

Röttger K, Mornieux G, Gollhofer A

# Sensomotorisches Training als Computerspiel?

## *Sensorimotor Training as Active Video Game?*

Institut für Sport und Sportwissenschaft, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

### ZUSAMMENFASSUNG

Die positiven Auswirkungen des sensomotorischen Trainings (SMT) innerhalb der Prävention und Rehabilitation von Sportverletzungen sind gut belegt. Das Training auf dem Nintendo Wii Fit Balance Board soll laut Hersteller ebenfalls zu einer Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit führen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war ein Vergleich der beiden Trainingsformen bezüglich der Anpassung der posturalen Stabilität sowie der Entwicklung der Kraftfähigkeit. Dafür wurden 29 untrainierte Probanden (♀= 14, Alter: 35,7 ± 19,1; ♂= 15, Alter: 35,2 ± 11,1) randomisiert in die SMT- und Wii Fit-Gruppe verteilt. Beide Gruppen führten ein 6-wöchiges Training (3x45 min pro Woche) durch. Dabei absolvierte die SMT-Gruppe ein herkömmliches sensomotorisches Training, während die Wii Fit-Gruppe die Balance-Spiele auf dem Balance Board durchführte. In der Eingangs- und Abschlussmessung wurden Parameter der posturalen Stabilität („Standstabilität“), der Explosivkraft und der Maximalkraft ermittelt. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Reduktion des „Schwankwegs“ über 40 sek. in anterior-posteriorer Richtung ( $p < 0,00$ ) und medio-lateraler ( $p < 0,01$ ) für beide Untersuchungsgruppen. Die Reduktion des Schwankwegs zur kompensatorischen Stabilisierung nach medio-lateraler Perturbation war allerdings bei der SMT-Gruppe ausgeprägter (Effektgrößen: medio-lateraler Weg: SMT: Cohen's  $d = 0,60$ ; Wii: Cohen's  $d = 0,04$ ). Eine signifikante Änderung der neuromuskulären Aktivität findet sich in keiner der Gruppen. Für die Parameter der Maximal- und Explosivkraft konnten keine signifikanten Veränderungen gefunden werden. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass durch ein Balance Board Training ähnliche funktionelle Anpassungen wie durch ein SMT erzielt werden können. Das Ausmaß der trainingsbedingten Funktionsanpassungen vor allem in einer dynamischen Situation ist jedoch geringer ausgeprägt.

**Schlüsselwörter:** Posturale Kontrolle; Trainingsmethoden, Vergleich, Spielkonsole.

### EINLEITUNG

Das sensomotorische System umfasst den Komplex von neurosensorischer Reizaufnahme, zentralnervösen Verarbeitungsprozessen und einer davon hervorgerufenen neuromuskulären Antwort. Es stellt damit die Grundlage einer zielgerichteten Bewegungskoordination dar (4,20).

Ein sensomotorisches Training (SMT) zielt auf eine verbesserte Integration afferenter Informationen beim Ablauf spezifischer Bewegungsprogramme ab. Es gehört mittlerweile zum standardisierten Trainingsprogramm innerhalb der Prävention und Rehabilitation von Verletzungen der unteren Extremität. Aufgrund der positiven Auswirkungen im Bereich der Verletzungsprophylaxe (1,21,24,31), aber auch der Leistungssteigerung (6,14,15) wird es zum einen im Leistungs- und Breitensport junger gesunder Personen angewandt. Andererseits kommt SMT vermehrt im Bereich der Sturzprophylaxe bei älteren Menschen zum Einsatz.

### SUMMARY

The effects of sensorimotor training (SMT) are well documented in the prevention and rehabilitation of injuries. The Balance Board training of Nintendo Wii Fit might be used as a sensorimotor sports training device as well. The purpose of the study was to compare the functional adaptations of postural stability and strength capacity of the two training possibilities. 29 untrained, healthy subjects (♀= 14, age: 35.7 ± 19.1; ♂= 15, age: 35.2 ± 11.1) were randomly assigned to the Wii Fit-group or the SMT-group. Both groups trained 3x per week for 45 min over 6 weeks. The Wii Fit-group practised balance games on the balance Board, whereas the SMT-group performed ordinary sensorimotor training. Parameters of postural stability, rate of force development and the maximum voluntary isometric strength were assessed by testing both groups before as well as after 6 weeks of training. The results show a significant reduction of the sway-path in 40-sec. one leg-standing in anterior-posterior ( $p < 0.00$ ) and medio-lateral ( $p < 0.01$ ) direction on Posturomed<sup>®</sup> for both groups. The sway-path after a medio-lateral perturbation showed a larger reduction for the SMT-group compared to the Wii Fit-group (effect-size: medio-lateral sway-path: SMT: Cohen's  $d = 0.60$ ; Wii: Cohen's  $d = 0.04$ ). There were no significant changes in rate of force development and the maximum voluntary isometric strength. The results showed that balance training on the Wii Fit Balance Board improved postural stability as effectively as SMT in unperturbed situations. The ability to compensate external perturbations seems to be trained primarily in SMT-exercises. In conclusion, Balance-Training on the Wii Fit Balance Board leads to functional adaptations comparable to SMT but the degree and the extent of functional effects are less pronounced.

**Key Words:** Postural stability, training-approach, comparison, game - pad.

Hier werden SMT die Verbesserung funktioneller Reflexaktivitäten (12,23,33) sowie alltagsmotorischer Aufgaben zugesprochen (25,34). Weitere konkrete Effekte von SMT sind durch eine große Anzahl an veröffentlichten Studien belegt: Im Bereich der neuromuskulären Adaptation ist festzuhalten, dass die sprunggelenks-umgreifende Muskulatur effektiver arbeitet. In Bereichen der Kraftentwicklung bringt SMT eine Funktionsverbesserung, die auf der Basis von Explosivkraft-Steigerungen (rate of force development) nachgewiesen werden können (8,9,12,14,16). Für die Maximalkraft konnte bei Trainierten bisher keine signifikante Verbesserung durch SMT nachgewiesen werden (5,14,15). Allerdings finden sich bei älteren und untrainierten Personen positive Effekte im Bezug auf diesen Parameter (6,16,17).

Das Trainingsprogramm Nintendo Wii Fit ist ein Vertreter der neuen Generation von Computer-Spielen, die es sich zum Ziel gesetzt haben, aktive Bewegung mit der Spielkonsole durchzuführen.

Bisher existieren in der Literatur hauptsächlich Untersuchungen zur kardiorespiratorischen und metabolischen Beanspruchung bei verschiedenen mit der Spielkonsole durchgeführten Fitness-Spielen. Diese wurden dann in den Vergleich zu den realen Sportspielen gesetzt oder aber mit herkömmlichen Computerspielen verglichen (11, 19, 27, 32). Dabei wurde ermittelt, dass nur wenige der angebotenen Spiele, sowohl was die Belastungszeit als auch die Trainingsintensität betrifft, in der Lage sind, trainingsphysiologisch relevante Resultate zu erzielen. Allerdings zeigte sich meist eine signifikante Steigerung des Energieumsatzes im Vergleich zum Ruheumsatz oder dem Energieumsatz bei herkömmlichen Computerspielen. Die Erweiterung des Wii Fit Programms um das sogenannte Balance Board bietet zusätzliche Trainingsmöglichkeiten. Das Balance Board ist ähnlich wie eine Kraftmessplatte mit Sensoren ausgestattet, die den center of pressure (COP) berechnen (7). Somit ist es dem Spieler möglich, durch Gewichtsverlagerungen das Spiel zu steuern. Die dazugehörige Software bietet Übungen aus den Bereichen: Aerobic, Muskelübungen, Yoga und Balance-Spiele an.

Da das Wii Fit Programm mit dem Balance Board anstrebt, ein Gleichgewichtstraining durchzuführen, scheint der konkrete Vergleich zwischen SMT und dem Wii Fit Balance Board folgerichtig. Forschungsergebnisse zum SMT stellen eine gute vergleichbare Basis dar, um die konkreten Effekte von Wii Fit analysieren und verstehen zu können.

Aufgrund der stabilen Unterstützungsfläche des Balance Boards, auf der nur der COP verlagert wird, gilt es zu untersuchen, ob sich diese Trainingsform im Vergleich zu SMT, bei der eine instabile Unterstützungsfläche vorliegt, identisch auf Anpassungen der posturalen Kontrolle und der Kraftfähigkeiten auswirkt. Auf der Grundlage von vorangegangenen SMT-Interventionen kann vermutet werden, dass eine verbesserte posturale Kontrolle, ausgedrückt durch eine Reduktion der Schwankbewegungen eintritt. Des Weiteren wird angenommen, dass das Training eine Erhöhung der Explosivkraft nach sich zieht.

## MATERIAL UND METHODE

### Probanden

Insgesamt nahmen 29 untrainierte Versuchspersonen an der kompletten Studie teil (Tab. 1). Zunächst wurden 32 Probanden zufällig zu gleichen Teilen in 2 Gruppen randomisiert. Allerdings gab es in der SMT-Gruppe drei Probanden, die die Studie aus Krankheitsgründen abbrechen mussten. Das Altersfenster der Probanden betrug 25-50 Jahre und als Einschlusskriterium wurde vorgegeben, dass weder akute noch frühere Sprunggelenksverletzungen vorliegen durften. Eine Kontrollgruppe war nicht erforderlich, da dem SMT in unterschiedlichen Studien im Vergleich zu Kontrollgruppen signifikante Effekte zugewiesen wurden. Alle Probanden unterschrieben eine Einverständniserklärung.

### Intervention

Für die Untersuchung sollte die Versuchsgruppe Wii Fit über 6 Wochen dreimal pro Woche für 45 min die Balance-Spiele auf dem Balance Board durchführen. Die Spiele werden hierfür nicht mehr wie herkömmliche Computerspiele über einen Joystick oder ein Gamepad gesteuert, sondern durch eine per Funk mit der Konsole verbundene Fernbedienung. Über Infrarotsensoren werden Bewegungen registriert und auf den Bildschirm übertragen. Das Balance

**Tabelle 1:** Anthropometrische Daten der Untersuchungsgruppen.

	N	weiblich	männlich	Alter	Größe(cm)	Gewicht(kg)
Gesamt	29	14	15	35,7±19,1	175,0±3,5	69,9±8,1
SMT	13	6	7	35,2±11,1	174,7±8,8	71,4±9,6
Wii	16	8	8	36,1±9,9	175,3±11,1	74,7±10,8

Board ist ähnlich wie eine Kraftmessplatte mit Sensoren ausgestattet, die mit einer Frequenz von 60 Hz den center of pressure (COP) berechnen. Die Spieler steuern dabei das Spiel durch Gewichtsverlagerungen in medio-lateraler und anterior-posteriorer Richtung. Das Training wurde so realitätsnah wie möglich aufgebaut, um eine Alltagsnutzung zu Hause zu simulieren. So wurden keine Vorgaben bzgl. bestimmter Balance-Spiele o.ä. gemacht, sondern der Spielbetrieb wurde über die Konsole gesteuert, die automatisch Schwierigkeitslevels ändert oder Spiele freischaltet.

Versuchsgruppe SMT führte ein herkömmliches 6-wöchiges SMT durch (12, 14, 19). Es wurde dreimal pro Woche 45 min auf instabilen Unterlagen, wie Wackelbrett, Kreisel und Airex-Matte®, trainiert.

Beide Gruppen trainierten über den gesamten Zeitraum unter Supervision am Untersuchungsort. Die regelmäßige Teilnahme wurde über ein Studienprotokoll überprüft. Für beide Gruppen wurde ein fortschreitender Anstieg des Schwierigkeitslevels über die gesamte Intervention sichergestellt. Bei Wii Fit wurde eine automatische Erschwerung durch die Konsole vorgenommen. Innerhalb des SMT-Trainings wurde das Schwierigkeitslevel über den Einsatz instabilerer Geräte und den Entzug der visuellen Kontrolle erhöht. Es fand eine Eingangsmessung (T0) und eine Abschlussmessung nach 6 Wochen (T1) statt.

### Elektromyographie (EMG)

Nach der Aufklärung der Versuchsperson wurden gemäß dem Standardverfahren nach Reinigung und Abschmiegeln der Haut unilaterale die bipolaren Oberflächen Elektroden (Ag-AgCl Blue Sensor, Ambu, Ballerup, Denmark) nach der Bestimmung des Muskelbauches am Bein angebracht. Der im Anschluss gemessene Hautwiderstand lag bei allen Probanden unter 5 kΩ. Die benutzten Hautstellen wurden fotografiert, um bei der Abschlussmessung die gleichen Messareale zu benutzen.

Die vorverstärkten EMG-Signale wurden mittels einer bipolaren Oberflächen-EMG-Anlage aufgenommen (EISA, Universität Freiburg, Deutschland). Die registrierten Daten erlauben Rückschlüsse über den Einsatz, die Dauer und die Stärke der Muskelinnervation und somit über das Kontraktionsverhalten. Es wurden EMGs der relevanten Unterschenkelmuskulatur abgeleitet (M. peroneus longus, dem M. tibialis anterior, und M. soleus).

### Posturomed®

Der Parameter der posturalen Stabilität wurde mittels Posturomed® (Haider Bioswing, Pullenreuth, Deutschland) bestimmt. Das Gerät besteht aus einer in zwei Dimensionen frei schwebenden Standplatte. Die Standfläche des Gerätes war in der Transversalebene beweglich gelagert, ausgehend vom 0-Punkt betrug das maximal mögliche Bewegungsausmaß ca. 70mm anterior-posterior und medio-lateral. Die maximale Eigenfrequenz des Gerätes beträgt laut Hersteller unter drei Hertz und lässt nur kontrollierte Ausweichbewegungen zu (26). Voruntersuchungen zeigen einen beträchtlichen Lerneffekt auf dem Gerät, der jedoch durch Training

innerhalb weniger Minuten sehr schnell einem Sättigungsgrad zustrebt. Aus diesem Grund wurde den Probanden ca. eine Minute Zeit gegeben, sich mit den Bedingungen des Untersuchungsgerätes vertraut zu machen.

Die Analyse der Stabilisierungsfähigkeit auf dem Posturomed® im barfüßigen Einbeinstand mit dem rechten Bein als Standbein wurde unter 2 Bedingungen durchgeführt:

a) Ermittlung des Standardwertes nach dem 40 Sekunden-Test: Auf das Kommando des Versuchsleiters hin versuchte der Proband 40 Sekunden lang mit minimalen Bewegungsschwankungen auszukommen. Es wurde darauf geachtet, dass die Versuchspersonen während der Messung die vorgegebene Körperhaltung beibehielten. Das Standbein war im Kniegelenk 30° flektiert, die Hände waren in die Hüfte gestützt und der Blick war geradeaus gerichtet. Nach ca. 30 Sekunden Pause wurde Teil b) des Versuchs gestartet:

b) Analyse der Kompensationsfähigkeit nach gezielter medio-lateraler Auslenkung im 4 Sekunden Intervall nach der Störung des Gleichgewichts: Dabei begab sich der Proband in den Einbeinstand und nahm auf der arretierten und vorgespannten Plattform eine möglichst schwingungsfreie Stellung mit der beschriebenen Körperhaltung ein. Nachdem der Versuchsleiter überprüft hatte, ob die Probanden eine stabile Ausgangsstellung inne hatten, löste dieser die Arretierung der Standplatte. Der Zeitpunkt der Auslösung variierte somit und konnte vom Probanden nicht antizipiert werden. Die Aufgabe bestand für den Probanden darin, nach dieser Auslenkung so schnell wie möglich wieder eine ruhige schwingungsfreie Position einzunehmen.

Während der Messungen wurden kontinuierlich EMGs der genannten Muskeln aufgezeichnet.

### Beinkraftmessgerät (BKM)

An dieser Messstation kam ein Schubschlittengerät zur Anwendung, das durch die Montage einer vertikal arbeitenden Kraftmessplattform (Kistler®, Winterthur, Schweiz) ergänzt wurde.

Der Proband befand sich bei der Messung in Rückenlage mit jeweils einem 90° Winkel in Hüfte, Knie und Sprunggelenk. Die Translation des Schubschlittens war blockiert, so dass eine isometrische Maximalkraftmessung stattfinden konnte. Dabei wurden die Kraft-Zeit-Verläufe bei unilateralen isometrischen Maximalkraftkonzentrationen der Beinextensoren gemessen. Die Probanden wurden bei jedem Versuch aufgefordert, schnellstmöglich ihre maximale Kraft zu realisieren. Beim BKM wurde die gesamte Bein-kette – im Sinne eines mehrgelenkigen, geschlossenen Systems – ermittelt. Die wichtigsten Kennwerte waren der Maximalkraftwert und der Explosivkraftwert.

### Auswertung

Alle Signale wurden synchron mit 1000 Hz registriert. Die ungefilterten analogen Rohsignale wurden digitalisiert (DAQ6023E, National Instruments, Austin, USA).

Der biomechanische Parameter der posturalen Stabilität wurde mittels Posturomed® und integrierter EMG-Abnahme ermittelt. Die Abweichungen vom Nullpunkt wurden für beide Freiheitsgrade (medio-lateral und anterior-posterior) getrennt bestimmt. Um Informationen über den Aktivitätsverlauf der Muskulatur zu erhalten, wurden die EMG Daten mit dem Softwarepaket „Imago“ gefiltert (Butterworth 2nd order, bandpass Filter 10-500Hz), gleichgerichtet und integriert. Anschließend wurden sowohl die Daten der Eingangs- als auch der Ausgangsmessung am 50%

MVC-Wert der Eingangsmessung normiert. Hierfür wurde bei der Eingangsmessung ein Absolutwert bei 50% MVC bestimmt, der bei der Ausgangsmessung reproduziert wurde. Für Teil a) wurden die iEMG's in einem Zeitraum von 0-40 Sekunden analysiert. Für Teil b) wurden nach der Auslenkung Schwanke und EMG-Signale über einen Zeitraum von 10 Sekunden aufgezeichnet. Für die Datenauswertung wurde ein Zeitraum von 0-4 Sekunden nach der Auslenkung herangezogen.

Die Maximal- (MVC) und Explosivkraft (RFD) wurde mittels BKM erfasst. Dabei gibt das BKM Aufschluss über die gesamte Bein-kraft. Es erfolgte die Aufzeichnung der Abdruckreaktionskraft. Von drei durchgeführten Maximalkraftversuchen wurde der beste in die Auswertung einbezogen. Die Explosivkraft wurde als der maximale Anstiegskoeffizient der Kraftkurve ermittelt.

Für beide benutzten Messsysteme liegen Untersuchungen zur Test-Retest-Reliabilität vor, die die Geräte als geeignet zum Einsatz bei der Quantifizierung der Zielparameter einstufen. Angaben zum Posturomed können den Publikationen von Mueller et al. (22) und Böer et al. (3) entnommen werden und zeigen einen Test-Retest Korrelationskoeffizienten von  $r=0,73$ . Angaben zur Reliabilität des BKM finden sich bei Gruber et al. (14) und zeigen Test-Retest Korrelationskoeffizienten von  $r=0,58-0,91$  für die MVC und  $r=0,68-0,96$  für die RFD.

### Statistik

Alle Daten sind in Form von Mittelwerten (MW) und Standardabweichungen (SD) dargestellt und wurden auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest und auf Varianzhomogenität mit dem Levene-Test kontrolliert. Zur Überprüfung der Interventionseffekte wurde eine 2 (Gruppen: Wii, SMT) x 2 (Test-termini: Prä-, Post-Test) Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung durchgeführt. Die Bestimmung der Effektgröße der Mittelwertvergleiche der beiden Gruppen erfolgte durch die Verwendung von Cohen's d ( $d=(MW_{prä}-MW_{post})/SD_{gemittelt}$ ). Ein Wert von  $0,2 < d < 0,5$  kennzeichnet dabei einen kleinen Effekt, von  $0,5 < d < 0,8$  einen mittleren und von  $d > 0,8$  einen großen Effekt.

Weiterhin wurde eine multivariate ANOVA mit allen erfassten Kennwerten durchgeführt, um festzustellen, ob Unterschiede im Ausgangsniveau der beiden Gruppen vorhanden waren.

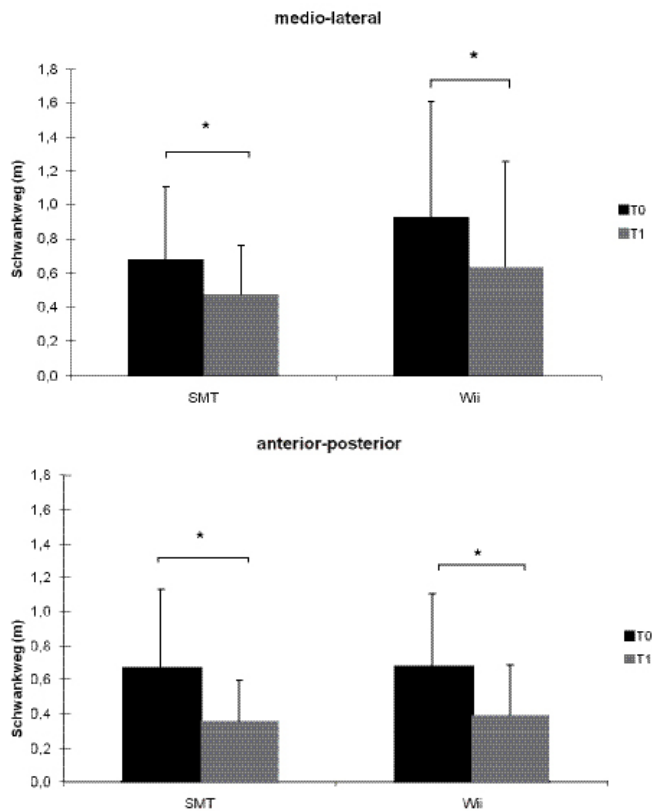
Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha < 0,05$  festgelegt. Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Programmpaket SPSS (Version 16.0).

## ERGEBNISSE

Das Ausgangsniveau aller analysierten Parameter zeigte keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede (kleinster p-Wert  $> 0,18$ ).

### Posturale Stabilität (Standstabilität) auf dem Posturomed®

Der Interventionseffekt zeigt eine signifikante Reduktion des Schwankwegs im 40s Test in anterior-posteriorer (ap) Richtung ( $p < 0,00$ ) (SMT:  $T_0=0,66 \pm 0,46m$ ;  $T_1=0,35 \pm 0,24m$ ; Wii Fit:  $T_0=0,67 \pm 0,43m$   $T_1=0,38 \pm 0,30m$ ). Für die medio-laterale (ml) Richtung zeigt sich ebenfalls für beide Gruppen ein signifikant reduzierter Schwankweg ( $p < 0,01$ ), bei der SMT-Gruppe von  $0,68 \pm 0,43m$  auf  $0,47 \pm 0,29m$ , bei der Wii Fit-Gruppe von  $0,92 \pm 0,68m$  auf  $0,63 \pm 0,62m$  (Abb.1). Für beide Richtungen konnte weder ein signifikanter Gruppenunterschied festgestellt werden (ap:  $p=0,77$ ; ml:



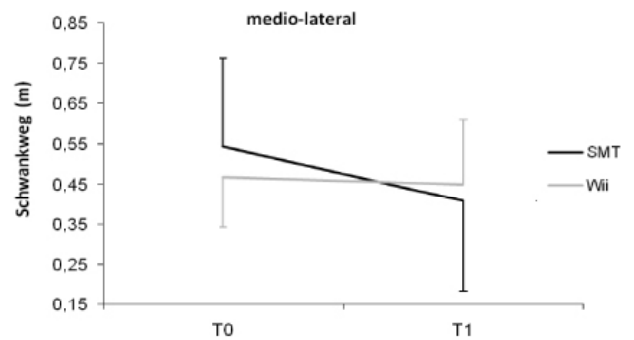
**Abbildung 1:** Schwankweg bei Ermittlung des Standardwertes nach dem 40 Sekunden – Test auf dem Posturomed® bei T0 (Eingangsmessung) und T1 (Abschlussmessung).

$p=0,24$ ) noch ein signifikanter Interaktionseffekt ermittelt werden (ap:  $p=0,93$ ; ml:  $p=0,42$ ). Die für beide Gruppen getrennt berechneten Effektstärken zeigen für die SMT-Gruppe in anterior-posteriorer Richtung einen großen Effekt ( $d=0,87$ ) und in medio-lateraler Richtung einen mittleren Effekt ( $d=0,57$ ). Für die Wii Fit-Gruppe findet sich in ap-Richtung ein großer ( $d=0,80$ ) und in ml-Richtung ein kleiner Effekt ( $d=0,44$ ).

Der bei der Analyse der Kompensationsfähigkeit im 4s Test nach der Störung des Gleichgewichts ermittelte Schwankweg zeigt für beide Gruppen sowohl in anterior-posteriorer ( $p<0,00$ ) als auch in medio-lateraler Richtung ( $p=0,04$ ) eine signifikante Reduktion von T0 zu T1. Hier konnten ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden. Der Interaktionseffekt zeigt, dass beide Gruppen ähnliche Verbesserungen in anterior-posteriorer Richtung aufweisen ( $p=0,69$ ), in medio-lateraler Richtung (Auslenkungsrichtung) ist die Verbesserung der SMT-Gruppe jedoch ausgeprägter, was sich sowohl in den Absolutwerten als auch der Bestimmung des Interaktionseffektes zeigt ( $p=0,11$ ), (Abb.2). Die Effektstärken für die Gruppen getrennt weisen für die SMT-Gruppe in ap-Richtung einen großen Effekt ( $d=0,89$ ) und für die ml-Richtung einen mittleren Effekt aus ( $d=0,60$ ). Für die Wii Fit-Gruppe findet sich zwar in ap-Richtung ebenfalls ein großer Effekt ( $d=0,89$ ) in ml-Richtung kann jedoch kein Effekt durch die Intervention erreicht werden ( $d=0,04$ ).

### Neuromuskuläre Aktivität auf dem Posturomed®

Die Aktivität der sprunggelenksumgreifenden Muskulatur bei der Analyse der Stabilisierungsfähigkeit im 40s Test auf dem Posturo-



**Abbildung 2:** Medio-lateraler Schwankweg bei der Analyse der Kompensationsfähigkeit nach gezielter medio-lateraler Auslenkung im 4 Sekunden-Intervall nach der Störung des Gleichgewichts auf dem Posturomed® bei T0 (Eingangsmessung) und T1 (Abschlussmessung).

med® veränderte sich in beiden Gruppen nicht signifikant. Des Weiteren konnte für keinen der abgeleiteten Muskeln ein signifikanter Gruppenunterschied oder Interaktionseffekt festgestellt werden. Allerdings weisen Trends und dazugehörige Cohen's Werte auf ein unterschiedliches Verhalten der Gruppen hin. So zeigen die Absolutwerte bei der SMT-Gruppe im Vergleich zur Wii-Gruppe eine Reduktion. Dies wird durch die getrennt bestimmten Effektstärken beider Gruppen unterstrichen (Tab.2).

### Maximalkraft und Explosivkraft

Abschließend werden die Parameter der Maximal- und Explosivkraft beschrieben.

Bei der Messung der isometrischen Maximalkraft der Beinextensoren konnten für beide Gruppen keine signifikanten Veränderungen ermittelt werden (SMT:  $T_0=940\pm 287$  N;  $T_1=941\pm 277$  N; Wii Fit:  $T_0=856\pm 314$  N;  $T_1=848\pm 335$  N).

Die Veränderungen der Explosivkraft waren für beide Gruppen ebenfalls nicht signifikant (SMT:  $T_0=8,0\pm 4,2$ ;  $T_1=8,2\pm 3,4$  N/ms; Wii Fit:  $T_0=7,7\pm 3,1$ ;  $T_1=7,8\pm 2,5$  N/ms).

## DISKUSSION

Die erwartete Verbesserung der Standstabilität wurde für beide Gruppen erreicht. Das Training auf dem Wii Fit Balance Board löst in der Testbedingung der Ermittlung des Standardwertes nach dem 40s Test die gleichen Anpassungsleistungen aus wie ein sensomotorisches Training.

Die neuromuskuläre Aktivität zeigt bei der SMT-Gruppe einen Trend zur Reduktion auf, während die Wii-Gruppe inkonsistente Veränderungen aufzeigt. Für die SMT-Gruppe könnte man nun annehmen, dass eine reduzierte Muskelaktivität auf eine verbesserte intermuskuläre Koordination der beteiligten Muskeln zurückgeführt werden kann (17). Dieser Parameter lässt sich jedoch kontrovers diskutieren. Eine geringere muskuläre Aktivität könnte auf eine verbesserte intermuskuläre Koordination verbunden mit einer besseren Effizienz hinweisen, allerdings lässt sich ebenfalls postulieren, dass eine erhöhte oder gleichbleibende Muskelaktivität pro zurückgelegtem Schwankwert für eine höhere Gelenkstabilität verantwortlich sein könnte. Aufgrund der großen Anzahl von Studien, die keine Veränderungen in der muskulären Aktivität nach SMT aufwiesen, aber gleichzeitig Verbesserungen der postu-

ralen Kontrolle zeigten (2, 18, 28, 29), muss die funktionelle Relevanz von Änderungen der muskulären Aktivität weiter untersucht werden.

Die Probanden beider Gruppen sind nach dem Training besser in der Lage durch gezielte muskuläre Aktionen die erzwungene medio-laterale Schwingung der Plattform im 2. Test abzdämpfen. Allerdings schneidet die SMT-Gruppe in dieser Versuchsbedingung besser ab als die Wii-Gruppe. In medio-lateraler Richtung, in welcher die definierte Auslenkung erfolgte, konnte die SMT-Gruppe eine größere Verbesserung erzielen, während die Wii-Gruppe kaum ihren Ausgangswert verbesserte (Effektgrößen: SMT: Cohen's d = 0,60; Wii: Cohen's d = 0,04). Somit lässt sich festhalten, dass durch ein sensomotorisches Training besser auf plötzlich einsetzende Kräfte die an der unteren Extremität wirken, reagiert werden kann. Dies kann als positiver Trainingseffekt im Sinne einer schnellen Stabilisationsfähigkeit interpretiert werden. Gruber et al. erklären dies mit einer erhöhten Gelenkstiffness, allerdings wurde hier das Kniegelenk überprüft (13). Eine mögliche Ursache für die leichte Überlegenheit des SMT in dieser Bedingung stellt das Trainings-Equipment an sich dar. Das SMT findet auf instabilen Unterstützungsflächen statt, auf deren Bewegung fortwährend reagiert werden muss, während das Balance Board einen stabilen Stand-Untergrund bietet, über dem der COP in verschiedene Richtungen verlagert werden muss. Welche Strukturen des sensomotorischen Systems für das bessere Gleichgewichtsvermögen in beiden Gruppen verantwortlich sind bzw. eine Differenzierung beider Trainingsformen bezüglich der festgestellten Anpassung kann aufgrund der angewandten Messmethodik nicht weiter vorgenommen werden. Allerdings lässt sich vermuten, dass die verbesserte neuronale Ansteuerung der sprunggelenksumgreifenden Muskulatur zum einen durch Anpassungen auf spinaler Ebene (12, 23, 30) als auch durch supraspinale Plastizität (2, 28, 29) hervorgerufen wurde. Gerade die letztgenannten Studien lassen vermuten, dass die supraspinalen Anpassungsreaktionen den entscheidenden Beitrag zur Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit liefern.

Bisherige Arbeiten haben gezeigt, dass Einflüsse sensomotorischer Trainings innerhalb der isometrischen Kraftentwicklung nicht im Bereich der absoluten maximalen Kraft erwartet werden können. Vielmehr scheint die Explosivkraft einen gut beschriebenen Parameter bezüglich der neuronalen Ansteuerung darzustellen (10, 14). In unserer Untersuchung konnten sowohl für die SMT-Gruppe als auch für die Wii-Gruppe keine Zuwächse in der Explosivkraft der Beinextensoren gefunden werden und auch bei der Bestimmung der Maximalkraft zeigten sich keine Veränderungen durch die Trainingsintervention. Allerdings zeigt eine andere Untersuchung (30) ebenfalls, dass bei der Messung der gesamten Beinstreckerkette oftmals keine Veränderungen für diese Parameter festgestellt werden konnten. Unter Umständen hätten bei einer isolierten Messung der Unterschenkelmuskulatur Unterschiede bzgl. der Explosivkraft aufgedeckt werden können. Weitere Untersuchungen sollten an dieser Frage ansetzen. Außerdem wäre eine Analyse von Subgruppen (hohes Alter versus junges Alter; Kinder und Jugendliche) interessant, da es Hinweise gibt, dass Effekte auf die Maximalkraft durch ein SMT bei älteren Menschen erreicht werden können (6, 16).

**Tabelle 2:** Muskelaktivität während der Messung der Standstabilität im 40 sec.-Test auf dem Posturomed®.

Muskelaktivität (mV.s)	SMT		Interventions-Effekt	Wii-fit		Interventions-Effekt
	T0	T1		T0	T1	
M. tibialis	3,23	2,11	0,56	2,90	2,03	<0,2
	±1,58	±1,27		±2,54	±1,03	
M. soleus	2,3	2,0	0,29	1,96	2,07	<0,2
	±0,67	±0,69		±0,51	±0,57	
M. peroneus	3,67	2,64	0,38	3,06	2,72	<0,2
	±2,38	±1,19		±1,19	±1,36	

### Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in unperturbierter Bedingung eine analoge Verbesserung der Standstabilität bei Wii und SMT auftritt.

Die Kompensationsfähigkeit nach einem Störreiz ist allerdings bei der SMT-Gruppe ausgeprägter. Dies bedeutet, dass die schnelle Stabilisationsfähigkeit der Muskulatur durch ein SMT noch mehr gefördert wird als durch ein Wii Fit Training. Bei der Analyse der Maximalkraft und Explosivkraft sollte beachtet werden, dass Effekte unter Umständen unter anderen Messbedingungen gefunden werden können, was die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen unterstreicht.

Wii kann bei einem Gleichgewichtstraining im gesundheitsorientierten Bereich eine Alternative zu SMT darstellen. Allerdings ist das SMT aus oben genannten Gründen im Hinblick auf die Verletzungsprophylaxe im Sport effektiver einzuschätzen.

Gerade wenn der Bewegungsspaß im Vordergrund steht, zeichnet sich das Wii Fit Programm durch einen sehr hohen Aufforderungscharakter aus. Des Weiteren eignet es sich aufgrund seines geringeren Schwierigkeitsgrades besonders für untrainierte oder ältere Personen.

*Diese Untersuchung wurde in Teilen durch eine Projektförderung der Firma Nintendo® realisiert.*

### LITERATUR

1. **BAHR R, BAHR IA:** Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. *Scand J Med Sci Sports* 7 (1997) 166-171.
2. **BECK S, TAUBE W, GRUBER M, AMTAGE F, GOLLHOFER A, SCHUBERT M:** Task-specific changes in motor evoked potentials of lower limb muscles after different training interventions. *Brain Res* 1179 (2007) 51-60.
3. **BOEER J, MUELLER O, KRAUSS I, HAUPT G, HORSTMANN T:** Zuverlässigkeitsprüfung eines Messverfahrens zur Charakterisierung des Standverhaltens und Quantifizierung des Balancevermögens auf einer instabilen Plattform (Posturomed). *Sportverl Sportschad* 24 (2010) 40-45.
4. **BRUHN S, GRUBER M, GOLLHOFER A:** Proprioception training for prevention and rehabilitation of knee joint injuries. *Eur J Sports Traumatol Rel Res* 23 (2001) 82-89.
5. **BRUHN S, KULLMANN N, GOLLHOFER A:** The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *Int J Sports Med* 25 (2004) 56-60.

6. BRUHN S, KULLMANN N, GOLLHOFER A: Combinatory effects of high-intensity-strength training and sensorimotor training on muscle strength. *In J Sports Med* 27 (2006) 401-406.
7. CLARK RA, BRYANT AL, PUA Y, MCCRORY P, BENNELL K, HUNT M: Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* 31 (2010) 307-310.
8. GAUCHARD GC, GANGLOFF P, JEANDEL C, PERRIN PP: Influence of regular proprioceptive and bioenergetic physical activities on balance control in elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58 (2003) M846-M850.
9. GAUCHARD GC, JEANDEL C, TESSIER A, PERRIN PP: Beneficial effect of proprioceptive physical activities on balance control in elderly human subjects. *Neurosci Lett* 273 (1999) 81-84.
10. GOLLHOFER A: Proprioceptive training: considerations for strength and power production, in: Komi PV (Hrsg.): *Strength and power in sport*. Blackwell, Oxford, 2010, 331-342.
11. GRAF DL, PRATT LV, HESTER CN, SHORT KR: Playing active video games increases energy expenditure in children. *Pediatrics* 124 (2009) 534-540.
12. GRANACHER U, GOLLHOFER A, STRASS D: Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait Posture* 24 (2006) 459-466.
13. GRUBER M, BRUHN S, GOLLHOFER A: Specific adaptations of neuromuscular control and knee joint stiffness following sensorimotor training. *Int J Sports Med* 27 (2006) 636-641.
14. GRUBER M, GOLLHOFER A: Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *Eur J Appl Physiol* 92 (2004) 98-105.
15. GRUBER M, GRUBER S, TAUBE W, SCHUBERT M, BECK SC, GOLLHOFER A: Differential effects of ballistic versus sensorimotor training on rate of force development and neural activation in humans. *J Strength Cond Res* 21 (2007) 274-282.
16. HEITKAMP HC, HORSTMANN T, MAYER F, WELER J, DICKHUTH HH: Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sports Med* 22 (2001) 285-290.
17. HIRSCH MA, TOOLE T, MAITLAND CG, RIDER RA: The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 84 (2003) 1109-1117.
18. KOCEJA DM, TRIMBLE MH, EARLES DR: Inhibition of the soleus H-reflex in standing man. *Brain Res* 629 (1993) 155-158.
19. KORSTEN K, MORNIEUX G, WALTER N, GOLLHOFER A: Gibt es Alternativen zum sensomotorischen Training. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 56 (2008) 150-156.
20. LEPHART SM, RIEMANN B. L., FU F. H.: Introduction to the sensorimotor system, in: Lephart SM, Riemann B.L., Fu F.H. (Hrsg.): *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. Champaign, 2000, 17-24.
21. MCGUINE TA, KEENE JS: The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med* 34 (2006) 1103-1111.
22. MUELLER O, GUNTHER M, KRAUSS I, HORSTMANN T: Physical characterization of the therapeutic device Posturomed as a measuring device-presentation of a procedure to characterize balancing ability. *Biomed Tech* 49 (2004) 56-60.
23. MYNARK RG, KOCEJA DM: Down training of the elderly soleus H reflex with the use of a spinally induced balance perturbation. *J Appl Physiol* 93 (2002) 127-133.
24. OLSEN OE, MYKLEBUST G, ENGBRETSSEN L, HOLME I, BAHR R: Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 330 (2005) 449.
25. PROVINCE MA, HADLEY EC, HORN BROOK MC, LIPSITZ LA, MILLER JP, MULROW CD, ORY MG, SATTIN RW, TINETTI ME, WOLF SL: The effects of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT Trials. *Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques*. *JAMA* 273 (1995) 1341-1347.
26. RASEV E, HAIDER E: *Posturomed – Therapiegerät für propriozeptive posturale Therapie*. Begleitheft – Haider Bioswing (1995).
27. RECH AR, FERRAUTI AF: Nintendo Wii – Respiratorische und metabolische Beanspruchung beim Spielen im Kindesalter. *Dtsch Z Sportmed* 60 (2009) 228.
28. SCHUBERT M, BECK S, TAUBE W, AMTAGE F, FAIST M, GRUBER M: Balance training and ballistic strength training are associated with task-specific cortico-spinal adaptations. *Eur J Neurosci* (2008) 2007-2018.
29. TAUBE W, GRUBER M, BECK S, FAIST M, GOLLHOFER A, SCHUBERT M: Cortical and spinal adaptations induced by balance training: correlation between stance stability and corticospinal activation. *Acta Physiol (Oxf)* 189 (2007) 347-358.
30. TAUBE W, KULLMANN N, LEUKEL C, KURZ O, AMTAGE F, GOLLHOFER A: Differential Reflex Adaptations Following Sensorimotor and Strength Training in Young Elite Athletes. *Int J Sports Med* (2007) 999-1005.
31. VERHAGEN E, VAN DER BEEK A., TWISK J, BOUTER L, BAHR R, VAN MECHELEN W: The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *Am J Sports Med* 32 (2004) 1385-1393.
32. VÖLKER K, BONGARTZ E, SPIELMANN A, FROMME A, UHLENBROCK K, THUNBERG J: Nintendo-Wii Sportspiele – nur ein Computerspiel oder ein effektiver Trainingsreiz. *Dtsch Z Sportmed* 60 (2009) 231.
33. WILLIAMS HG, MCCLENAGHAN BA, DICKERSON J: Spectral characteristics of postural control in elderly individuals. *Arch Phys Med Rehabil* 78 (1997) 737-744.
34. WOLF SL, BARNHART HX, ELLISON GL, COOGLER CE: The effect of Tai Chi Quan and computerized balance training on postural stability in older subjects. Atlanta FICSIT Group. *Frailty and Injuries: Cooperative Studies on Intervention Techniques*. *Phys Ther* 77 (1997) 371-381.

**Korrespondenzadresse:**

**Dr. Katrin Röttger (geb. Korsten)**  
**Institut für Sport und Sportwissenschaft**  
**Universität Freiburg**  
**Schwarzwaldstr. 175**  
**79117 Freiburg**  
**E-Mail: [katrin.korsten@sport.uni-freiburg.de](mailto:katrin.korsten@sport.uni-freiburg.de)**