

Nitzsche N¹, Pawski B², Schulz H²

Physiologische Beanspruchung und deren Reliabilität von Exergaming motivierten Kraftübungen

Physiological Response and Reliability by Exergaming Motivational Strength Exercises

¹Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik, Hochschule Lausitz

²Institut für Sportwissenschaft, TU Chemnitz

ZUSAMMENFASSUNG

Problemstellung: Exergaming hat das Potential gegenüber herkömmlichen Spielkonsolen den Energieverbrauch zu erhöhen. Leistungssteigerungen durch den regelmäßigen Einsatz eines digitalen Trainings werden vorwiegend im sensomotorischen Bereich beobachtet. Damit ein körperliches Training mittels Exergaming für rehabilitative Zwecke nutzbar gemacht werden kann, muss eine gewisse Vorhersagbarkeit der physiologischen Beanspruchung möglich sein. Somit kann rehabilitatives Training mittels Exergaming planbar werden. Deshalb wurden hier die Beanspruchung und deren Reproduzierbarkeit an Kraftübungen der Nintendo Wii überprüft. Methode: Zehn männliche Probanden (Alter 23 ± 1,4 Jahre, Gewicht 69,3 ± 4,4 kg, Größe 175 ± 0,4 cm) wurden bei zehn Kraftübungen der Nintendo Wii an drei verschiedenen Tagen auf ihre Beanspruchung und deren Reproduzierbarkeit hin untersucht. Ergebnisse: Ausgehend von der maximalen individuellen Leistungsfähigkeit zeigte sich eine mittlere physiologische Beanspruchung (HF 96,8 ± 11,9 bis 127 ± 15 Hf/min, VO₂ 11,2 ± 1,28 bis 25,5 ± 3,67 ml/min/kg, Laktat 2,2 ± 0,6 bis 3,6 ± 0,7 mmol/l). Das subjektive Belastungsempfinden der Körperübungen lag bei recht leicht bis anstrengend (Borg 10 ± 1,1 bis 15,1 ± 1,5). Zwischen den meisten Übungen bestanden signifikante Unterschiede in der Sauerstoffaufnahme (p < 0,05). Anhand der Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme lag eine mittlere bis sehr hohe Reproduzierbarkeit der physiologischen Beanspruchung (ICC 0,53-0,96) vor. Diskussion: Eine Vorhersagbarkeit der Beanspruchung mittels Exergaming induzierten Kraftübungen scheint möglich und könnte für rehabilitative Interventionen mit Feedbackinformation eine kontrollierende Belastung darstellen.

Schlüsselwörter: Digitale Spiele, digitales Krafttraining, physiologische Beanspruchung.

EINLEITUNG

Digitale Bewegungsspiele setzen sich zum Ziel die körperliche Aktivität zu erhöhen und dabei die Gesundheit zu fördern. Aus entwicklungstheoretischer und pädagogischer Sicht des Spielcharakters liegen hier große Potentiale (26). Um auch aus trainingsphysiologischer Perspektive eine seriöse Alternative darzustellen, sollte die Beanspruchung beim Exergaming mit einer körperlichen bzw. sportlichen Aktivität vergleichbar sein, wobei es den realen Sport nicht ersetzen kann (30). Mittels digitaler Sportspiele wird prinzipiell der Ansatz verfolgt, die physische Leistungsfähigkeit zu verbessern, zu erhalten und körperliche Aktivität zu fördern. Die wohl bekannteste Spielkonsole ist die Nintendo Wii*. Diese stellt verschiedene Bewegungsspiele zu Verfügung. Ein virtueller Spiel-

SUMMARY

Problem: Exergaming versus traditional games consoles has the potential to increase energy consumption. Performance improvements through the regular use of digital training are mainly observed in the sensomotoric field. Therefore, physical training using Exergaming can be utilized for rehabilitative purposes. A certain predictability concerning physiological stress should be possible. Thus, rehabilitative training using Exergaming can be planned. The reproducibility of biological signals in digital games has not been included in studies. Method: Ten male subjects (age 23 ± 1.4 years, weight 69.3 ± 4.4 kg, height 175 ± 0.4 cm) were studied in ten power exercises by Nintendo Wii* on three different days for stress load and reproducibility. Results: Based on the maximum individual performance, the mean showed moderate physiological stress (96.8 ± 11.9 to 127 ± 15 Hf, VO₂ 11.2 ± 1.28 to 25.5 ± 3.67 ml/min/kg, 2.2 ± 0.6 to 3.6 ± 0.7 lactate). The subjective stress perception of these physical exercises reached from quite easy to moderately strenuous (Borg 10 ± 1.1 to 15.1 ± 1.5). Most significant differences between the exercises were in oxygen uptake (p < 0.05). Heart rate and oxygen uptake showed moderate to very high reproducibility of physiological response (ICC 0.53 to 0.96). Discussion: A predictability of the stress induced by Exergaming power exercises seems to be possible and could provide controlled stress with feedback information for rehabilitative interventions.

Key Words: Exergaming, digital strenght training, physiological stress.

bzw. Trainingspartner gibt parallel zur Bewegungsausführung methodische Anweisungen. Zur Erfassung der Bewegung werden Balanceboards und in Handcontroller integrierte Bewegungssensoren genutzt. Somit ist es möglich Bewegungsgeschwindigkeit, -genauigkeit und Wiederholungszahl zu erfassen. Die physiologische Akutreaktion lässt bei realer Bewegungsausführung eine niedrige bis moderate Beanspruchung erwarten (1,3,25). Klassische physio-

accepted: October 2012

published online: November 2012

DOI: 10.5960/dzsm.2012.037

Nitzsche N, Pawski B, Schulz H: Physiologische Beanspruchung und deren Reliabilität von Exergamingmotivierten Kraftübungen. Dtsch Z Sportmed 63 (2012) 319-323.

Tabelle 1: Wiederholungs- Serienzahlen und Pausenzeiten der einzelnen Übungen innerhalb der Gesamtbelastungszeit von mindestens fünf Minuten pro Übung (Wiederholung = WDH, T = Teilkörperübung, G = Ganzkörperübung).

| „Muskelübung“ | WDH pro Serie | Sätze pro Übung | Pause zwischen den Sätzen (sec) | Pause zwischen den Übungen (sec) |
|---|---------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Beinstrecker (Beinextension im Stehen mit flektierter Hüfte) (T) | 20 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |
| Liegestütz (G) | 10 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |
| Klappmesser (G) | 10 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |
| Seitschwung (Beinabduktion im Stehen ohne Aufsetzen) (T) | 20 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |
| Horizontales Stretching (Beinextension reverse stehend) (T) | 30 sec | 4 bis 5 | 30 bis 40 | 180 |
| Diagonales Stretching (Hüftflexion mit Außenrotation und Adduktion im Stehen) (T) | 10 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |
| Stehaufmännchen (G) | 10 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |
| Balance Brücke (G) | 20 | 2 bis 3 | 30 bis 40 | 180 |
| Seitschritt (Beinabduktion im Stehen mit Fußaufsetzen) (T) | 15 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |
| Beindegner (Hüftextension im Vierfüßlerstand) (T) | 10 | 3 bis 4 | 30 bis 40 | 180 |

logische Marker wurden bisher herangezogen (1,3,4,12,13,15,19,22,23,24,31). Darüber hinaus wurde das subjektive Belastungs- und Spaßempfinden untersucht (1,12,23). Gegenüber der vergangenen Generation von Spielkonsolen wird mehr körperliche Aktivität induziert und somit der Energieverbrauch gesteigert. Bausch et al. (3) und Miyachi et al. (19) verglichen den Energieverbrauch mit Alltagsaktivitäten (3-6 MET's). Oft werden passive Aktivitäten wie Spielen mit einem Handkontroller dem Exergaming oder realen Bewegungsformen (Gehen auf einem Laufband) gegenübergestellt. Die Probanden reichen von gesunden Grundschulkindern, übergewichtigen bis adipösen Kindern oder jungen und älteren Erwachsenen (12,13,22,25). Durch den Ablenkungscharakter des Spiels wird das Training weniger beanspruchend wahrgenommen (6). Es zeigten sich deutliche Steigerungen physiologischer Größen während des Übens. Teilweise konnte die Beanspruchung einzelner Exergaming-Spiele (Boxen) mit einem Gehtraining gleichhalten (31). Bei mindestens 30 Minuten an fünf Tagen pro Woche spielen, könnten einige Spiele präventiv wirken. Der Energieverbrauch ist von der ausführenden Technik und eingesetzten Extremitäten abhängig (15,29). Der Einsatz eines Balancebords zur Quantifizierung des Druckmittelpunktes während Exergaming, zeigte positive Effekte auf das Gleichgewicht (6,9,16,28). Auch Steigerungen der Kraftfähigkeiten an sehr alten Menschen wurden beobachtet (28). Die Hirnaktivität liegt aufgrund der erhöhten Aufmerksamkeit und unterschiedlicher Rückmeldungen beim realen Putten deutlich über dem virtuellen Golfen (2,9). Derzeit kann nicht von einer Körpergewichtsreduktion und Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei übergewichtigen Kindern oder Neomüttern allein durch Exergaming ausgegangen werden (18,21). Es wurde auch gezeigt, dass junge Mütter wenige Wochen nach der Geburt ein Exergaming zur Erhöhung der körperlichen Aktivität ohne Komplikationen zu Hause durchführen können. Aktuell liegen wenige Befunde vor, die eine Eignung von Feedbackinformationen während Exergaming anhand der Technologie auf ihre Reliabilität untersuchten (8,20). Bisher gilt das Wii Balance Board, welches mittels Druckmittelpunkt die Gleichgewichtsleistung erfasst, als reliabel (8). Aufgrund zufälliger Spielereignisse könnten Biosignale, die zukünftig zur Belastungssteuerung auch für rehabilitative Zwecke relevant werden, schwer vorhersagbar sein. Dies schränkt die Einsetzbarkeit für seriöse Zwecke, wie Exergaming zum Training in der Rehabilitation und Gesundheitssport ein.

Problem und Zielstellung

Soll Exergaming unter gesundheitlichen Motiven als innovatives Trainingsmittel eingesetzt werden, müssen die allgemeinen Prinzipien des Trainings Anwendung finden können. Dazu gehört die Wiederholbarkeit des Belastungsreizes und damit der Beanspruchung. Der Einsatz von Kraftübungen hat sich bei vielen Indikationen als sinnvoll herausgestellt. Eine lokale, intermittierende, synchrone oder alternierende Bewegung ist dafür charakteristisch. Wenn, wie im klassischen Krafttraining, Widerstände, Satz- und Wiederholungszahlen zur Belastungssteuerung genutzt werden, könnte hier die Intensität über die Spielgeschwindigkeit und die Dauer

durch die Anzahl der Spielwiederholungen kontrolliert werden (11). Die Nintendo Wii®Fit beinhaltet Muskelübungen mit dem Ziel der Kräftigung verschiedener Muskelgruppen. Mittels objektiver Schnellinformation wird der Druckmittelpunkt (DMP) des Körpers auf einem Balanceboard am Monitor dargestellt. Die Reliabilität der sensorischen Information des DMP wurde bisher untersucht (8). Zu klären wäre, wie hoch die physiologische Beanspruchung der Muskelübungen dieser Spielkonsole ist und reliable Reaktionen zeigt. Dazu soll im Rahmen einer Pilotstudie die relative Beanspruchung und deren Reproduzierbarkeit untersucht und daraus die Vorhersagbarkeit der physiologischen Beanspruchung beim Krafttraining mittels Exergaming beurteilt werden.

MATERIAL UND METHODEN

Zehn männliche Sportstudenten (Alter $23 \pm 1,4$ Jahre, $69,3 \pm 4,4$ kg, $175 \pm 0,4$ cm, körperliche Aktivität $4,2 \pm 1,6$ Stunden/Woche) wurden zuvor mittels Laufbandstufentest (Beginn 2 m/s, Steigerung alle 3 Minuten um $0,4$ m/s, Steigung 1%) auf maximale Leistungsfähigkeit überprüft. Anschließend führten die Probanden an drei verschiedenen Tagen (je drei Tage Abstand) zehn Kraftübungen der Wii Fit® mit jeweils drei bis vier Sätzen und $10-20$ Wiederholungen durch. Da die Terminologie der Übungen nicht mit den üblichen Bezeichnungen übereinstimmt, wurde zur besseren Verständlichkeit dies in Klammern beschrieben (Tab.1). Übungen mit großen und mehrgelenkigen Bewegungsamplituden wurden mit zehn Wiederholungen absolviert. Die Pausenzeit zwischen den Sätzen betrug 30 bzw. 40 Sekunden. Zwischen den Übungen lag eine Pause von drei Minuten. Um Steady State Bedingungen zu gewährleisten, wurde jede Kraftübung mindestens fünf Minuten durchgeführt. Aufgrund ermüdungsbedingter Effekte wurden die Spiele in ihrer Reihenfolge randomisiert (Lose ohne Zurücklegen). Während der Übungen wurden die Herzfrequenz (Polar RS 400) und die Sauerstoffaufnahme (Cortex Metamax 3B) gemessen. Am Ende jeder Übung wurde Kapillarblut zur Laktatbestimmung abgenommen. Die Abfrage des subjektiven Belastungsempfindens erfolgte zum Ende der jeweiligen Übung (Skala $6-20$)(5). Die physiologischen Reaktionen beim

Spiele mit der Nintendo Wii wurden mit der individuellen maximalen Leistung der Ergometrie in Relation gesetzt. Die statistische Bearbeitung der Daten erfolgte mittels SPSS 16.0. Zur deskriptiven Beschreibung der Daten wurden der Mittelwert und Standardabweichungen aufgeführt. Die prozentuale Angabe physiologischer Größen basiert auf den Maximalwerten der Leistungsdiagnostik. Zur Bestimmung der Konstanz wurden die Reliabilitätsmaße ICC sowie die kritische Differenz herangezogen (17). Mittels Friedman Test wurde die Globalhypothese geprüft, ob signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungstagen vorlagen. Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungstagen und Übungen wurden mittels Wilcoxon Test geprüft. Ob die Residuen die gleichen Varianzen aufweisen, wurden Bland Altman Plot's zur qualitativen Beurteilung verwendet. Das Signifikanzniveau lag bei 5%.

ERGEBNISSE

In Tabelle 2 wurden alle Ergebnisse der untersuchten Parameter dargestellt. Für die Herzfrequenz ergaben sich während der Übungsausführung Werte von $96,8 \pm 11,9$ Hf/min bis $127,8 \pm 15,8$ Hf/min. Dies entsprach einem prozentualen Anteil an der maximalen Herzfrequenz von 48,7% bis 64,3%. Die individuellen Höchstwerte lagen bei den Übungen „Stehaufmännchen“ und „Beinstrecker“ vor. Die relative Sauerstoffaufnahme rangierte zwischen $11,2 \pm 1,28$ ml/min/kg und $25,5 \pm 3,67$ ml/min/kg, was einem prozentualen Anteil an der maximalen Sauerstoffaufnahme von 21,9% bis 49,8% entsprach. Der individuelle Maximalwert wurde bei der Übung „Stehaufmännchen“ erreicht. Die kapillaren Blutlaktatkonzentrationen lagen im Bereich von $2,17 \pm 0,63$ mmol/l bis $3,57 \pm 0,73$ mmol/l. Die höchsten Laktat-

Tabelle 2: Darstellung der untersuchten Parameter relative Sauerstoffaufnahme (VO_2), Herzfrequenz (Hf), Laktat und subjektive Beanspruchung nach Borg-Skala 6-20 (RPE). Auf Basis der Sauerstoffaufnahme erfolgte die Abschätzung des Energieverbrauchs (MET = metabolisches Äquivalent). Die Übungen sind absteigend nach der Sauerstoffaufnahme geordnet. Dargestellt sind die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der untersuchten Spiele sowie die Reliabilitätsmaße Intraclass-Correlationskoeffizient (ICC) und kritische Differenz (krit.Diff.) über drei Teststage.

| Spiele/Übung | VO_2 (ml/min/kg) | | | Hf (1/min) | | | Laktat (mmol/l) | | | RPE | | | Energieverbrauch | |
|-------------------------|--------------------|------|-----------|------------|------|------------|-----------------|------|------------|----------|------|------------|------------------|-----|
| | MW±SD | ICC | Krit.Diff | MW±SD | ICC | Krit.Diff. | MW±SD | ICC | Krit.Diff. | MW±SD | ICC | Krit.Diff. | Kcal/h | MET |
| Stehaufmännchen | 25,5±3,7 | 0,74 | 5,2 | 127,8±15,8 | 0,92 | 12,4 | 2,7±0,7 | 0,74 | 1 | 13,7±1 | 0,32 | 2,3 | 534,6 | 7,5 |
| Liegestütze | 18,1±2,7 | 0,84 | 3 | 121,9±15,4 | 0,82 | 18,1 | 3,6±0,7 | 0,78 | 0,9 | 15,1±1,5 | 0,72 | 2,2 | 378,6 | 5,3 |
| Beinstrecker | 15,3±2,4 | 0,82 | 2,8 | 115,1±20,1 | 0,91 | 16,7 | 2,3±0,5 | 0,48 | 1 | 10,9±1,2 | 0,33 | 2,7 | 325,2 | 4,6 |
| Balance Brücke | 14,9±2,2 | 0,85 | 2,3 | 110±16 | 0,92 | 12,5 | 3,2±0,7 | 0,68 | 1,1 | 12,7±1,7 | 0,66 | 2,7 | 295,2 | 4,1 |
| Seitschritt | 14,1±2 | 0,81 | 2,4 | 109,8±20,1 | 0,88 | 19,3 | 2,2±0,6 | 0,3 | 1,5 | 12,7±1,7 | 0,66 | 2,7 | 267,6 | 3,7 |
| Seitschwung | 12,9±1,5 | 0,6 | 2,6 | 108,8±19,8 | 0,9 | 17,4 | 2,5±0,4 | -0,1 | 1,2 | 10±1,1 | 0,38 | 2,4 | 234,6 | 3,3 |
| Beindehner | 12,7±2 | 0,53 | 3,9 | 108,7±19,3 | 0,69 | 10,7 | 2,3±0,6 | 0,6 | 1,1 | 11,3±1,3 | 0,44 | 2,7 | 312,6 | 4,4 |
| Horizontales Stretching | 12,1±1,6 | 0,84 | 1,8 | 105±15,5 | 0,83 | 17,7 | 2,7±0,6 | 0,47 | 1,2 | 14±1,9 | 0,59 | 3,4 | 243 | 3,4 |
| Diagonales Stretching | 11,6±1,4 | 0,55 | 2,7 | 102,1±15,6 | 0,9 | 13,7 | 2,2±0,4 | -0,1 | 1 | 10,7±1,5 | 0,26 | 3,6 | 252,2 | 3,6 |
| Klappmesser | 11,2±1,3 | 0,76 | 1,7 | 96,8±11,9 | 0,88 | 11,4 | 2,5±0,4 | 0,21 | 1 | 13,9±1 | 0,49 | 2 | 268,2 | 3,8 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|------------|--------------|------------|----------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|--|
| Seitschwung | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,11 | |
| Horizontales Stretching | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,09 | 0,22 | | 0,11 | |
| Diagonales Stretching | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,04 | | 0,22 | 0,01 | |
| Seitschritt | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,58 | | 0,04 | 0,09 | 0,01 | |
| Klappmesser | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | | 0,58 | 0,06 | 0,06 | 0,01 | |
| Balance Brücke | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,11 | | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Beindehner | 0,01 | 0,01 | 0,29 | | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Beinstrecker | 0,01 | 0,01 | | 0,29 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Liegestütz | 0,01 | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Stehaufmännchen | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Spiele | | | | | | | | | | | |
| | Stehaufmännchen | Liegestütz | Beinstrecker | Beindehner | Balance Brücke | Klappmesser | Seitschritt | Diagonales Stretching | Horizontales Stretching | Seitschwung | |

Tabelle 3: Darstellung der p-Werte zwischen den Kraftübungen bezüglich der Sauerstoffaufnahme (ml/min/kg). Die farbige unterlegten p-Werte zeigen keine statistisch signifikanten Unterschiede.

werte waren bei der Übung „Liegestütz“ zu verzeichnen. Die Angaben des subjektiven Belastungsempfindens lagen zwischen $10,0 \pm 1,1$ und $15,1 \pm 1,5$. Die Probanden schätzten die Belastungen als „recht leicht“ bis „anstrengend“ ein. Die individuellen Höchstwerte erreichten die Übungen „Liegestütz“ und „Horizontales Stretching“. Zwischen den Kraftübungen bestanden signifikante Unterschiede in der physiologischen Beanspruchung (Tab.3). Die Übungen „Liegestütz“ und „Stehaufmännchen“ zeigten beim Laktat signifikante Effekte bei Messwiederholungen ($p < 0,05$). In den anderen Übungen lag dies nicht vor ($p > 0,05$). Die Herzfrequenzen der zehn untersuchten Übungen rangierten von $96,8 \pm 11,9$ Hf/min bis 127 ± 15 Hf/min (48-64% Hfmax) mit einer Sauerstoffaufnahme von $11,2 \pm 1,3$ ml/min/kg bis $25,5 \pm 3,7$ ml/min/kg (21-49% VO_2 max). Die Übungen „Stehaufmännchen“ und „Liegestütze“ zeigten die höchste physiologische Beanspruchung. Die Laktatkonzentrationen unmittelbar nach Beendigung einer Übungsserie lagen bei $2,17 \pm 0,6$ mmol/l bis $3,6 \pm 0,7$ mmol/l. Die höchste Konzentration und Reliabilität (ICC 0,8; krit.Diff. 0,9 mmol/l) wurde beim „Liegestütz“ mit 4,6 mmol/l festgestellt. Die Konstanz der mittleren Abweichung anhand der physiologischen Parameter kann anhand der Bland Altman Plot angenommen werden (Abb. 1). Hinsichtlich der subjektiven Beanspruchung zeigten „Liegestütze“, „Horizontales Stretching“, „Klappmesser“ und „Stehaufmännchen“ die höchsten Werte (13-15). Die Reliabilität der subjektiven Beanspruchung war nur bei „Liegestütz“ und „Stehaufmännchen“ als hoch einzuordnen (ICC 0,7; krit.Diff. 2,2).

DISKUSSION

Die Wiederholbarkeit der physiologischen Beanspruchung des Belastungsreizes bildet die Grundlage für die Planmäßigkeit des Trainings. Grundsätzlich werden zur Steuerung der Intensitäten (in %) Trainingsbereiche der individuellen Maximalleistung gewählt (außer Laktatschwellenkonzepte). Hier fand dies anhand der individuellen Maximalleistung der Laufbandergometrie statt. Eine Vorstellung über die relative Beanspruchung der untersuchten Übungen war somit möglich. Die subjektive Beanspruchung wurde unmittelbar nach jeder Übung erhoben (1). Das Beanspruchungsempfinden hängt stark von der Übung ab (20,21). Um den Einfluss motorischer Lernprozesse über die Testtage gering zu halten, wurde auf Probanden mit hohem motorischem Niveau (Sportstudenten) zurückgegriffen. Dekonditioniertes Klientel könnte hier eine höhere Beanspruchung wahrnehmen. Das eingesetzte Trainingsprotokoll orientierte sich an einem Satztraining mit Wiederholungsmethode. Laktatkonzentrationen lassen in Bezug auf diese physiologische Größe eine unvollständige Pause vermuten, die eine Intervallmethode im Sinne der Beanspruchung nahelegt. Die hier eingesetzte Belastungsnormative war für ein Kraft-Ausdauertraining charakteristisch und für die Praxis realistisch. Demzufolge kann hier von einer Kraftausdauerbelastung ausgegangen werden (27). Insgesamt kann die physiologische Beanspruchung als moderat eingeordnet werden. Das hier festgestellte leichte bis etwas anstrengende Belastungsempfinden konnte beim Exergaming in anderen Untersuchungen schon beobachtet werden. Übungen mit dynamischen Extremitätenbewegungen und hoher Rumpfspannung zeigten ein teilweise sehr hohes Anstrengungsempfinden sowie die höchsten metabolischen Reaktionen (z.B.: Borg 13-18 bei „Liegestütz“, „Horizontales Stretching“, „Klappmesser“ und „Stehaufmännchen“). Die Unterschiede in der physiologischen Beanspruchung zwischen digitalen Spielen sind in der unterschiedlich

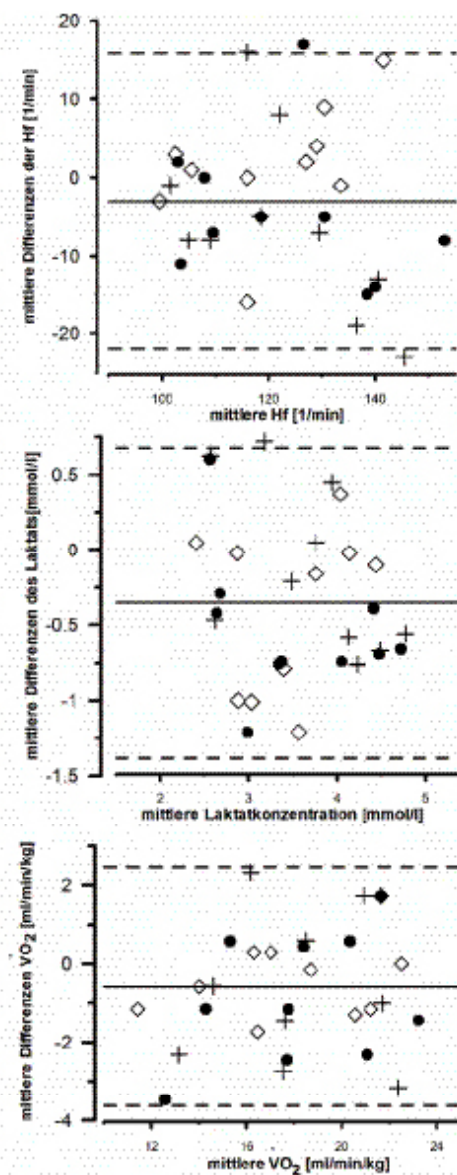


Abbildung 1: Bland Altman Plots zeigen die mittleren Differenzen der physiologischen Parameter zwischen den drei Testtagen gegen den Mittelwert auf. Die durchgezogene Linie zeigt die mittlere Differenz über die drei Testtage. Die gestrichelten Linien stehen für die Limits of Agreement (mittlere Diff. \pm SD*1,96), (+ Testtag 1 vs. 2; ◇ Testtag 2 vs. 3; - Testtag 1 vs. 3).

beanspruchten Muskulatur und Bewegungsfrequenz bei Übungsausführung zu suchen (20). Hier könnten nur einzelne Kraftübungen physiologische Reaktionen auslösen, die mit einem Lauftraining zu vergleichen wären (1,3,12). Die meisten Übungen sind energetisch mit Alltagsstätigkeiten zu vergleichen und könnten nur für sehr dekonditioniertes Klientel einen relevanten Belastungsreiz darstellen (Tab. 2). Die Bewegungsfrequenz sowie die Bewegungsamplitude sind für die Beanspruchung entscheidend (29). Gerade die Frequenz hat mehr Einfluss auf die Sauerstoffaufnahme als die Intensität bei Kraftübungen (14,32). Vergleichbare Werte der festgestellten Laktatkonzentration bei realen Kraftübungen zeigten Buskies et al. (7). In Bezug zur Reproduzierbarkeit der physiologischen Beanspruchung lagen signifikante Effekte des Untersuchungstages auf die Laktat-

konzentration bei hochintensiven Kraftübungen wie „Liegestütz“ und „Stehaufmännchen“ vor und können durch die unvollständige Pause zwischen den randomisiert zugeordneten Übungen und der unterschiedlich schnellen Laktatbildung sowie Elimination zu erklären sein. Die Belastungszeit von fünf Minuten galt hier als Steady State Bedingung. Hinsichtlich der Reliabilität der Beanspruchung konnten die Herzfrequenzen aufgrund ihrer schnellen Adaptilität eine hohe bis sehr hohe Zuverlässigkeit zeigen. Die Sauerstoffaufnahme war nur bei Übungen, welche als etwas bis sehr anstrengend empfunden wurden, mit hoher Zuverlässigkeit reproduzierbar und zeigte wie beim Liegestütz Homoskedastizität.

Schlussfolgernd zeigt diese Pilotstudie, dass durch ein Exergaming motiviertes Krafttraining unter einer Kraftausdauer normative bei intensiven Übungen reproduzierbare Beanspruchungen vorlagen. Dadurch könnte beispielsweise die Herzfrequenz als Sofortinformation beim Exergaming dienen. Zukünftig bleiben jedoch prospektive randomisierte Interventionsstudien abzuwarten, die ein Benefit für die Gesundheit aufzeigen.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: keine.

LITERATUR

1. **BARKLEY J, PENKO A:** Physiologic Responses, Perceived Exertion, and Hedonics of Playing a Physical Interactive Video Game Relative to a Sedentary Alternative and Treadmill Walking in Adults. *Journal of Exercise Physiology* 3 (2009) 12-22.
2. **BAUMEISTER J, REINECKE K, CORDES M, LERCH C, WEISS M:** Brain activity in goal directed movements in a real comparement to a virtual environment using the Nintendo Wii. *Neurosci Net* 1 (2010) 47-50.
3. **BAUSCH L, BERAN J, CAHANES S, KRUG L:** Physiological Responses while playing Nintendo Wii Sports. *Journal of Undergraduate Kinesiology Research* 2 (2008) 19-22.
4. **BONETTI AJ, DRURY DG, DANOFF JV, MILLER TA:** Comparison of acute exercise response between conventional video gaming and isometric resistance exergaming. *J Strength Cond Res* 7 (2010) 1799-1803. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bab4a8.
5. **BORG G:** Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Dtsch Arztebl* 15 (2004) 1016-1021.
6. **BRUMELS KA, BLASIUS T, CORTRIGHT T, OUMEDIAN D, SOLBERG B:** Comparison of efficacy between traditional and video game based balance programs. *J Am Kinesio Ass* 62 (2008) 26-31.
7. **BUSKIES W, BOECKH-BEHRENS WU, ZIESCHANG K:** Möglichkeiten der Intensitätssteuerung im gesundheitsorientierten Krafttraining. *Sportwissenschaft* 26 (1996) 170-184.
8. **CLARK RA, BRYAN AL, PUA, MCCRORY P, BENNELL K, HUNT M:** Validity and Reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* 3 (2010) 307-310. doi:10.1016/j.gaitpost.2009.11.012
9. **CORDES M, LERCH C, REINECKE K, SCHUBERT M, WEISS M, BAUMEISTER J:** Virtuell interaktives Putten (Nintendo Wii) im Golf: Unterschiede in der kortikalen Aktivität im Vergleich zum realen Putt. *Dtsch Z Sportmed* 7/9 (2009) 241.
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 Sports Phys Ther* 1 (2010) 11-19.
11. **FRÖHLICH M, SCHMIDTBLEICHER D, EMRICH E:** Belastungssteuerung im Muskelaufbautraining - Belastungsnormativ Intensität versus Wiederholungszahl. *Dtsch Z Sportmed* 53 (2002) 79-83.
12. **GRAF D, PRATT L, HESTER C, SHORT K:** Playing Active Video Games Increases Energy Expenditure in Children. *Pediatrics. Journal of the American Academy of Pediatrics*. 124 (2009) 534-540.
13. **GRAVES LE, RIDGERS ND, WILLIMAS K, STRATTON G, ATKINSON G, CABLE NT:** The physiological cost and enjoyment if Wii Fit in adolescents, young adults, and older adults. *J Phys Act Health* 3 (2010) 393-401.
14. **HUNTER G, SEELHORST D, SNYDER S:** Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *J Strength Cond Res* 17 (2003) 76-81.
15. **JORDAN M, DONNE B, FLETCHER D:** Only lower limb controlled interactive computer gaming enables an effective increase energy expenditure. *Eur J Appl Physiol* 7 (2011) 1465-1472. doi:10.1007/s00421-010-1773-3.
16. **KLIEM A, WIEMEYER J:** Comparison of a Traditional and a Video game-based Balance Training Program. *Int J Comp Sci Sport* 9 (2010) 80-91.
17. **LIENERT GA, RAATZ U:** Testaufbau und Testanalyse. 6. Auflage Beltz Psychologie Verlag Union (1998) 368-370.
18. **MADSEN KA, YEN S, WLASUIK L, NEWMAN T, LUSTIG R:** Feasibility of a Dance Videogame to promote Weight loss Among Overweight children and Adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med* 161 (2007) 105-107. doi:10.1001/archpedi.161.1.105-c.
19. **MIYACHI M, YAMAMOTO K, OHKAWARA K, TANAKA S:** METs in adult while playing active video games: a metabolic chamber study. *Med Sci Sports Exerc* 6 (2010) 1149-1154.
20. **NITZSCHE N, FROHBERG C, SCHULZ H:** Reproduzierbarkeit der physiologischen Beanspruchung beim Spielen des Moduls Training Plus der Wii Fit Plus. In Link D. & Wiemeyer J. *Sportinformatik trifft Sporttechnologie DVS Band 217*. Czwalina (2011) 142-146. ISBN 978-3-88020-579-6.
21. **NITZSCHE N, SCHULZ H:** Zur Durchführbarkeit eines regelmäßigen Trainings mit der Nintendo Wii Fit Plus bei Frauen nach der Schwangerschaft. *J Gynäkol Endokrinol* 14 (2011) 32-36.
22. **PENKO AL, BARKLEY JE:** Motivation and physiologic response of playing a physically interactive video game relative to a sedentary alternative in children. *Ann Behav Med* 2 (2010) 162-169. doi:10.1007/s12160-010-9164-x.
23. **PORCARI J, FOSTER C, CARROLL A:** Wii Fit - Or just a Wee Bit? *American Council on Exercise - ACE Fitness Matters* 4 (2009) 6-8.
24. **PORCARI J, SCHMIDT K, FOSTER C:** As Good as the real thing? *American Council on Exercise - ACE Fitness Matters* 3 (2008) 7-9.
25. **RECH AR, FERRAUTI AF:** Nintendo Wii – Respiratorische und metabolische Beanspruchung beim Spielen im Kindesalter. *Dtsch Z Sportmed* 60 b(2009) 228.
26. **SCHMIDT W:** Spiel. In Röthing P, Prohl, R (Hrsg.): *Sportwissenschaftliches Lexikon*. Hofmann, Schorndorf (2003) 481-486.
27. **SCHMIDTBLEICHER D, GÜLLICH A:** Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 223-234.
28. **SOHNSMEYER J, GILBRICH H, WEISSER B:** Effect of a Six-Week-Intervention with an Activity promoting Video Game on isometric Muscle Strenght in Eldery Subjects. *Int J Comp Sci Sport* 9 (2010) 75-79.
29. **VÖLKER K, BONGARTZ E, SPIELMANN A, FROMME A, UHLENBROCK K, THORWESTEN L:** Nintendo Wii Sportspiele - nur ein Computerspiel, oder ein effektiver Trainingsreiz? *Dtsch Z Sportmed* 60 (2009) 231.
30. **WIEMEYER J:** Digitale Spiele - (K)ein Thema für die Sportwissenschaft?! *Sportwissenschaft* 39 (2009) 120-128. doi:10.1007/s12662-009-0034-2.
31. **WILLEMS M, BOND T:** Comparison of Physiological and Metabolic Responses to Playing Nintendo Wii Sports and Brisk Treadmill Walking. Section II - Exercise Physiology & Sports Medicine. *Journal of Human Kinetics* 22 (2009) 43-50. doi:10.2478/v10078-009-0022-5.
32. **WIRTZ N, BUITRAGO S, KLEINOEDER H, MESTER J:** Auswirkungen klassischer Krafttrainingsmethoden auf die Sauerstoffaufnahme während und nach einmaligen erschöpfenden Belastungen. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumat* 57 (2009) 108-112.

Korrespondenzadresse:

Dr. Nico Nitzsche

Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik

Hochschule Lausitz

Großenhainer Str. 57

01968 Senftenberg

E-Mail: nico.nitzsche@hs-lausitz.de