Training	3 Woche 2 x pro Woche à 15 Min. GU: 1,5 h	BBS TT SF-36	Keine signifikanten Verbesserungen.	- Kurze Laufzeit der Studie - Nicht randomisiert - VG trainierte zusätzlich zum WBB Programm zu Hause weitere Übungen - Kleine Versuchsgruppen
Toulotte et al. [35]	RCT	36 gesunde ältere Menschen, Alter: 75,09 ± 10,26	n= 9 Wii Fit, Training mit dem WBB	K1: n = 9. traditionelles Training. K2: n = 9. Kombination aus traditionellem und WBB Training (50/50) K0: n = 9. kein Training	20 Wochen je eine Stunde pro Woche GU: 20 h	TT, Einbeinstand Wii Fit test (COP)	VG, K1 und K0 verbesserten sich signifikant beim statischen Anteil des TT, die VG und K0 zudem im dynamischen. VG und K0 verbesserten sich signifikant beim Einbeinstand und beim COP, gemessen mit der Wii.	- Kleine Versuchsgruppen
Davies et al. [7]	Pilotstudie	Je 5 jüngere und ältere Erwachsene	N = 5 Alter: unbekannt	N = 5 Alter: Ältere (77–88 J.)	1 Sitzung	Leistung, Akzeptanz	Hohe Akzeptanz Heterogene Leistungen	- Keine K1 und K0 - Kein Pretest - Nur eine Sitzung

Untersuchungen mit neurologischen Patienten

Salem et al. [31]	RCT einfachblind	40 Kinder mit Entwicklungsstörungen, Alter 3–5 Jahre.	N = 20 Alter: 4,1 ± 0,5 2 x pro Woche 1 TE = 30 Minuten WBB und Wii Sports	N = 20 Alter: 4 ± 0,5 Normales Training weitergeführt.	10 Wochen GU: 10 h	Laufgeschwindigkeit, TUG, Einbeinstand, Five-times-sit to stand-Test, 10MT, Timed up and down-stairs Test, 2 Minute Walk Test, Griffstärke, GMFM	Beide Gruppen verbesserten sich in allen Variablen: VG verbesserte sich gegenüber der KG im Einbeinstand und in der Griffstärke der rechten und linken Hand.	- Keine K0 - Nur Kinder mit geringen Entwicklungsstörungen waren eingebunden, Frage nach der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf und der Durchführbarkeit mit Kindern mit größeren Entwicklungsstörungen
Tarakci et al. [32]	Pilotstudie	14 Kinder mit Zerebralparese	N = 14 Alter: 12,07 ± 3,36 Training mit dem WBB		12 Wochen 2 x pro Woche à 40 Min. GU: 16 h	Einbeinstand mit geöffneten Augen, FRT, TUG, 6-Minute Walking Test	Die VG verbesserte sich in allen untersuchten Merkmalen.	- Von ursprünglich 26 VPN haben 12 die Untersuchung abgebrochen - Kleine Stichprobe - Keine K0, keine K1
Ortiz-Gutierrez et al. [25]	Pilotstudie	47 Patienten mit Multipler Sklerose	N = 24 Alter = 39,69 ± 8,13 xBox + Kinetic 4 x 20 Min pro Woche	N = 23. Alter = 42.78 ± 7.38 traditionelles Training 2 x 40 min pro Woche	10 Wochen GU: 13,3 h	BBS TT SOT 1–6	Die VG hat sich beim SOT in visual preference und vestibular Information verbessert Beim BBS und TT hat sich die VG signifikant deutlicher verbessert als die K1	- Nicht randomisiert - nicht blind - Keine K0 - Unterschiedliche Dauer und Häufigkeit der Trainingseinheiten

Autoren	Studiendesign	Anzahl TN insgesamt + Krankheit	Versuchsgruppe (VG) mit Treatment	Treatmentgruppe (K1) und No-Treatment-Kontrollgruppe (K0)	Dauer Gesamtumfang (GU)	Verwendete Tests	Ergebnisse	Qualität der Studie
Brichetto et al. [5]	RCT Einfachblind	36 Patienten mit Multipler Sklerose	N = 18 Alter: 40,7 ± 11,5 Training mit dem WBB	N = 18 Alter: 43,2 ± 10,6 Traditionelles Training	4 Wochen 3 x pro Woche à 60 Minuten GU: 12 h	BBS MFIS Sway Kraftmessplatte mit offenen und geschlossenen Augen	Beide Gruppen verbesserten sich signifikant in allen Merkmalen. Die VG verbesserte sich deutlicher in BBS und auf der Kraftmessplatte mit geöffneten und geschlossenen Augen.	- Keine KO - Kurze Dauer der Studie
Prosperini et al. [28]	Pilotstudie Randomisiert, überkreuz	34 Patienten mit Multipler Sklerose Alter 36,2 ± 8,6	N = 17 Alter: 35,3 ± 8,6 VG1 Training mit dem WBB zu Hause in Woche 1–12, danach kein Training	N = 17 Alter: 37,1 ± 8,8 VG2 Woche 1–12 kein Training, danach Training mit dem WBB zu Hause, Woche 13–24	24 Wochen 1 TE = 30 Min GU: unbekannt	COP auf der Kraftmessplatte mit geöffneten Augen FSST 25-FWT MSIS-29	VG1 verbesserte sich signifikant in COP, FSST und MSIS-29 nach den ersten 12 Wochen, danach näherten sich die Werte den Ausgangswerten an. In der VG2 veränderten sich die Werte nicht in den Wochen 1–12, nach dem Training gab es eine signifikante Verbesserung in allen Werten.	- Keine Kontrolle des Trainings - Nicht blind - Keine Auswaschphase zwischen den Studienperioden
Nilsagard et al. [22]	RCT einfachblind, Multicenterstudie,	80 Patienten mit Multipler Sklerose	N = 41 Alter: 50 ± 11,5 Training mit dem WBB	N = 39 Alter: 49,4 ± 11,1 Kein Training	6–7 Wochen, 2 x pro Woche. Insgesamt 12 Einheiten à 30 Minuten. GU: 6 h	TUG, TUGcognitive, FSST, 25FWT, DGI, MSWS-12, ABC, TCS.	Die VG verbesserte sich signifikant in allen Merkmalen, die KO verbesserte sich signifikant in TUGcognitive, FSST und DGI. Generell gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.	- Die Aktivitäten der KO wurden nicht kontrolliert. - Keine K1
Pompeu et al. [27]	RCT Stichprobengrößenberechnung, einfachblind, follow up klinische Studie.	32 Patienten mit Parkinson, Alter m= 67,4	N = 16 10 Spiele auf dem WBB 1 TE = 30 Min	N= 16 Traditionelles Training 1 TE = 1 Stunde: 30 Min. Kräftigung, Dehnen + 30 Min. Gleichgewichtstraining. GG-Übungen ohne Feedback oder kognitive Stimulation	7 Wochen, 2 x pro Woche GU (VG): 7 h GU (K1): 14 h	ADL (UPDRS-II) BBS Einbeinstand Montreal Cognitive Assessment	Beide Gruppen verbesserten sich signifikant bei den ADLs (UPDRS-II), bei BBS, beim Einbeinstand und bei der kognitiven Performanz (Montreal Cognitive Assessment). Kein Unterschied zwischen den Gruppen	- Keine KO - Unterschiedliche Trainingsumfänge der Gruppen
Esculier et al. [8]	Pilotstudie	18 Parkinsonpatienten und gesunde Ältere	N = 10 Parkinsonpatienten, Alter 61,9 ± 11,0 30 Minuten auf dem WBB, 10 Minuten mit der Wii Sports	N = 8 Gesunde Ältere Alter 63,5 ± 12,0 30 Minuten auf dem WBB, 10 Minuten mit der Wii Sports	6 Wochen 3 x pro Woche à 40 Minuten GU: 12 h	Einbeinstand, TUG, STST, 10 m walk test, CBM, TT, ABC	Beide konnten sich beim Einbeinstand, TUG, STST und im 10-m Walk Test verbessern. Die VG konnte sich zudem im CBM und im TT verbessern.	- Keine KO - Kleine Stichprobe
Yen et al. [41]	RCT einfachblind Follow-up	38 Parkinson-Patienten (Hoehn-Yahr stages II-III)	N = 13 Alter: 70,4 ± 6,5 Training auf einem Balance Board. 10 Min Aufwärmen ohne Board, dann 20 min Training mit Board	K1: N = 13. Alter: 70,1 ± 6,9 Traditionelles Training K0: N = 12 Alter: 71,6 ± 5,8 Kein Training	6 Wochen 2 x pro Woche à 30 Min GU: 6 h	SOT1–6 Sensory ratio VRT während des Einbeinstandes und Zusatzaufgaben	VG und K1 verbesserten sich in je einer SOT, kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die KO verbesserte sich in keiner SOT. K1 verbesserte sich im sensory ratio signifikant mehr als die K0. Keine signifikanten Effekte bei VRT.	- Kleine Versuchsgruppen

Autoren	Studiendesign	Anzahl TN insgesamt + Krankheit	Versuchsgruppe (VG) mit Treatment	Treatmentgruppe (K1) und No-Treatment-Kontrollgruppe (K0)	Dauer Gesamtumfang (GU)	Verwendete Tests	Ergebnisse	Qualität der Studie
Gil-Gomez et al. [13]	RCT-Pilotstudie einfachblind, klinische Studie	17 Patienten mit Hirnschädigungen	N = 9 Alter: 45,78 ± 15,38 Training mit dem WBB und eigens entwickelten Spielen. 3–5 Sessions pro Woche, insgesamt 20 Stunden Spielzeit	N = 8 Alter: 49,13 ± 21,18 Traditionelles Training. Insgesamt 20 Einstündige Trainingseinheiten	GU: 20 h	Statisches GG (BBS, BBA, ART) Dynamisches GG (TST, ST, 1MWT, 10 MT, TUG, 30SST)	Beide Gruppen verbessern sich im statischen GG. Keine Verbesserung im dynamischen GG. Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen	- Heterogene Gruppe, unterschiedliche Hirnschädigungen - Keine K0 - Kleine Stichprobe
Padala et al. [26]	Pilotstudie randomisiert	22 Alzheimer-Patienten	N = 11 Alter: 79,3 ± 9,8 Training mit dem WBB	N = 11 Alter: 81,6 ± 5,2 Spazieren in Dreiergruppen unter Aufsicht	8 Wochen, 5 x pro Woche à 30 Min. GU: 20 h	BBS, TT, TUG, ADL, IADL, QOL-AD, MMSE	Die VG verbesserte sich signifikant in BBS und TT, die KG in TT und QOL-AD. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.	- Kleine Stichprobe - Nicht blind - Keine K0 - Keine Kontrolle der Aktivitäten neben der Untersuchung
Cho et al. [6]	RCT Machbarkeitsstudie	22 Schlaganfallpatienten. Alle machen ein Standard Rehabprogramm	N = 11 Alter: 65,26 ± 8,35 Zusätzlich zur Reha Training mit dem WBB	N = 11 Alter: 63,13 ± 6,87 Kein zusätzliches Training	6 Wochen, 3 x pro Woche à 30 Min. GU: 9 h	BBS TUG Statisches GG, gemessen am Posturograph	signifikante Verbesserung der VG in BBS und TUG gegenüber der K0	- Keine K1 - Kleine Stichprobe

Tab. 1: Übersicht über Gleichgewichtsstudien mit Serious Games

ABC = Activities specific Balance and Confidence Scale; ADL = Activities of Daily Living; AFRIS = Attitude to Falls related Interventions Scale; ART = Anterior Reach Test; BBA = Brunel Balance Assessment; BBS = Berg Balance Scale; CBM = Community Balance and Mobility Assessment; COP = Centre of Pressure; DGI = Dynamic Gait Index; DPSI = Dynamic Postural Stability Index; EVA = Ethylene Vinyl Acetate polymer; FAB = Fullerton Advanced Balance; FES-I = Falls Efficacy Scale International; FR = Functional Reach; FSST = Four Square Step Test; GDS = Geriatric Depression Scale; GMFM = Gross Motor Function Measure; GGT = Gleichgewichtstest nach Wydra; IADL = Instrumental Activities of Daily Living; MFSI = Modified Fatigue Impact Scale; MMSE = Minimal Mental State Examination; MSIS-29 = 29-Item MS Impact Scale; MSWS-12 = 12-Item MS Walking Scale; QOL-AD = Quality of Life-Alzheimer's Disease; SEBT = Star Excursion Balance Test; SF-36 = 36-Item short form health survey; SOT1–6 = Sensory Organisation Test. 1) eyes open, 2) eyes closed, 3) sway vision, 4) eyes-open sway support, 5) eyes-closed sway support, 6) sway vision-sway support; ST = Stepping Test; STST = Sit to Stand Test; TCS = Timed Chair Stand test; TE = Trainingseinheit; TST = timed stair test; TT = Tinetti test; TUG = Timed up and go Test; TUGcognitive = Timed up and go Test cognitive; UPDRS = Unified Parkinson Disease Rating Scale; VRT = Verbal Reaction Time; WBB = Wii Balance Board; 1MWT = 1-Minute Walking Test; 10MT = 10 Meter Walking Test; 25FWT = 25-Foot Walk Test; 30-CST = 30-s repeated Chair Stand Test; 30 SST = 30-second Sit-to Stand Test

Untersuchungen mit gesunden Erwachsenen

Die Studien [10], [17] und [36] untersuchten gesunde Erwachsene. Alle drei sind randomisierte, kontrollierte Studien (RCT), verfügen aber nur über kleine Stichproben. Bei Vernadakis et al. [36] und Kliem & Wiemeyer [17] trainierte die Versuchsgruppe (VG) auf dem Wii Balance Board (WBB), und die Kontrollgruppe 1 (K1) absolvierte ein traditionelles Training. Kliem & Wiemeyer [17] verfügten zusätzlich über eine Kontrollgruppe ohne Treatment (K0). Bei Fitzgerald et al. [10] trainierte die VG auf einem selbst entwickelten Wackelbrett und mit selbst entwickelten Spielen. Die K1 trainierte ebenso auf dem Wackelbrett – allerdings ohne Spiele. Bei Vernadakis et al. [36] verbesserten sich die VG und die K1 signifikant beim Gleichgewichtstest, gemessen mit dem Biodex Stability System. Es gab keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Alle Vpn dieser Studie waren Sportstudenten, man kann also davon ausgehen, dass sie ein gutes sportliches Grundniveau mitbrachten. Zudem waren die

Tätigkeiten außerhalb des Versuchs nicht limitiert. Bei Kliem & Wiemeyer [17] verbesserten sich VG, K1 und K0 signifikant in allen durchgeführten Gleichgewichtstests. Es liegt nahe, dass hier ein Testwiederholungseffekt vorliegt, denn die K0 (ohne Training) verbesserte sich ebenfalls. Im dynamischen Gleichgewichtstest (GGT) verbesserten sich VG und K1 signifikant deutlicher als K0. Bei diesem Test hatte die K0 ein hohes Ausgangsniveau auf der Baseline und konnte sich somit zum Posttest nicht wesentlich verbessern. Es ist also schwierig, die Ergebnisse eindeutig zu interpretieren, da sich Testwiederholungs-, Ausgangswert- und Übungseffekte überlagern. Bei Fitzgerald et al. [10] verbesserten sich beide Gruppen beim star excursion balance test (SEBT) in der posteromedialen Richtung. In einer weiteren, der posterolateralen Richtung verbesserte sich nur die K1. Da aber keine K0 vorhanden ist, sind die Ergebnisse nicht eindeutig interpretierbar. Beim Fragebogen (IMI) erreichte die VG signifikant höhere Werte im Bereich Interest/Enjoyment bezogen auf das absolvierte Training Interesse.

Untersuchungen mit gesunden und sturzgefährdeten Älteren

In zwei Machbarkeits- bzw. Pilotstudien ([42] und [1]) ohne Kontrollgruppe konnten sich die beiden Spielgruppen nach einem Training mit dem WBB in den verwendeten Gleichgewichtstests verbessern. Da jeweils Kontrollgruppen fehlten, können die Ergebnisse nicht zweifelsfrei als Treatmenteffekte interpretiert werden.

Vier weitere Studien [4, 14, 16, 30] verfügten bei ihren Untersuchungen über eine VG und eine Ko. Bei Bieryla und Dold [4] verbesserte sich die VG signifikant in einem der vier verwendeten Tests. Bei Heiden und Lajoje [14] verbesserte sich die VG in zwei Tests signifikant. Bei beiden Untersuchungen gab es einen Unterschied zwischen den Gruppen zu Gunsten der Versuchsgruppen. VG und Ko verbesserten sich bei [14] zudem signifikant im 6-Minute Walk Test. Hier gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Rendon et al. [30] untersuchten 34 ältere amerikanische Kriegsveteranen. Vor und nach dem Training wurde jeweils ein Auf- bzw. Abwärmen durchgeführt. Die VG verbesserte sich signifikant in zwei Tests. Für die Ko gab es neben dem fehlenden Treatment auch kein Auf- und Abwärmen, daher ist fraglich, ob die Ergebnisse nicht darauf zurückzuführen sind. Der RCT von Jörgensen et al. [16] untersuchte die größte Stichprobe (58 gesunde Ältere). In vier Tests verbesserte sich die VG signifikant deutlicher als die Ko. Bei einem Test zum Schwankungsweg des centre of pressure (COP), gemessen auf einer Kraftmessplatte, gab es keine Unterschiede. Alle vier Untersuchungen machen deutlich, dass positive Effekte nach einem videospiegel-gestützten Gleichgewichtstraining zu finden sind, allerdings ist durch das Studiendesign nicht immer sichergestellt, auf welche Faktoren die Verbesserung zurückgeführt werden kann. Zu bemängeln bei den vier vorgestellten Untersuchungen sind die kurze Dauer der Studie [4], die kleinen Stichproben [4, 14], die Auswahl der Stichprobe [30] und die fehlende Kontrollgruppe mit Treatment (alle vier Studien).

Williams et al. [37] wählten in ihrer Machbarkeitsstudie ein anderes Design. Sie verglichen ein Training auf dem WBB (VG, n=13) mit einem normalen Sturztrainingsprogramm (K1, n=4). Die Trainings fanden zweimal pro Woche über einen Zeitraum von 12 Wochen statt. Die Studie ergab eine signifikante Verbesserung der VG bzgl. der Berg Balance Scale (BBS) nach der 4. Woche, nicht aber nach der 12. Woche. Beim Tinetti Test (TT), bei der Falls Efficacy Scale International (FES-I) und der Attitude to Falls-Related Interventions Scale (AFRIS) gab es keine Effekte. Bateni [2] teilte insgesamt 16 sturzgefährdete Ältere in eine VG (n=5; Training mit dem WBB), eine K1 (n=5, Mischung aus Training mit dem WBB und einem traditionellen Training) und eine K2 (n=6; nur ein traditionelles Training). Alle Gruppen trainierten vier Wochen lang, dreimal pro Woche. Alle Gruppen verbesserten sich auf der BBS und im Bubbletest. K1 und K2 verbesserten sich deutlicher als die VG in der BBS.

Die K1 verbesserte sich deutlicher als die VG im Bubble Test. Franko et al. [11] untersuchen eine Versuchsgruppe (VG; n=11), eine Treatmentgruppe (K1; n=11) und eine No-Treatmentgruppe (Ko; n=10). Die Versuchsgruppe trainierte auf dem WBB, die Treatmentgruppe absolvierte ein Training nach dem Matter of Balance Programm. Das Training wurde über einen Zeitraum von 3 Wochen zweimal pro Woche für 15 Minuten durchgeführt. Auf der Berg Balance Scale, beim »Tinetti Gait and Balance Assessment« und beim »36-Item short form health survey« waren keine signifikanten Ergebnisse zu verzeichnen. Die Studien weisen jedoch einige Mängel auf. Es wurde nicht oder nur teilweise randomisiert [2, 11, 37], es wurde mit kleinen Untersuchungsgruppen gearbeitet [2, 11, 37], das Treatment wurde nur über einen kurzen Zeitraum durchgeführt [2, 11] und es gab keine Kontrollgruppe ohne Training [2, 37]. Bei [37] gab es zudem bereits in der Baseline signifikante Unterschiede. Außerdem wurden die Trainingseinheiten nicht kontrolliert, und die hohe Dropout-Quote führte zu ungleichen Gruppengrößen.

Toulotte et al. [35] verwendeten das aufwändigste Design mit der Zielgruppe der Älteren. Sie verglichen eine Versuchsgruppe, die mit dem WBB trainierte (VG; n=9), eine Kontrollgruppe, die ein traditionelles Training absolvierte (K1; n=9), eine Kontrollgruppe, die eine Kombination aus traditionellem und WBB Training absolvierte (K2; n=9) und eine No-Treatmentgruppe (Ko; n=9). Über einen Zeitraum von 20 Wochen wurde je eine Stunde pro Woche trainiert. K1 und K2 verbesserten sich beim Tinetti Test (einem Test mit 12 Items zum statischen Gleichgewicht und 9 Items zum dynamischen Gleichgewicht), beim Einbeinstand und bei der Schwingung des COP (hier nur die K2, nicht die K1). Die VG konnte sich beim Tinetti Test nur bei den 12 Items zum statischen Gleichgewicht verbessern und beim Test zum COP. Die Ergebnisse deuten, trotz relativ kleiner Versuchsgruppen, daraufhin, dass ein isoliertes Wii-Training primär statische Gleichgewichtsleistungen verbessert und nicht auf dynamisches Gleichgewicht transferiert werden kann.

Untersuchungen mit neurologischen Patienten

Insgesamt untersuchten 12 Studien neurologische Patienten. Salem et al. [31] untersuchten 40 Kinder mit Entwicklungsstörungen im Alter von 3 bis 5 Jahren. Die Versuchsgruppe (VG; n=20) trainierte 2 x pro Woche für 30 Minuten über eine Dauer von 10 Wochen auf dem WBB und mit Spielen der Wii Sports. Die Kontrollgruppe (K1; n=20) führte ihr normales Training weiter. Beide Gruppen verbesserten sich in allen getesteten Variablen. Die VG verbesserte sich gegenüber der K1 im Einbeinstand und in der Griffstärke der rechten und linken Hand, durch den Griff des Controllers, signifikant deutlicher. Bei dieser Studie gab es keine No-Treatmentgruppe und es waren nur Kinder mit geringen Entwicklungsstörungen eingebunden. Es stellt sich die Frage nach der Kausalität (Übungs- versus Testwiederholungseffekt)

und der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Kinder mit ausgeprägteren Entwicklungsstörungen.

Tarakci et al. [32] untersuchten in einer Pilotstudie 14 Kinder mit Zerebralparese im Alter von ca. 12 Jahren. Sie trainierten 12 Wochen lang zweimal pro Woche für 40 Minuten mit dem WBB. Es gab keine Kontrollgruppe. Die VG verbesserte sich in allen untersuchten Merkmalen. Von ursprünglich 26 VPN haben 12 die Untersuchung abgebrochen. Neben der hohen Drop-Out-Rate muss die relativ kleine Stichprobe sowie die fehlenden Kontrollgruppen mit und ohne Treatment beachtet werden.

Zwei weitere Studien [5, 25] untersuchten Patienten mit Multipler Sklerose. Beide wählten eine VG und eine K1. In [25] trainierte die VG (n=24) mit der Xbox Kinect, bei [5] trainierte die VG (n=18) mit dem WBB. Die VG in Studie [25] verbesserte sich beim SOT 1–6 signifikant. Auf der BBS und beim TT verbesserte die VG signifikant deutlicher als die K1. Bei [5] verbesserten sich sowohl die VG als auch die K1 in allen getesteten Merkmalen. Allerdings verbesserte sich auch hier die VG deutlicher auf der BBS und auf der Kraftmessplatte mit geöffneten und geschlossenen Augen. Im Gegensatz zu [25] verwendete [5] ein einfach blindes RCT. Beide verwendeten keine Ko.

Prosperini et al. [28] untersuchten in einem überkreuzten Design 34 Patienten mit Multipler Sklerose. Versuchsgruppe 1 (VG1) absolvierte zunächst ein 12-wöchiges Training mit dem WBB zu Hause. Während dieser Zeit trainierte die Versuchsgruppe 2 nicht (VG2). In Woche 13–24 absolvierte die VG2 das Training mit dem WBB, während die VG1 nicht trainierte. Die VG1 verbesserte sich nach den ersten 12 Wochen signifikant im COP, Four Square Step Test (FSST) und auf der 29-item MS Impact Scale (MSIS-29), danach näherten sich die Werte den Ausgangswerten an. In der VG2 veränderten sich die Werte in den Wochen 1–12 nicht, während nach dem Training (Woche 13–24) eine signifikante Verbesserung in allen Werten nachweisbar war. Anzumerken ist, dass das Training zu Hause nicht kontrolliert wurde, die Studie nicht blind durchgeführt wurde und es keine Auswaschphase zwischen den Studienperioden gab.

Nilsagard et al. [22] untersuchten mit 80 Patienten mit Multipler Sklerose die größte Stichprobe in einer randomisierten, kontrollierten, einfachblinden Multicenterstudie. Sie verglichen eine VG mit einer Ko. Über 6–7 Wochen trainierte die VG zweimal pro Woche auf dem WBB (insgesamt 12 Einheiten mit 12 Minuten). Zwar verbesserte sich die VG signifikant in allen Merkmalen, allerdings verbesserte sich auch die Ko signifikant in TUGcognitive (TUG unter Doppelaufgabenbedingungen), FSST und beim Dynamic Gait Index (DGI). Generell gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Aktivitäten der Ko nicht kontrolliert wurden.

Pompeu et al. [27] verglichen in einem klinischen RCT das Gleichgewicht von 32 Parkinsonpatienten. Die VG (n=16) trainierte auf dem WBB, die K1 absolvierte ein traditionelles Training. Das Training dauerte 7 Wochen. Beide Gruppen trainierten zweimal pro Woche, wobei

die VG einen Gesamtumfang von sieben Stunden hatte, die K1 14 Stunden. Beide Gruppen verbesserten sich signifikant bei den ADL (UPDRS-II), bei der BBS, beim Einbeinstand und bei der kognitiven Performanz (Montreal Cognitive Assessment), es gab allerdings keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Esculier et al. [8] verglichen die Trainingseffekte von 10 Parkinsonpatienten mit denen von 8 gesunden Älteren. Die Parkinsonpatienten (VG) trainierten genauso wie die gesunden Älteren (K1) über einen Zeitraum von 6 Wochen dreimal pro Woche 30 Minuten auf dem WBB und 10 Minuten mit der Wii Sports. Beide konnten sich beim Einbeinstand, TUG, Sit to Stand Test (STST) und im 10-m Walk Test verbessern. Die VG konnte sich zudem im Community Balance and Mobility Assessment (CBM) und im TT verbessern.

Yen et al. [41] teilte 38 Parkinsonpatienten in eine VG (n=13), eine K1 (n=13) und in eine Ko (n=12). Die VG trainierte auf einem eigens entwickelten Balance Board. Das Übungsprogramm umfasste 10 Minuten Aufwärmen ohne Board sowie 20 Minuten Training mit Board. Die K1 absolvierte ein traditionelles Training. Nach einem 6-wöchigen Training, zweimal pro Woche für je 30 Minuten, verbesserten sich VG und K1 in je einem Merkmal des Sensory Organisation Test (SOT), wobei keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bestanden. Die Ko verbesserte sich in keinem der 6 SOT-Merkmale. Keine signifikanten Effekte ergaben sich bei der Verbal Reaction Time (VRT).

Gil-Gomez et al. [13] führten eine Untersuchung an 17 Patienten mit Hirnschädigungen durch. Die VG (n=9) trainierte auf dem WBB mit eigens entwickelten Spielen, die K1 (n=9) absolvierte ein traditionelles Training. Insgesamt trainierten beide Gruppen 20 Stunden. Beide Gruppen verbesserten sich im statischen Gleichgewicht, nicht aber im dynamischen Gleichgewicht. Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Anzumerken ist, dass es sich um eine heterogene Gruppe mit sehr unterschiedlichen Hirnschädigungen handelte.

Padala et al. [26] untersuchten in einer Pilotstudie 22 Alzheimerpatienten. Die VG (n=11) trainierte auf dem WBB. Die Ko (n=11) absolvierte Spaziergänge in Dreiergruppen unter Aufsicht einer Fachkraft. Das Treatment erfolgte über 8 Wochen, 5-mal pro Woche für jeweils 30 Minuten. Die VG verbesserte sich signifikant in BBS und TT, die Ko in TT und selbst-eingeschätzter Lebensqualität (QOL-AD; Quality of Life – Alzheimer Disease). Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Die Tests wurden nicht blind durchgeführt und es gab keine Kontrolle der Aktivitäten neben den Untersuchungen.

In der Studie von Cho et al. [6] wurde eine Stichprobe von 22 Schlaganfallpatienten eines Standard-Reha-Programms untersucht. Die VG (n=11) trainierte zusätzlich zur Rehabilitation dreimal pro Woche für 6 Wochen mit dem WBB. Die Ko (n=11) absolvierte nur ihr Standardprogramm. Der Posttest ergab signifikante Verbesserungen der VG in BBS und TUG gegenüber der Ko. Keine Effekte

ergaben sich beim Statischen Gleichgewicht, gemessen auf einem Posturographen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die zum Gleichgewichtstraining mit Serious Games vorhandenen Studien sind extrem heterogen hinsichtlich Design, Stichprobe, Dauer und Verteilung des Treatments sowie der abhängigen Variablen. Allein in den hier vorgestellten Studien wurden über 40 verschiedene Tests und Fragebögen verwendet. Die Untersuchungen lassen sich demnach nicht ohne weiteres direkt miteinander vergleichen. Oft handelt es sich dabei um Pilot- oder Machbarkeitsstudien. Randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) sind eher selten zu finden. Die Studien sind in ihrer Generalisierbarkeit häufig eingeschränkt. Die Studien untersuchten zudem unterschiedliche Zielgruppen. Untersuchungen zum videospiegel-gestützten Gleichgewichtstraining verwendeten am häufigsten das Wii Fit Balance Board (WBB) als Trainingsgerät.

Das statische Gleichgewicht wurde häufig gemessen anhand des centre of pressure (COP) oder der sway variability während einem Ein- oder Zweibeinstand. Bei der Mehrzahl der Studien konnten sich die Probanden verbessern, aber teilweise auch die Kontrollgruppen ohne Training. Auch nichtsignifikante Ergebnisse gab es zu verzeichnen (siehe Tabelle 2).

Die am häufigsten verwendeten Tests waren die Berg Balance Scale (BBS) und der Timed up and go Test (TUG). Bei fast allen Untersuchungen, bei denen die BBS verwendet wurde, konnten sich die Versuchspersonen signifikant verbessern. Nicht verbessern konnten sich die Vpn von [11], dies könnte an der sehr kurzen Treatmentdauer von 3 Wochen liegen. Bei [37] gab es eine Verbesserung nach der 4. Woche, nicht aber nach der 12. Beim TUG gab es ebenso sowohl signifikante Verbesserungen als auch nichtsignifikante.

Test	Positive Effekte	Gemischte Effekte	Keine Effekte
COP	[5], [8],[27], [28], [31], [41], [42]	[35]	[6], [14], [16]
BBS	[1], [2], [4], [5], [6], [13], [25], [26], [27]	[37]	[11]
TUG	[8], [16], [22], [31], [32]		[4], [6], [13]C

Tab. 2: Die am häufigsten verwendeten Tests in Gleichgewichtsstudien mit Serious Games und ihre Ergebnisse

COP – Centre of Pressure; BBS – Berg Balance Scale; TUG – Time up-and-go Test

Studien konnten sich die Versuchsgruppen in mindestens einer abhängigen Variable verbessern. Fraglich ist nur, worauf diese Verbesserungen zurückzuführen sind. Neben der Heterogenität der Studien bzgl. der Stichprobe, des Trainingsprogramms, der Treatmentdauer und der Outcome-Variablen trägt sicherlich auch die Tatsache zu dieser unübersichtlichen Befundlage bei, dass das Gleichgewicht kein strikt abgrenzbares Merkmal ist. Die Transferabilität des Gleichgewichtstrainings ist ein immer noch ungelöstes Problem [23].

Fast gänzlich vernachlässigt werden motivationale Faktoren, welche eigentlich einen Kernaspekt der »Doppelmission« von Serious Games darstellen (siehe Wiemeyer, in diesem Heft).

Ausblick

Für die Zukunft ist wünschenswert, dass mehr randomisierte und kontrollierte Studien durchgeführt werden, die systematischer als bisher die verschiedenen Einflussbedingungen in den Fokus nehmen. Solche Untersuchungen sollten eine angemessene Stichprobengröße erreichen, über eine Kontrollgruppe mit einem alternativen Treatment (K1) und eine Kontrollgruppe ohne Treatment (K0) verfügen und die Nebenaktivitäten der Versuchspersonen kontrollieren. Weiterhin wünschenswert sind testerunabhängige Prüfverfahren und der Einsatz von Tests, die keinen Deckeneffekt erreichen können. Zusätzlich sollten psychologische Fragebögen in die Studien mit aufgenommen werden, die den Spaß am Training bzw. am Spiel und die Akzeptanz des Trainings messen. Eine Dauer des Treatments von mindestens sechs Wochen wäre sinnvoll, so dass Testwiederholungseffekte nicht auftreten können. Abschließend wäre ein follow-up empfehlenswert.

Es lässt sich also kein klares Bild herstellen, unter welchen Bedingungen die Effekte eines videospiegel-gestützten Gleichgewichtstrainings wie ausfallen. Relativ klar ist aber, dass es positive Effekte gibt. In nahezu allen

Literatur

1. 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.
2. Bateni 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.
3. Becker C. In: Deutscher Turner-Bund (ed). *Sturzprophylaxe Training*. Aachen: Meyer & Meyer 2012.
4. Bieryla K, Dold NM. Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults. *Clinical Interventions in Aging* 2013; 8: 775-781.
5. Bricchetto G, Spallarossa P, Carvalho ML, Battaglia MA. The effect of Nintendo(R) Wii(R) on balance in people with multiple sclerosis: a pilot randomized control study. *Mult Scler* 2013; 19: 1219-1221.
6. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *Tohoku J Exp Med* 2012; 228: 69-74.
7. Davies TC, Vinumon T, Taylor L, Parson J. Let's Kinect to Increase Balance and Coordination of Older People: Pilot Testing of a Balloon Catching Game. *International Journal of Virtual Worlds and Human-Computer Interaction* 2014; 1: 37-46.
8. Esculier JF, Vaudrin J, Beriault P, Gagnon K, Tremblay LE. Home-based balance training programme using Wii Fit with balance board for Parkinson's disease: a pilot study. *J Rehabil Med* 2012; 44: 144-150.
9. Fetz F. *Grundbegriffe der Bewegungslehre der Leibesübungen Frankfurt/Main*: Limpert 1969.
10. Fitzgerald D, Trakarnratanakul N, Smyth B, Caulfield B. Effects of a Wobble Board-Based Therapeutic Exergaming System for Balance Training on Dynamic Postural Stability and Intrinsic Motivation Levels. *J Orthop Sport Phys Ther* 2010; 40: 11-19.
11. Franco JR, Jacobs K, Inzerillo C, Kluzik J. The effect of the Nintendo Wii Fit and exercise in improving balance and quality of life in community dwelling elders. *Technol Health Care* 2012; 20: 95-115.
12. Gabel H. Der Beitrag der wichtigsten sensorischen Analytoren zur Gleichgewichtserhaltung. *Motorik* 1984; 7: 129-137.
13. Gil-Gomez JA, Llorens R, Alcaniz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil* 2011; 8: 30.
14. Heiden E, Lajoie Y. Games-based biofeedback training and the attentional demands of balance in older adults. *Aging Clin Exp Res* 2010; 22: 1-7.
15. Jansenberger H. *Sturzprävention in Therapie und Training*. Stuttgart: Thieme 2012.
16. Jorgensen MG, Laessoe U, Hendriks C, Nielsen OBF, Aagaard P. Efficacy of Nintendo Wii training on mechanical leg muscle function and postural balance in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2013; 58: 845-852.
17. Kliem A, Wiemeyer J. Comparison of a Traditional and a Video Game Based Balance Training Program. *International Journal of Computer Science in Sport* 2010; 9: 80-91.
18. Kramer A, Dettmers C, Gruber M. Gleichgewichtstraining in der neurologischen Rehabilitation. *Neurologie & Rehabilitation* 2013; 19: 27-34.
19. Lachauer S. *Klassische Konditionierung posturaler Reaktionen beim Menschen, unter Einbeziehung der Kleinhirnfunktion*. Dissertation. München 2013.
20. Neumaier A, Mechling H, Strauß R. Koordinative Anforderungsprofile ausgewählter Sportarten Köln: Sport und Buch Strauß 2002.
21. Neumeier A, Mechling H. Taugt das Konzept »koordinativer Fähigkeiten« als Grundlage für sportartspezifisches Koordinationstraining? In: Blaser P, Witte K, Stucke C (ed). *Steuer- und Regelvorgänge der menschlichen Motorik*. St. Augustin: Academia 1994; 207-212.
22. Nilsagard YE, Forsberg AS, Koch L. Balance exercise for persons with multiple sclerosis using Wii games: a randomised, controlled multi-centre study. *Mult Scler* 2013; 19: 209-216.
23. Olivier N. Soll das motorische Gleichgewicht fähigkeits- oder fertigkeitsspezifisch trainiert werden? In: Nüske P, Hirtz F (ed). *Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet*. Hamburg: Czwalina 1997a; 187-191.
24. Olivier N. Zur Fertigkeitsspezifität der Gleichgewichtsregulation. In: Tamme E, Loosch M (ed). *Motorik - Struktur und Funktion*. Hamburg: Czwalina 1997; 72-75.
25. Ortiz-Gutiérrez R, Cano de la Cuerda R, Galán del Río F, Alguacil-Diego IM, Palacios-Cena D, Miangolarra-Page JC. A Telerehabilitation Program Improves Postural Control in Multiple Sclerosis Patients: A Spanish Preliminary Study. *Int J Environ Res Public Health* 2013; 10: 5697-5710.
26. Padala KP, Padala PR, Malloy TR, Geske J, Dubbert PM, Dennis RA, et al. Wii-Fit for Improving Gait and Balance in an Assisted Living Facility: A Pilot Study. *Journal of Aging Research* 2012; Article ID 597573. 2012.
27. Pompeu JE, Santos Mendes FA, da Silva KG, Lobo AM, de Paula Oliveira T, Zomignani AP, et al. Effect of Nintendo WiiTM-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial. *Physiotherapy* 2012; 98: 196-204.
28. Prosperini L, Fortuna D, Gianni C, Leonardi L, Marchetti MR, Pozzili C. Home-based balance training using the wii balance board: a randomized, crossover pilot study in multiple sclerosis. *Neurorehabil Neural Repair* 2013; 27: 516-525.
29. Quester R. *Prävention, Rehabilitation, Integration im Fokus von Neurologie*. Humanwissenschaften und Recht. Bad Honnef: Hippocampus 2008.
30. Rendon AA, Lohmann EB, Thorpe D, Johnson EG, Medina E, Bardley B. The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults. *Age Ageing* 2012; 41: 549-52.
31. Salem Y, Gropack SJ, Coffin D, Godwin EM. Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy* 2012; 98: 189-195.
32. Tarakci D, Ozdincler AR, Tarakci E, Tutuncuoglu F, Ozmen M. Wii-based Balance Therapy to Improve Balance Function of Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *J Phys Ther Sci* 2013; 25: 1123-1127.
33. Taube W. Neurophysiological Adaptations in response to Balance Training. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2012; 63: 273-277.
34. Teipel D. *Studien zur Gleichgewichtsfähigkeit im Sport*. Köln: Strauß 1995.
35. Toulotte C, Toursel C, Olivier N. Wii Fit(R) training vs. Adapted Physical Activities: which one is the most appropriate to improve the balance of independent senior subjects? A randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2012; 26: 827-835.
36. Vernadakis N, Giftofidou A, Antoniou P, Ioannidis D, Giannousi M. The impact of Nintendo Wii to physical education students' balance compared to the traditional approaches. *Computers & Education* 2012; 59: 196-205.
37. Williams MA, Soiza RL, Jenkinson A, Stewart A. EXercising with Computers in Later Life (EXCELL) - pilot and feasibility study of the acceptability of the Nintendo® WiiFit in community-dwelling fallers. *BMC Research Notes* 2010; 3: 238.



Das Vector System ermöglicht Ihrem Therapie-Team, die Mobilität drastisch zu erhöhen bei gleichzeitiger Reduzierung der Verletzungsgefahr. Mit dem erweiterten Spektrum von Gangtrainings-Aktivitäten, die das System ermöglicht, werden Ihre Patienten effektiv und gleichzeitig sicher Fortschritte auf dem Weg zu einer unabhängigen Fortbewegung erzielen können.

Kontaktieren Sie uns,
um mehr zu erfahren.

0800-1819344

www.bioness.com



38. Wollny R. Bewegungswissenschaft. Ein Lehrbuch in 12 Lektionen. Sportwissenschaft studieren. Aachen: Meyer & Meyer 2007.
39. Wünnemann M. Bedingungen von Transfer beim Lernen von Gleichgewichtsaufgaben. Dissertation. Paderborn 2012.
40. Wydra G. Bedeutung, Diagnose und Therapie von Gleichgewichtsstörungen. Motorik 1993; 16: 100-107.
41. Yen CY, Lin KH, Hu MH, Wu RM, Lu TW, Lin Ch. Effects of Virtual Reality-Augmented Balance Training on Sensory Organization and Attentional Demand for Postural Control in People with Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial. Phys Ther 2011; 91: 862-874.
42. Young W, Ferguson S, Brault S, Craig C. Assessing and training standing balance in older adults: A novel approach using the 'Nintendo Wii' Balance Board. Gait and Posture 2011; 33: 303-305.

Interessenvermerk

Die Autoren deklarieren keine Interessenkonflikte.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. rer. medic. Josef Wiemeyer
Institute of Sport Science
Technische Universität Darmstadt
Magdalenenstr. 27
D-64289 Darmstadt
wiemeyer@sport.tu-darmstadt.de