



ORIGINALBEITRAG

NORDIC WALKING, WALKING, POWERWALKING UND JOGGING - SAUERSTOFFAUFNABME UND HERZFREQUENZ IM VERGLEICH

MANUELA PREUß¹, PETER PREUß^{1,2}, & HEINZ MECHLING^{1,2}

¹INSTITUT FÜR SPORTWISSENSCHAFT UND SPORT, UNIVERSITÄT BONN, ²INSTITUT FÜR BEWEGUNGS- UND SPORTGERONTOLOGIE, DEUTSCHE SPORHOCHSCHULE KÖLN

Die vorliegende Querschnittsuntersuchung vergleicht die Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz bei Nordic Walking, Walking, Powerwalking und Jogging im Feld. An der Untersuchung mit einem intrasubjektiven Untersuchungsdesign nahmen 32 gesunde Personen (21 Frauen [Alter: 46.4 ± 6.0 J., VO_{2max} : 40.8 ± 6.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹] und 11 Männer [Alter: 47.8 ± 6.6 J., VO_{2max} : 48.2 ± 9.8 ml·kg⁻¹·min⁻¹]) mit Ausdauersport Erfahrung teil. Die überwiegend ausgeübten Sportarten waren Jogging, Walking und Nordic Walking. Vor Beginn der Hauptuntersuchung absolvierten alle Versuchspersonen einen submaximalen Belastungstest zur Bestimmung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme. Zur Sicherstellung einer guten Technikausführung in allen Sportarten wurde vor Beginn der Testphase mit allen Versuchspersonen ein vierwöchiges Techniktraining (2 Mal pro Woche à 90 Minuten) durchgeführt. In der Hauptuntersuchung führte jede Versuchsperson die Sportarten an separaten Tagen in randomisierter Reihenfolge durch. Die kontinuierliche Messung der Atemgase und die Aufzeichnung der Herzfrequenz erfolgte mittels eines portablen Spirometrie-systems (MetaMax 3B®, Cortex). Jede Untersuchung beinhaltete ein standardisiertes Aufwärmprogramm (5.4 km·h⁻¹) und vier Belastungsphasen in verschiedenen Geschwindigkeiten (5.4; 6.1; 6.8; 7.5 km·h⁻¹ für Nordic Walking, Walking, Powerwalking und 6.8; 7.5 km·h⁻¹ für Jogging) à fünf Minuten, um Steady State Bedingungen zu erreichen. Nordic Walking bewirkt gegenüber dem klassischen Walking und Powerwalking in gleichen Geschwindigkeiten eine höhere mittlere Sauerstoffaufnahme (8 % [1.0 ml·kg⁻¹·min⁻¹ bei 5.4 km·h⁻¹] bis 11 % [2.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ bei 7.5 km·h⁻¹]) und Herzfrequenz (7 % [5.7 S·min⁻¹ bei 5.4 km·h⁻¹] bis 6 % [7.4 S·min⁻¹ bei 7.5 km·h⁻¹]). Die Ergebnisse dieser Untersuchung liegen damit deutlich unter den in der Literatur beschriebenen Unterschieden zwischen Nordic Walking und Walking. Für den Vergleich von Powerwalking und Walking konnten insgesamt nur marginale Erhöhungen der relativen Sauerstoffaufnahme (0.4 ml·kg⁻¹·min⁻¹ bei 5.4 km·h⁻¹ bis 0.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ bei 7.5 km·h⁻¹) und der Herzfrequenz (1.1 S·min⁻¹ bei 5.4 km·h⁻¹ bis 1.3 S·min⁻¹ bei 7.5 km·h⁻¹) bei Powerwalking gemessen werden. Jogging führt bei 6.8 und 7.5 km·h⁻¹ im Vergleich zu Walking und Powerwalking zu einer höheren kardiopulmonalen und metabolischen Beanspruchung. Lediglich Nordic Walking übersteigt bei 7.5 km·h⁻¹ die Beanspruchung des Joggings.

Schlüsselwörter: Walkingtechniken, Spiroergometrie, Feldtest, Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz

The purpose of the study was to compare oxygen consumption and heart rate of Nordic Walking, Walking, Power Walking and Jogging. The three walking techniques and Jogging were performed and tested under field conditions while using moderate and technique specific velocities. 32 healthy subjects (21 women [46.4 ± 6 years; VO_{2max} : 40.8 ± 6.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹] and 11 men [47.8 ± 6.6 years; VO_{2max} : 48.2 ± 9.8 ml·kg⁻¹·min⁻¹]) with endurance sports experience participated in this study. The

preferred endurance activities were Jogging, Nordic Walking and Walking. Breath analysis was executed with a portable indirect calorimetric device (MetaMax 3B®, Cortex, Germany), heart rate was recorded continuously during main investigation. Preliminary treatment: A submaximal treadmill exercise test (Bruce Protocol) with measuring heart rate and oxygen uptake was performed to determine VO_{2max} . To reach a comparable initial level for testing all participants completed a sport type specifically technique training for all sports (4 weeks, 2 days per week for 90 minutes), but with particularly focus on Nordic Walking. Main investigation: Every subject performed each endurance exercise type on 4 separate days in a randomised order. A testing session contained 4 exercise periods in different velocities (5.4; 6.1; 6.8; 7.5 km·h⁻¹ for Nordic Walking, Walking, Power Walking and 6.8; 7.5 km·h⁻¹ for Jogging). Each exercise period lasted 5 minutes to achieve steady state conditions. For all subjects, Nordic Walking resulted in a significant increase in oxygen consumption and heart rate compared to Walking and Power Walking. The differences between Nordic Walking and Walking showed a range of 8 % (1.0 ml·kg⁻¹·min⁻¹ at 5.4 km·h⁻¹) and 11 % (2.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ at 7.5 km·h⁻¹) higher oxygen consumption and 7 % (5.7 bpm at 5.4 km·h⁻¹) and 6 % (7.4 bpm at 7.5 km·h⁻¹) higher heart rate responses during Nordic Walking. The measured differences between Nordic Walking and Power Walking were less than the comparison of Nordic Walking and Walking showed. Power Walking resulted in marginal increased oxygen consumption (0.4 ml·kg⁻¹·min⁻¹ at 5.4 km·h⁻¹ and 0.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ at 7.5 km·h⁻¹) and heart rate (1.1 bpm at 5.4 km·h⁻¹ and 1.3 bpm at 7.5 km·h⁻¹) compared to Walking. Jogging at 6.8 and 7.5 km·h⁻¹ led to a significant increase in oxygen uptake and heart rate responses compared to Walking and Power Walking. Only Nordic Walking exceeded at 7.5 km·h⁻¹ the values of Jogging.

Keywords: Walking techniques, breath analysis, field testing, oxygen consumption, heart rate

Einleitung

Die gewachsene Popularität des Nordic Walkings zog Aussagen über die gesundheitspräventive Wirkung dieser Walkingvariante auf das Herz-Kreislauf- und Stoffwechselsystem nach sich. In der populärwissenschaftlichen Literatur (Ebmeyer, 2005; Regelin & Mommert-Jauch, 2004; Roschinsky, 2004a, 2004b; Schmidt, Winski, & Helmkamp, 2005) wird dem Nordic Walking ein höherer gesundheitlicher Benefit zugesprochen als z. B. dem für die Gesundheitsprävention anerkannten klassischen Walking. Der wissenschaftliche Vergleich leistungsphysiologischer Parameter von

Korrespondenzadresse:

Peter Preuß (preuss@dshs-koeln.de)
Institut für Bewegungs- und Sportgerontologie,
Nachtigallenweg 86,
53127 Bonn



E-Journal Bewegung und Training

Offizielles Organ der Sektionen Biomechanik,
Sportmotorik und Trainingswissenschaft in
der Deutschen Vereinigung für
Sportwissenschaft
ISSN 1612-5770

Nordic Walking zum normalen Walking oder Jogging zeigt methodisch sowie ergebnisseitig jedoch Diskrepanzen in der gegenwärtigen Literaturlage (Aigner, Ledl-Kurkowski, Hörl, & Salzmann, 2004; Church, Earnest, & Morss, 2002; Grützner, 2003; Harwig, 2004; Höltke, Steuer, Schneider, Krakor, & Jakob, 2003; Jakob, 2001; Jordan, Olson, Earnest, Morss, & Church, 2001; Morss, Church, Earnest, & Jordan, 2001; Porcari, Hendrickson, Walter, Terry, & Walsko, 1997; Rodgers, VanHeest, & Schachter, 1995; Schiebel, Heitkamp, Thoma, Hipp, & Horstmann, 2003; Walter, Porcari, Brice, & Terry, 1996).

Ein Großteil der genannten Untersuchungen zum Vergleich von Walking und Nordic Walking wurden unter Laborbedingungen auf einem Laufband durchgeführt. Die diesen Laboruntersuchungen zu Grunde liegenden Belastungsschemata weichen deutlich voneinander ab. Es wurden (1) Stufentests mit einer Belastungssteigerung über den Steigungswinkel des Laufbandes oder die Laufbandgeschwindigkeit (Höltke et al., 2005; Höltke et al., 2003; Jakob, 2001; Schiebel et al., 2003) sowie (2) Dauertests bei gleicher oder selbstgewählter Geschwindigkeit (Porcari et al., 1997; Rodgers et al., 1995; Walter et al., 1996) durchgeführt.

Beim Nordic Walking zeigten sich gegenüber dem Walking weitgehend einheitliche Ergebnisse der Laboruntersuchungen bezüglich einer signifikant höheren Herzfrequenz (HF) und Sauerstoffaufnahme (VO_2) sowie eines höheren Energieverbrauchs. Jedoch unterscheiden sich hierbei die ermittelten höheren Werte für Nordic Walking bezüglich der VO_2 (+ 2 % bis + 23 %) und des resultierenden Energieverbrauchs sehr stark. In zwei Untersuchungen (Höltke et al., 2005; Höltke et al., 2003) konnte kein signifikanter Anstieg der HF bzw. nur eine marginal höhere HF bei Nordic Walking gemessen werden.

Grundsätzlich ist die Erfassung der unter Laborbedingungen getesteten Wirkungen von Nordic Walking bzw. Walking auf das Herz-Kreislauf- und Stoffwechselsystem kritisch zu betrachten. Unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten sowie Steigungsänderungen des Laufbandes führen zu Technikveränderungen und können die Ergebnisse beeinflussen. Besonders beim Nordic Walking ist ein technikkonformer Einsatz der Stöcke eine wichtige Voraussetzung für objektive Ergebnisse. Eine Übertragung der auf einem Laufband ermittelten Werte auf die resultierenden Effekte der vorwiegend im Feld ausgeführten Sportarten ist aus o. g. Gründen erschwert.

Für eine objektive Betrachtung physiologischer Auswirkungen von Nordic Walking und Walking ist aufgrund der deutlich größeren Affinität zu den Bewegungsformen eine Untersuchung im Feld aussagekräftiger. Nur wenige vergleichende Studien haben die leistungsphysiologischen Parameter bei Walking und Nordic Walking im Feld untersucht. Die Belastungscharakteristik der einzelnen Felduntersuchungen differiert im Hinblick auf die

Geschwindigkeitssteuerung erheblich. Es kamen (1) stufenförmige Belastungsschemata mit definierter Geschwindigkeitssteigerung (Harwig, 2004; Rudack, Ahrens, Thorwesten, & Völker, 2005) sowie (2) Tests ohne definierte Geschwindigkeitsvorgabe bzw. mit selbst gewählten Tempi (Church et al., 2002; Jordan et al., 2001; Morss et al., 2001; Wüpper, Schulte, Geese, & Hillmer-Vogel, 2005) zum Einsatz.

Ergebnisseitig zeigten auch die Felduntersuchungen bei Nordic Walking eine signifikant höhere Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme mit entsprechend höherem Energieverbrauch, wobei der Zuwachs der VO_2 bzw. des Energieverbrauchs mit einer enormen individuellen Spannweite von 5 % bis 63 % bzw. 10 % bis 25 % angegeben wird (Morss et al., 2001; Wüpper et al., 2005). In einigen Studien wird dieses Verhalten von HF, VO_2 und Energieverbrauch mit der ausgeführten Geschwindigkeit in Verbindung gebracht (Rudack et al., 2005; Wüpper et al., 2005). Besonders vor dem Hintergrund von Technikveränderungen speziell bei Nordic Walking in unterschiedlichen Geschwindigkeiten - wie selbst gewählte Tempi (Church, Earnest, & Morss, 2002; Wüpper, Schulte, Geese, & Hillmer-Vogel, 2005) oder höhere Geschwindigkeiten (Harwig, 2004) - und der daraus resultierenden ungleichen Effekte auf das Herz-Kreislauf- und Stoffwechselsystem, sind die Ergebnisse kritisch zu betrachten. Voraussetzung für einen objektiven Vergleich kardiopulmonaler und metabolischer Beanspruchung zwischen verschiedenen Bewegungsformen ist, neben einer größtmöglichen Nähe zu den Sportarten, eine Ausführung in gleichen und technisch gut realisierbaren Geschwindigkeiten.

Von hoher Bedeutung für die Beurteilung der Ergebnisse ist weiterhin eine korrekte Technikausführung in beiden Bewegungsformen. Der Fokus ist auf einen kraftvollen und dynamischen Stockeinsatz beim Nordic Walking zu legen. Zur Sicherstellung einwandfreier Technikausführungen aller Probanden ist vor Untersuchungsbeginn ein mehrwöchiges Techniktraining notwendig. Sowohl bei den Labor- als auch bei den Felduntersuchungen werden lediglich Technikinstruktionen oder Einführungen vor dem jeweiligen Testbeginn als Technikschiulung beschrieben.

Insgesamt werden die Ergebnisse der Labor- und Felduntersuchungen von den Autoren in die gleiche Richtung gehend interpretiert. Die höheren gemessenen Werte der VO_2 und des Energieverbrauchs werden beim Nordic Walking sowohl auf den zusätzlichen Arm- und Muskeleinsatz, bedingt durch die Nordic Walking-Stöcke (Höltke et al., 2005; Höltke et al., 2003; Jordan et al., 2001; Rudack et al., 2005; Schiebel et al., 2003) als auch auf den größeren Armschwung aus der Schulter und die darin involvierten Rückenmuskeln (Porcan et al., 1997; Rodgers et al., 1995) sowie den größeren Bewegungsradius des Armeinsatzes (Walter et al., 1996) zurückgeführt. Auch die gesteigerte HF wird im Vergleich zum Walking mit

dem Einsatz großer Muskelgruppen und durch eine statische Komponente der Oberkörpermuskulatur (Jakob, 2001) erklärt. Morss et al. (2001) erklären die große Spannweite der VO_2 -Erhöhung durch individuelle Differenzen in der Benutzungsintensität der Stöcke. Auch Church et al. (2002) beobachteten individuelle Unterschiede des Stockeinsatzes - intensiv vs. weniger intensiv - und bestätigen höhere VO_2 -Werte bei intensivem Stockeinsatz, worauf die Spannweite der Ergebnisse zurückgeführt wird.

Studien zum Vergleich der kardiopulmonalen und metabolischen Beanspruchung bei Walking und Jogging verdeutlichen den speziellen Aspekt der geschwindigkeitsabhängigen Beeinflussung der Ergebnisse. Greiwe und Kohrt (2000) untersuchten den Energieverbrauch von Walking versus Jogging und ermittelten signifikant höhere Werte beim Jogging bei Belastungen, die sowohl Geh- als auch Laufgeschwindigkeiten aufwiesen. Der Energieverbrauch beim Walking übersteigt den des Joggings bei höheren Geschwindigkeiten aufgrund unökonomischer Technikausführung. Weitere Studien zum Vergleich leistungsphysiologischer Parameter beim Walking und Jogging zeigten generell eine Erhöhung der genannten Parameter beim Laufen in bewegungsspezifischen Geschwindigkeiten (Heyward, 2002; Howley & Glover, 1974; Miller & Stamford, 1987). Eine niedrigere kardiozirkulatorische und metabolische Beanspruchung sowie ein geringeres subjektives Belastungsempfinden beim Walking vs. Jogging konnten Schwarz, Schwarz, Urhausen, Ebersohl und Kindermann (2001) im Feld belegen. Dennoch wurde beim Walking in höheren Geschwindigkeiten (Gesundheitssportler ab $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, Freizeitsportler ab $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) ein trainingswirksamer Bereich oberhalb von 65 % der maximalen Herzfrequenz von allen Versuchspersonen erreicht.

Vor der Entwicklung des Nordic Walkings zu einer Trendsportart wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Walkingvarianten auf das Herzkreislauf- und Stoffwechselsystem untersucht. Bei einer geschwindigkeitsabhängigen Intensitätssteigerung stellt beim Walking die Bewegungstechnik einen limitierenden Faktor dar. Bei Tempi über $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ wird das Gehen gegenüber dem Jogging unökonomischer, so dass eine korrekte Walkingtechnik nicht mehr aufrechterhalten werden kann. Alternativ kann eine geschwindigkeitsunabhängige Intensitätssteigerung beim Walking durch den Einsatz von Zusatzgewichten erreicht werden. Die Steigerung metabolischer und hämodynamischer Prozesse durch die Benutzung von Handgewichten (Auble, Schwartz, & Robertson, 1987; Carroll, Otto, & Wygand, 1991; Graves, Martin, Miltenberger, & Pollock, 1988; Graves, Pollock, Montain, Jackson, & O'Keefe, 1987; Makalous, Araujo, & Thomas, 1988; Thompson, Goodroe, Johnson, & Lamberth, 1991; Zarandona, Nelson, Conlee, & Fisher, 1986) sowie Handgelenkgewichten (Amos, Porcari, Bauer, & Wilson, 1992; Graves et al., 1988; Sagiv et al., 1991) bei Ausdauersportarten

- wie Walking, Aerobic Dance oder Fahrradfahren - ist vielfach nachgewiesen worden.

Die zahlreichen wissenschaftlichen Studien zum Vergleich der kardiopulmonalen und metabolischen Beanspruchung von Walking ohne und mit Hand- bzw. Handgelenkgewichten (Powerwalking) zeigen insgesamt eine einheitliche Erhöhung der untersuchten Parameter. Überwiegend ist eine Steigerung der HF, der VO_2 , des Energieverbrauchs, des Blutdrucks sowie des subjektiven Belastungsempfindens zu verzeichnen. Die Ausprägung dieser Steigerung differiert mit den eingesetzten Gewichten, der Ausführung des Armschwunges sowie des Alters und Trainingszustandes der Versuchspersonen (Evans, Potteiger, Bray, & Tuttle, 1994). Mit Zusatzgewichten von 0.45 kg (Makalous et al., 1988), 1.14 kg (Amos et al., 1992), 1.36 kg (Graves et al., 1987) sowie 2.27 kg (Zarandona et al., 1986) konnte eine erhöhte metabolische Beanspruchung beim Walking sowohl bei älteren untrainierten als auch bei trainierten Männern nachgewiesen werden. Der erhöhte metabolische Bedarf durch den zusätzlichen Einsatz von Gewichten beim Walking wird in der Literatur mit einer gesteigerten Rekrutierung motorischer Einheiten bzw. einer größeren benötigten Muskelmasse zum Halten der Gewichte erklärt (Evans et al., 1994; Thompson et al., 1991). Analog fanden Auble et al. (1987) sowie Zarandona et al. (1986) signifikant höhere Herzfrequenzen beim Walking mit Zusatzgewichten. Insgesamt ist der Grad der Beanspruchungszunahme von der Höhe des eingesetzten Gewichtes abhängig. Lediglich Owens, al-Ahmed und Moffatt (1989) fanden keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen Walking mit und ohne Handgewichten bezüglich der Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz und des respiratorischen Quotienten. Diese Diskrepanz kann auf Unterschiede des Alters und des Ausdauerleistungszustandes der Versuchspersonen sowie auf Variationen des Armschwunges bzw. -einsatzes zurückgeführt werden.

Zusammengefasst zeigt die Literaturlage Defizite hinsichtlich einer Untersuchungsdurchführung mit größtmöglicher Nähe zu den Sportarten, einer Testung in gleichen und technisch gut realisierbaren sportartspezifischen Geschwindigkeiten sowie unter objektiv vergleichbaren Testbedingungen. Darüber hinaus wurden die vier besprochenen Sportarten bisher nicht innerhalb einer Untersuchung miteinander verglichen. Insgesamt ist aufgrund dieser defizitären Literaturlage sowohl eine Überprüfung der vielfach aufgestellten Thesen und Mythen bezüglich des höheren gesundheitspräventiven Benefits von Nordic Walking vs. Walking als auch die Erweiterung dieser vergleichenden Betrachtung um die Sportarten Powerwalking und Jogging von Bedeutung. Ziel dieser Studie war, neben der Herausstellung etwaiger Unterschiede zwischen den Sportarten, durch objektive Ergebnisse zur Aufklärung der aufgezeigten Diskrepanzen beizutragen sowie neue Erkenntnisse zum Vergleich des objektiven Beanspruchungsprofils

von Nordic Walking vs. Powerwalking bzw. Jogging zu liefern.

Methodik

In der vorliegenden Querschnittsuntersuchung wurden die Herzfrequenz (HF) und die relative Sauerstoffaufnahme (rel. VO_2) bei Nordic Walking (NW), Walking (W), Powerwalking (PW, 0.5 kg Handgelenksmanschetten) und Jogging (J) im Feld anhand bewegungsspezifischer Tempi innerhalb einer Stichprobe erhoben.

Probanden

An der Untersuchung nahmen 32 gesunde Personen mit Ausdauersportlerfahrung teil. Das Probandenkollektiv setzte sich aus 21 Frauen und 11 Männern zusammen (vgl. Tab. 1). Alle Versuchspersonen wiesen einen guten Gesundheitszustand auf und waren zum Zeitpunkt der Untersuchung regelmäßig sportlich aktiv (zum Untersuchungszeitpunkt 4 Stunden Ausdauersport pro

Tabelle 1
Stichprobencharakteristik

| | Stichprobencharakteristik ($M \pm SD$) | | |
|---|--|------------------|------------------|
| | gesamt | weiblich | männlich |
| N | 32 | 21 | 11 |
| Alter [Jahre] | 46.8 \pm 6.1 | 46.4 \pm 6.0 | 47.8 \pm 6.6 |
| Größe [cm] | 171 \pm 7 | 168 \pm 6 | 178 \pm 6 |
| Gewicht [kg] | 69.6 \pm 10.7 | 65.0 \pm 8.4 | 78.2 \pm 9.5 |
| BMI [kg/m²] | 23.53 \pm 2.49 | 22.95 \pm 2.44 | 24.64 \pm 2.29 |
| HF_{max} [S·min⁻¹] | 173.1 \pm 6.1 | 173.6 \pm 6.0 | 172.2 \pm 6.6 |
| rel. VO_{2max} [ml·kg⁻¹·min⁻¹] | 43.3 \pm 8.3 | 40.8 \pm 6.1 | 48.2 \pm 9.8 |
| sportliche Aktivität [h/Wo] | 4.2 \pm 1.5 | 4.1 \pm 1.7 | 4.6 \pm 1.0 |

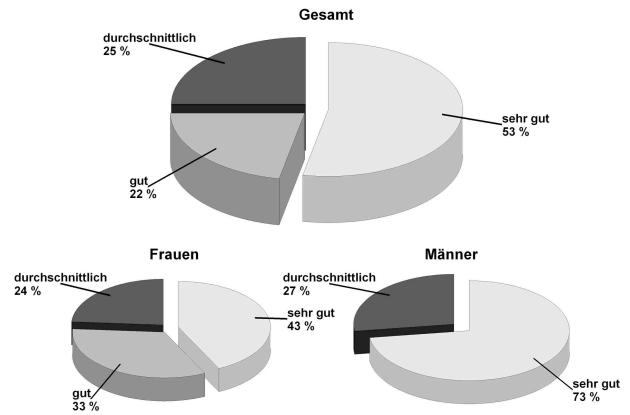


Abbildung 1: Einteilung der Stichprobe anhand der rel. VO_{2max} basierend auf der kardiorespiratorischen Klassifizierung der Fitness nach McArdle et al. (2001).

Woche). Die überwiegend ausgeführten Ausdauersportarten waren Jogging, Walking und Nordic Walking.

Für die kardiorespiratorische Klassifikation der Fitness der vorliegenden Stichprobe wurde eine Einteilung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (rel. VO_{2max}) nach McArdle, Katch und Katch (2001) zu Grunde gelegt (vgl. Abb. 1, Tab. 2).

Insgesamt liegen die Werte der rel. VO_{2max} aller Versuchspersonen in den oberen drei Kategorien des Einteilungsschemas. Über die Hälfte der Gesamtstichprobe weist eine sehr gute und 22 % eine gute rel. VO_{2max} auf. Damit zeigt die Gesamtstichprobe mit 75 % für die rel. VO_{2max} ein überdurchschnittliches Niveau. Die Verteilung der rel. VO_{2max} in der Gruppe der Frauen ist etwas heterogener. Aber auch hier verfügen mehr als $\frac{2}{3}$ der weiblichen Versuchspersonen über eine gute bzw. sehr gute rel. VO_{2max} . In der Gruppe der Männer überwiegt mit 73 % die Einteilungskategorie sehr gut. Diese Gruppe zeigt somit die homogenste Verteilung. Im Mittel kann hier von einer gut trainierten Gesamtstichprobe gesprochen werden. Die nicht vollkommene Homogenität der Ausdauerleistungsfähigkeit der vorliegenden Stichprobe ist für die vergleichende Betrachtung der Sportarten aufgrund des intrasubjektiven Untersuchungsdesigns unproblematisch.

Tabelle 2

Kardiorespiratorische Klassifizierung der Fitness anhand der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme [$\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$]
(nach McArdle et al., 2001, S. 163).

| Kardiorespiratorische Klassifizierung der Fitness | | | | | | |
|---|---------|----------|-------------|------------------|-----------|----------|
| Geschlecht | Alter | schlecht | ausreichend | durchschnittlich | gut | sehr gut |
| Männer | ≤ 29 | ≤ 24.9 | 25 - 33.9 | 34 - 43.9 | 44 - 52.9 | ≥ 53 |
| | 30 - 39 | ≤ 22.9 | 23 - 30.9 | 31 - 41.9 | 42 - 49.9 | ≥ 50 |
| | 40 - 49 | ≤ 19.9 | 20 - 26.9 | 27 - 38.9 | 39 - 44.9 | ≥ 45 |
| | 50 - 59 | ≤ 17.9 | 18 - 24.9 | 25 - 37.9 | 38 - 42.9 | ≥ 43 |
| | 60 - 69 | ≤ 16.9 | 16 - 22.9 | 23 - 35.9 | 36 - 40.9 | ≥ 41 |
| Frauen | ≤ 29 | ≤ 23.9 | 24 - 30.9 | 31 - 38.9 | 39 - 48.9 | ≥ 49 |
| | 30 - 39 | ≤ 19.9 | 20 - 27.9 | 28 - 36.9 | 37 - 44.9 | ≥ 45 |
| | 40 - 49 | ≤ 16.9 | 17 - 24.9 | 25 - 34.9 | 35 - 41.9 | ≥ 42 |
| | 50 - 59 | ≤ 14.9 | 15 - 21.9 | 22 - 33.9 | 34 - 39.9 | ≥ 40 |
| | 60 - 69 | ≤ 12.9 | 13 - 20.9 | 21 - 32.9 | 33 - 36.9 | ≥ 37 |

Voruntersuchung

Vor Beginn der Hauptuntersuchung absolvierten alle Versuchspersonen einen submaximalen Belastungstest mit kontinuierlicher Messung der Atemgase und der Herzfrequenz. Als Belastungsschema diente das für normale bzw. gesunde Personen geeignete Bruce Treadmill Protocol (Bruce, Kusumi, & Hosmer, 1973), das bei submaximaler Anwendung eine Hochrechnung der $\text{VO}_{2\text{max}}$ zulässt. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung des Bruce Treadmill Protocols.

Die stufenförmige Belastungssteigerung wird hier sowohl durch eine Erhöhung der Geschwindigkeit als auch durch eine Veränderung des Steigungswinkels des Laufbandes erreicht. Die Stufendauer beträgt 3 Minuten. Die Belastung beginnt auf der ersten Stufe mit $2.7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ bei einer 10 %igen Steigung. Pro Belastungsstufe wird die Geschwindigkeit alle 3 Minuten um 1.3 bzw. $1.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ und die Steigung jeweils um 2 % erhöht. Als objektives Testabbruchkriterium wurde ein respiratorischer Quotient von 0.95 – 1.0 als Zeichen eines anaeroben Metabolismus festgelegt.

Diese Voruntersuchung diente der Bestimmung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme. Anhand dieser konnte eine individuelle Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit der Probanden zur

Homogenitätsüberprüfung sowie eine kardiorespiratorische Klassifikation der Fitness der Gesamtstichprobe erfolgen.

Alle Teilnehmer absolvierten mindestens sechs bzw. maximal acht Trainingseinheiten eines selbst erarbeiteten Techniktrainings. Dieses zielte besonders auf die vollständige Vermittlung der Nordic Walking-Technik. Als Nordic Walking Zieltechnik wurde das Technikleitbild des Deutschen Nordic Walking Verbandes zu Grunde gelegt (Wilhelm, Neureuther, & Mittermaier, 2006).

1. Einheit: Einführung Nordic Walking I,
2. Einheit: Einführung Nordic Walking II,
3. Einheit: Umsetzung Nordic Walking im Gelände,
4. Einheit: Vertiefung Nordic Walking Technik, Einführung Walking,
5. Einheit: Umsetzung Geschwindigkeiten Hauptuntersuchung Nordic Walking und Jogging,
6. Einheit: Videoanalyse Nordic Walking,
7. Einheit: Vertiefung Walking Technik, Einführung Powerwalking,
8. Einheit: Vertiefung Nordic Walking und Powerwalking Technik.

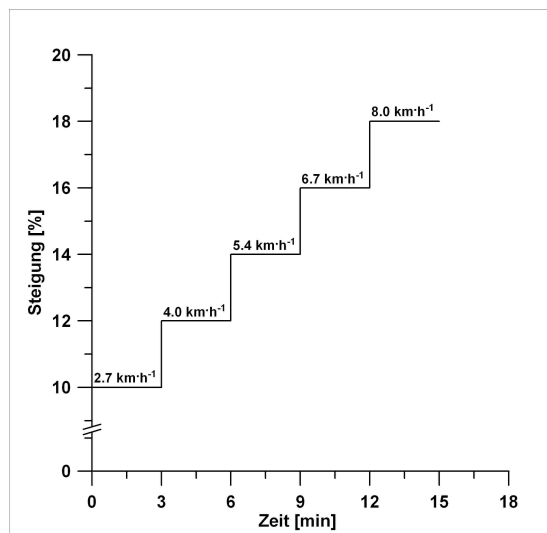


Abbildung 2: Bruce Treadmill Protocol (modifiziert nach Heyward, 2002, S. 59).

Hauptuntersuchung

Die Querschnittsuntersuchung wurde auf einer 400 m Aschbahn in Einzelterminen durchgeführt. Jede Versuchsperson absolvierte zur Erhebung der Untersuchungsparameter jede Sportart an separaten Tagen in randomisierter Reihenfolge. Zur Berücksichtigung biorhythmischer Leistungsschwankungen wurden alle Untersuchungen individuell für jeden Probanden zur gleichen Tageszeit (± 2 Stunden) durchgeführt. Alle Teilnehmer wurden angewiesen, sich am Vortag des Belastungstests kohlenhydratreich zu ernähren, viel zu trinken (vor allem Wasser), keinen Alkohol zu sich zu nehmen sowie 24 Stunden vorher keinen Sport auszuüben. Am Testtag sollte vorher kein Kaffee, grüner bzw. schwarzer Tee oder Alkohol getrunken sowie nicht geraucht werden. Die letzte Mahlzeit sollte bis zu zwei Stunden vor dem Test

eingenommen werden. Um eine zu große, ernährungsbedingte Variabilität des Stoffwechsels weitestgehend auszuschließen, wurden die Versuchspersonen zusätzlich angewiesen, die Ernährung am Vor- und Messtag der insgesamt vier Hauptuntersuchungstermine möglichst ähnlich zu gestalten.

Mittels eines portablen Spirometriesystems (MetaMax 3B[®], Cortex) waren die kontinuierliche Messung der Atemgase und die Aufzeichnung der Herzfrequenz während der gesamten Untersuchungszeit möglich.

Jede Untersuchung beinhaltete ein standardisiertes 10minütiges Aufwärmprogramm in normaler Gehgeschwindigkeit ($5.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) ohne spezielle Technikinstruktion. Die Atemmaske wurde während des Aufwärmens zur Gewöhnung und Normalisierung der Atmung getragen, um eine durch das Anlegen der Maske auf emotionalem Wege ausgelöste Hyperventilation für die folgenden Belastungsphasen auszuschließen (vgl. Marées, 2003, S. 383). Diese wurden anschließend in den ausgewählten bewegungsspezifischen Geschwindigkeiten (5.4 ; 6.1 ; 6.8 ; $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ für Nordic Walking, Walking, Powerwalking und 6.8 und $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ für Jogging) nacheinander absolviert.

Zur Gewährleistung von Steady State Bedingungen wurde die Dauer jeder Belastungsphase auf fünf Minuten festgelegt. Nach jeder Belastungsphase erfolgte in einer 2-3minütigen Pause eine Blutdruckmessung, eine Blutentnahme zur Laktatbestimmung sowie die Erhebung des subjektiven Belastungsempfindens (diese Daten werden in

diesem Beitrag nicht dargestellt). Tabelle 3 zeigt den exemplarischen Ablauf einer Hauptuntersuchung.

Zur externen Geschwindigkeitssteuerung wurde eine am Institut für Sportwissenschaft und Sport der Universität Bonn entwickelte Software eingesetzt. Die Laufbahnlänge (m), die Intervalllänge (m), die Intervallsteigerung ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), die Anzahl der Belastungsstufen, die Anfangsgeschwindigkeit ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) sowie der Abstand der Kontrollpunkte (m) können individuell verändert werden. Mittels dieser speziellen Software wird rechnergesteuert ein Tonsignal auf mehrere Lautsprecher übertragen. Die Einstellung der Laufbahnlänge (400 m), der Intervallsteigerung ($0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), der Anzahl der Belastungsstufen (1) sowie der Abstand der Kontrollpunkte (10 m) blieben für alle durchgeführten Tests unverändert. In jedem Treatment wurde alle 10 m ein akustisches Signal auf den Lautsprecher übertragen. Aufgrund der festgelegten Zeit von 5 Minuten für jede Belastungsstufe ergaben sich durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten verschiedene zu absolvierende Streckenlängen (Intervalllänge) (vgl. Abb. 3). Das Einhalten der Geschwindigkeit konnte somit von den Untersuchsleitern kontrolliert werden.

Weiterhin wurde die Bewegungstechnik aller Sportarten in allen Geschwindigkeiten mittels Technikanalysebögen erfasst. Die hier nicht dargestellten Ergebnisse zeigen eine gute bis sehr gute Technik in allen Geschwindigkeiten und Sportarten.

Tabelle 3

Exemplarischer Ablauf einer Hauptuntersuchung mit kontinuierlicher Messung der Atemgase und der HF.

| Ablauf einer Hauptuntersuchung | | | |
|--|----------------------|------------------------------|--------------|
| Aufwärmen | | | 10 Min. |
| 4 Belastungsphasen à 5 Minuten | Streckenlänge | Messungen | Pause |
| $5.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (NW, W oder PW) oder $6.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (J) | 450 m bzw. 567 m | Blutdruck/ Laktat/ RPE-Skala | 2-3 Min. |
| $6.1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (NW, W oder PW) oder $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (J) | 508 m bzw. 625 m | Blutdruck/ Laktat/ RPE-Skala | 2-3 Min. |
| $6.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (NW, W, PW o. J) oder $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (NW, W, PW o. J) | 567 m bzw. 750 m | Blutdruck/ Laktat/ RPE-Skala | 2-3 Min. |
| | 625 m bzw. 875 m | Blutdruck/ Laktat/ RPE-Skala | 2-3 Min. |
| Gesamtzeit | | | 40-45 Min. |
| Nordic Walking [NW], Walking [W], Powerwalking [PW], Nordic Walking [NW], Jogging [J], Minute [Min.]. | | | |

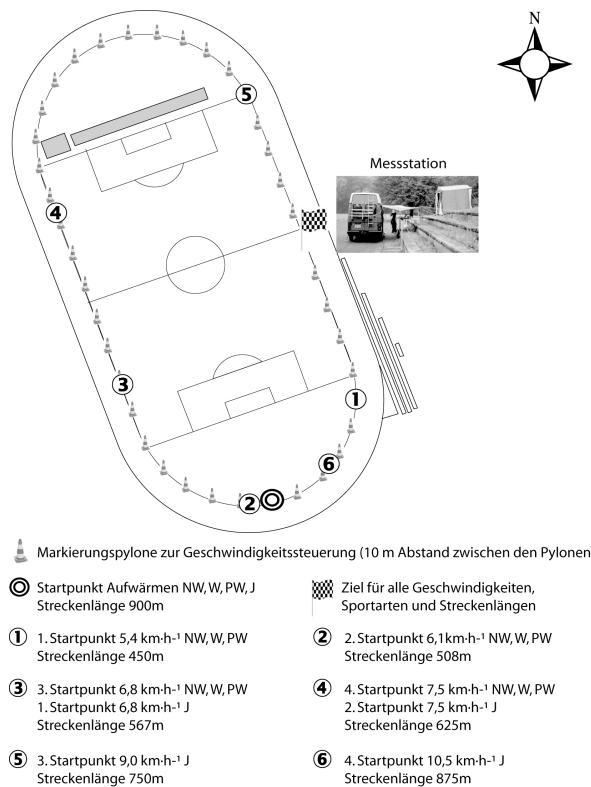


Abbildung 3: Versuchsaufbau der Hauptuntersuchung.

höhere Ausgangsgeschwindigkeit beim Jogging ergab sich ein unvollständiger Versuchsplan, der sowohl den Vergleich von drei Sportarten (NW vs. W, NW vs. PW, PW vs. W) in vier Geschwindigkeiten (Versuchsplan 1) als auch von vier Sportarten (J vs. NW, W bzw. PW) in zwei Geschwindigkeiten (Versuchsplan 2) beinhaltet. Aus diesem Grund erfolgte für beide Vergleichssituationen eine getrennte Durchführung der interferenzstatistischen Berechnung. Die statistische Datenanalyse (SPSS 12.0[®]) erfolgte mittels des Allgemeinen Linearen Modells mit kompletter Messwiederholung separat für die Innersubjektvariable HF bzw. VO₂ mit den Innersubjektfaktoren Sportart (3 [Versuchsplan 1] bzw. 4 Stufen [Versuchsplan 2]) sowie Geschwindigkeit (4 [Versuchsplan 1] bzw. 2 Stufen [Versuchsplan 2]) und dem Zwischensubjektfaktor Geschlecht. Die Unterschiedsprüfung zwischen den einzelnen Sportarten erfolgte mittels geschätzter Randmittel des varianzanalytischen Verfahrens (kritische Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = .05$, Konfidenzintervall 95 %). Die Aufklärung der Bedeutung eines Faktors für die Gesamtvariabilität wird mittels Eta-Quadrat-Statistik (η^2_p) beschrieben. Bei Verletzung der Sphärizitätsannahme werden die Freiheitsgrade mit dem Huynh-Feldt-Epsilon korrigiert.

Datenanalyse

Um für die Auswertung der Hauptuntersuchung Steady State Bedingungen sicherzustellen, dienten für die Parameter- und Mittelwertberechnung jeweils die Daten der letzten Minute jeder Belastungsphase. Die Datenauswertung erfolgte sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für Frauen und Männer getrennt. Durch eine physiologisch

Ergebnisse

In allen Geschwindigkeiten und Gruppen zeigt NW eine höhere rel. VO₂ als W und PW. PW wiederum lässt höhere Werte im Vergleich zu W erkennen. Diese Beobachtung ist bei den Männern geringer bzw. z. T. gegenläufig ausgeprägt (vgl. Tab. 4). Jogging zeigt bei 6.8 km·h⁻¹ in allen Gruppen eine höhere rel. VO₂ als die verschiedenen Walkingtechniken.

Tabelle 4

Statistische Kennwerte der rel. VO₂ [ml·kg⁻¹·min⁻¹] bei NW, W, PW und J bei 5.4; 6.1; 6.8 und 7.5 km·h⁻¹.

| | | rel. VO ₂ [ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹] | | | | | | | |
|------------|----|--|------|------|------|------------------------|------|------|------|
| Maß | | 5.4 km·h ⁻¹ | | | | 6.1 km·h ⁻¹ | | | |
| | | NW | W | PW | J | NW | W | PW | J |
| w (n = 20) | M | 15.0 | 13.5 | 14.2 | - | 17.9 | 16.0 | 16.8 | - |
| | SD | 2.3 | 1.6 | 1.9 | - | 2.7 | 1.7 | 2.0 | - |
| m (n = 11) | M | 15.3 | 14.7 | 14.8 | - | 18.2 | 17.5 | 16.9 | - |
| | SD | 1.3 | 1.5 | 1.2 | - | 1.3 | 1.9 | 1.9 | - |
| g (n = 31) | M | 15.1 | 13.9 | 14.4 | - | 18.0 | 16.5 | 16.8 | - |
| | SD | 2.0 | 1.6 | 1.7 | - | 2.3 | 1.9 | 1.9 | - |
| Maß | | 6.8 km·h ⁻¹ | | | | 7.5 km·h ⁻¹ | | | |
| | | NW | W | PW | J | NW | W | PW | J |
| w (n = 20) | M | 21.8 | 19.8 | 20.5 | 23.2 | 27.3 | 24.3 | 25.4 | 25.9 |
| | SD | 2.8 | 2.0 | 2.9 | 2.7 | 3.3 | 2.9 | 2.9 | 3.0 |
| m (n = 11) | M | 21.9 | 20.7 | 20.9 | 23.8 | 27.7 | 25.5 | 25.5 | 26.4 |
| | SD | 1.1 | 1.7 | 1.6 | 3.0 | 2.3 | 2.1 | 2.1 | 3.6 |
| g (n = 31) | M | 21.9 | 20.1 | 20.6 | 23.4 | 27.4 | 24.7 | 25.4 | 26.0 |
| | SD | 2.3 | 1.9 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 2.6 | 2.6 | 3.2 |

w = weiblich; m = männlich; g = gesamt.

In der Geschwindigkeit $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ weist J höhere Werte als W und PW auf, die höchsten rel. VO_2 zeigen sich beim NW (Tab. 4).

Die Herzfrequenz zeigt fast durchgehend das gleiche Verhalten wie die rel. VO_2 auf. In allen Geschwindigkeiten und Gruppen zeigen sich bei NW höhere Werte als bei W und PW. In der Gruppe der Männer sind höhere Herzfrequenzwerte in der Walkingtechnik zu beobachten (Tab. 5). Jogging führt bei $6.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ in allen Gruppen, analog zur rel. VO_2 , zu den höchsten Herzfrequenzwerten. Bei $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ übersteigt die HF beim NW die beim J gemessenen Werte (Tab. 5).

Versuchsplan 1

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung lässt für die rel. VO_2 signifikante Haupteffekte der Sportart ($F[2, 58] = 13.86, p < .001, \eta^2_p = .32$) und Geschwindigkeit ($F[1.56, 45] = 903.89, p < .001, \eta^2_p = .97$, Anpassung nach Huynh-Feldt) erkennen. Der statistisch bedeutsame Interaktionseffekt von Sportart*Geschwindigkeit ($F[6, 174] = 4.36, p < .001, \eta^2_p = .13$) ist dahingehend zu interpretieren, dass sich die rel. VO_2 nicht für alle Sportarten und Geschwindigkeiten in gleicher Weise ändert.

Für die HF zeigt die Messwiederholungsprüfung mit Anpassung nach Huynh-Feldt signifikante Haupteffekte (Sportart: $F[2, 60] = 16.28, p < .001, \eta^2_p = .35$; Geschwindigkeit: $F[3, 90] = 352.58, p < .001, \eta^2_p = .92$). Ein Interaktionseffekt von Sportart*Geschwindigkeit ist nicht zu erkennen ($F[6, 180] = 0.91, p = .445, \eta^2_p = .03$), d. h. die HF ändert sich mit der Sportart und der

Geschwindigkeit immer in gleichem Maß

Die Ergebnisse der Einzelvergleiche der rel. VO_2 und HF bei NW vs. W, NW vs. PW sowie PW vs. W in den Geschwindigkeiten $5.4, 6.1, 6.8$ und $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sind in Abbildung 4 dargestellt. Für die Gesamtstichprobe und die Gruppe der Frauen zeigen sich in allen Geschwindigkeiten fast ausnahmslos signifikante Unterschiede für die vergleichende Betrachtung von NW und W sowie NW und PW. In der Gruppe der Männer sind statistisch bedeutsame Unterschiede nur in den beiden höheren Geschwindigkeiten zu verzeichnen.

Die zunehmende Differenz mit ansteigender Geschwindigkeit ist in beiden Vergleichssituationen über alle Gruppen hinweg für den Parameter der rel. VO_2 deutlicher ausgeprägt als für die HF. Die Betrachtung von PW und W weist sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die Männer nur marginale Unterschiede auf. Nur in der Gruppe der Frauen zeigen sich in dieser Vergleichsgruppe signifikante Unterschiede.

Versuchsplan 2

Für Versuchsplan 2 lässt die Varianzanalyse mit Messwiederholung für die rel. VO_2 analog zum ersten Versuchsplan signifikante Haupteffekte (Sportart: $F[3, 87] = 11.37, p < .001, \eta^2_p = .28$; Geschwindigkeit: $F[1, 29] = 839.93, p < .001, \eta^2_p = .97$, Anpassung nach Huynh-Feldt) sowie einen statistisch bedeutsamen Interaktionseffekt von Sportart*Geschwindigkeit ($F[3, 87] = 22.63, p < .001, \eta^2_p = .44$) erkennen.

Tabelle 5

Statistische Kennwerte der HF [$\text{S}\cdot\text{min}^{-1}$] bei NW, W, PW und J bei $5.4; 6.1; 6.8$ und $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

| Maß | | HF [$\text{S}\cdot\text{min}^{-1}$] | | | | | | | |
|----------------|----|---------------------------------------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | $5,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ | | | | $6,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ | | | |
| | | NW | W | PW | J | NW | W | PW | J |
| w ($n = 21$) | M | 105.6 | 97.2 | 100.5 | - | 113.0 | 104.4 | 109.1 | - |
| | SD | 11.9 | 8.4 | 11.6 | - | 12.6 | 9.4 | 11.9 | - |
| m ($n = 11$) | M | 96.1 | 93.0 | 91.9 | - | 102.1 | 99.6 | 97.9 | - |
| | SD | 16.8 | 11.9 | 14.1 | - | 16.7 | 13.1 | 15.1 | - |
| g ($n = 32$) | M | 102.3 | 95.8 | 97.5 | - | 109.2 | 102.7 | 105.2 | - |
| | SD | 14.3 | 9.7 | 12.9 | - | 14.9 | 10.8 | 13.9 | - |
| Maß | | $6,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ | | | | $7,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ | | | |
| | | NW | W | PW | J | NW | W | PW | J |
| w ($n = 21$) | M | 127.3 | 117.3 | 120.9 | 129.2 | 145.6 | 136.0 | 139.5 | 138.0 |
| | SD | 16.3 | 12.3 | 13.4 | 13.9 | 16.8 | 14.9 | 15.7 | 15.6 |
| m ($n = 11$) | M | 110.6 | 108.4 | 107.9 | 116.4 | 126.1 | 120.9 | 119.9 | 123.1 |
| | SD | 17.2 | 14.4 | 17.2 | 14.6 | 20.9 | 17.9 | 19.7 | 14.8 |
| g ($n = 32$) | M | 121.6 | 114.3 | 116.4 | 124.8 | 138.9 | 130.8 | 132.8 | 132.9 |
| | SD | 18.2 | 13.5 | 15.9 | 15.2 | 20.3 | 17.3 | 19.3 | 16.7 |

w = weiblich; m = männlich; g = gesamt.

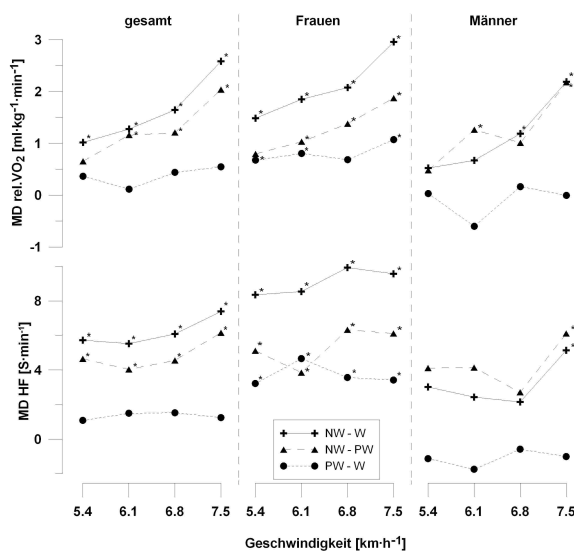


Abbildung 4: Mittelwertdifferenzen (MD) der rel.VO₂ und HF im Versuchsplan 1 basierend auf den geschätzten Randmitteln der Varianzanalyse (* = $p < .05$).

Für die HF zeigt die Messwiederholungsprüfung mit Anpassung nach Huynh-Feldt signifikante Haupteffekte (Sportart: $F[3, 90] = 8.79$, $p < .001$, $\eta^2_p = .23$; Geschwindigkeit: $F[1, 30] = 426.86$, $p < .001$, $\eta^2_p = .93$). Es ist ein signifikanter Interaktionseffekt von Sportart*Geschwindigkeit zu erkennen ($F[3, 90] = 37.15$, $p < .001$, $\eta^2_p = .55$), d. h. die Veränderung der HF ist nicht für alle Sportarten und Geschwindigkeiten identisch.

Einen Überblick der vergleichenden Betrachtung der rel. VO₂ und HF bei J vs. NW, J vs. W sowie J vs. PW bei 6.8 und 7.5 km·h⁻¹ liefert die Abbildung 5.

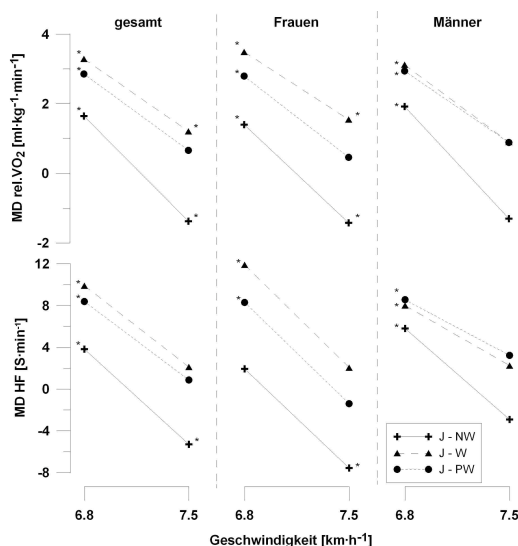


Abbildung 5: Mittelwertdifferenzen (MD) der rel.VO₂ und HF im Versuchsplan 2 basierend auf den geschätzten Randmitteln der Varianzanalyse (* = $p < .05$).

Bei 6.8 km·h⁻¹ sind in allen Gruppen für beide Parameter signifikante Unterschiede zwischen J und den verschiedenen Walkingtechniken zu beobachten. Nur die Gruppe der Frauen zeigt für die Herzfrequenzwerte bei J vs. NW keine Unterschiede. Über alle Gruppen hinweg ist die höchste Mittelwertdifferenz zwischen J und W, die geringste zwischen J und NW zu verzeichnen. Eine Ausnahme bildet hier die Gruppe der Männer mit der Mittelwertdifferenz für die Herzfrequenz zwischen J und PW. In der Geschwindigkeit 7.5 km·h⁻¹ findet sich eine Verringerung der Differenzen sowohl zwischen J und W als auch zwischen J und PW. Statistisch bedeutsame Mittelwertdifferenzen sind jedoch nur für die Gesamtstichprobe und die Frauen in der rel. VO₂ zwischen J und W zu beobachten. Der Vergleich zwischen J und NW weist eine Umkehrung der Mittelwertdifferenz für beide Parameter als negative Werte auf. Hier zeigen sich signifikante Unterschiede nur für die Gesamtstichprobe und die Gruppe der Frauen.

Diskussion

Versuchsplan 1

Nordic Walking versus Walking

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen für die Gesamtstichprobe bei NW eine signifikante Erhöhung der rel. VO₂ (+ 8 % bei 5.4 km·h⁻¹ bis + 11% bei 7.5 km·h⁻¹), die HF liegt bei NW ebenfalls signifikant über den Werten bei W (+ 7 % bei 5.4 km·h⁻¹ und + 6 % bei 7.5 km·h⁻¹). Diese Ergebnisse zeigen insgesamt einen geringeren Unterschied zwischen den beiden Sportarten als vielfach in der Literatur beschrieben wurde (Church et al., 2002; Morss et al., 2001; Porcari et al., 1997; Schiebel et al., 2003; Walter et al., 1996; Wüpper et al., 2005). Die Erhöhung dieser zwei Parameter bei NW ist mit einer vermehrt aktivierten Muskelmasse durch den aktiven Stockeinsatz zu erklären, was bereits von einer Reihe anderer Autoren (Höltke et al., 2005; Jordan et al., 2001; Porcari et al., 1997; Schiebel et al., 2003; Walter et al., 1996) konstatiert wurde. Eine aktive und kraftvolle Stockarbeit erfordert im Vergleich zum aktiven Armschwung beim W einen größeren Kraftaufwand der Schulter-Arm-muskulatur.

Darüber hinaus ist für den Vergleich von NW und W die beobachtete Differenz der Parameter von großer Bedeutung (vgl. Tab. 6). Hier fällt auf, dass diese für die rel. VO₂ mit zunehmender Geschwindigkeit für alle Gruppen größer wird, d. h. der O₂-Bedarf steigt bei NW stärker an als bei W. Es zeigt sich der erhebliche Einfluss der Geschwindigkeit auf die Ergebnisse sowie die Notwendigkeit der Durchführung derartiger Vergleiche bei identischen Geschwindigkeiten.

Tabelle 6

Statistische Kennwerte für den Vergleich Nordic Walking und Walking 5.4; 6.1; 6.8 und 7.5 km·h⁻¹.

| Vergleich Nordic Walking vs. Walking | | | | | |
|---|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| rel.VO ₂ [ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹] | | | | | |
| Maß | | 5.4 km·h ⁻¹ | 6.1 km·h ⁻¹ | 6.8 km·h ⁻¹ | 7.5 km·h ⁻¹ |
| w (n = 20) | MD | 1.5 | 1.9 | 2.1 | 3.0 |
| | p | .000 | .000 | .000 | .000 |
| | KI | 0.7 - 2.3 | 1.0 - 2.7 | 1.1 - 3.1 | 1.8 - 4.2 |
| m (n = 11) | MD | 0.5 | 0.7 | 1.2 | 2.2 |
| | p | .300 | .241 | .078 | .010 |
| | KI | -0.5 - 1.6 | -0.5 - 1.9 | -0.1 - 2.5 | 0.6 - 3.8 |
| g (n = 31) | MD | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 2.6 |
| | p | .003 | .001 | .000 | .000 |
| | KI | 0.4 - 1.7 | 0.5 - 2.0 | 0.8 - 2.5 | 1.6 - 3.6 |
| HF [S·min ⁻¹] | | | | | |
| Maß | | 5.4 km·h ⁻¹ | 6.1 km·h ⁻¹ | 6.8 km·h ⁻¹ | 7.5 km·h ⁻¹ |
| w (n = 21) | MD | 8.4 | 8.6 | 10.0 | 9.6 |
| | p | .000 | .000 | .000 | .000 |
| | KI | 5.0 - 11.8 | 5.3 - 11.9 | 6.6 - 13.3 | 6.4 - 12.8 |
| m (n = 11) | MD | 3.1 | 2.5 | 2.2 | 5.2 |
| | p | .199 | .276 | .340 | .024 |
| | KI | -1.7 - 7.8 | -2.1 - 7.0 | -2.4 - 6.8 | 0.7 - 9.6 |
| g (n = 32) | MD | 5.7 | 5.5 | 6.1 | 7.4 |
| | p | .000 | .000 | .000 | .000 |
| | KI | 2.8 - 8.7 | 2.7 - 8.3 | 3.2 - 8.9 | 4.7 - 10.1 |

w = weiblich; m = männlich; g = gesamt; MD = mittlere Differenz; KI = Konfidenzintervall.

Die VO₂ ist neben einer Reihe anderer Faktoren u. a. auch von der Bewegungskoordination abhängig. NW könnte hier die koordinativ anspruchsvollere Bewegungsform darstellen. Mit steigender Geschwindigkeit könnte ein Aufrechterhalten der Arm-Beinkoordination bzw. eine korrekte Technikausführung bei NW schwieriger und damit beanspruchender sein als bei W. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu Porcari et al. (1997) und Walter et al. (1996). In diesen Studien wurden höhere Geschwindigkeiten mit einer Verringerung der Differenz zwischen den beiden Sportarten in Zusammenhang gebracht. An dieser Stelle sei angemerkt, dass hinsichtlich der Ökonomie des NW neben der optimalen Bewegungstechnik zwei weitere Szenarien denkbar sind: (1) eine ökonomische Technik mit verringertem Stockeinsatz, (2) eine unökonomische Technik mit langen Schritten (tiefer Körperschwerpunkt) (Burger, 2007).

Eine konsistente Erhöhung des mittleren Unterschiedes der HF mit ansteigender Geschwindigkeit ist in dieser Studie nicht für alle Gruppen zu verzeichnen (vgl. Tab. 6). Der aktive und kraftvolle Stockeinsatz scheint für Frauen - aufgrund ihrer geringeren absoluten und relativen Oberkörperkraft (Fleck & Kraemer, 2004, S. 264-268) - in Relation zu Männern einen höheren Kraftaufwand und somit einen höheren O₂-Bedarf zu erfordern (Porcari et al., 1997, S. 164). Entsprechend zeigt die höhere mittlere Differenz der HF bei Frauen eine durch NW bedingte stärkere Herz-Kreislaufbeanspruchung als bei Männern. Diese Beobachtung steht allerdings nicht im Einklang mit der Studie von Höltke et al. (2003), in der Männer eine

geringfügig höhere Differenz zwischen NW und W aufwiesen.

Nordic Walking versus Powerwalking

Bisher wurde der Vergleich von NW und PW in der Literatur nicht betrachtet. In der vorliegenden Studie ist größtenteils eine statistisch bedeutsame Erhöhung der rel. VO₂ und der HF bei NW im Vergleich zu PW zu beobachten. Insgesamt zeigt sich eine mittlere Differenz dieser beiden Sportarten der rel. VO₂ von nicht signifikanten 0.7 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (+ 5 %) bei 5.4 km·h⁻¹ bis zu signifikanten 2.0 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (+ 8 %) bei 7.5 km·h⁻¹. Statistisch bedeutsame Unterschiede sind erst ab 6.1 km·h⁻¹ zu beobachten (vgl. Abb. 4, Tab. 7).

Bei 5.4 km·h⁻¹ scheinen sich die ausgelösten Mehrbeanspruchungen durch den aktiven sowie kraftvollen Stockeinsatz bzw. das Zusatzgewicht annähernd zu entsprechen. Bei höheren Geschwindigkeiten scheint ein kraftvoller Stockabdruck bei NW einen höheren O₂-Bedarf zu erfordern als das in dieser Studie gewählte Zusatzgewicht von 0.5 kg je Handgelenk. Die gemessenen HF-Werte zeigen für die Gesamtstichprobe und die Frauen in allen Geschwindigkeiten eine signifikant höhere Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems bei NW (vgl. Abb. 4). Die HF reagiert schneller auf die durch die NW-Stöcke ausgelöste Belastung als die metabolischen Parameter. In der Gruppe der Männer wird ein signifikanter Anstieg der HF bei NW vs. PW erst bei 7.5 km·h⁻¹ ersichtlich. Dieses Verhalten steht im Einklang mit dem Ergebnis, dass NW, bezogen auf die hier gemessenen rel. VO₂, für Männer weniger beanspruchend ist als für Frauen.

Tabelle 7

Statistische Kennwerte für den Vergleich Nordic Walking und Powerwalking 5.4; 6.1; 6.8 und 7.5 km·h⁻¹.

| Vergleich Nordic Walking vs. Powerwalking | | | | | |
|---|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| rel.VO ₂ [ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹] | | | | | |
| Maß | | 5.4 km·h ⁻¹ | 6.1 km·h ⁻¹ | 6.8 km·h ⁻¹ | 7.5 km·h ⁻¹ |
| w (n = 20) | MD | 0.8 | 1.0 | 1.4 | 1.9 |
| | p | .065 | .024 | .007 | .005 |
| | KI | -0.1 - 1.7 | 0.2 - 1.9 | 0.4 - 2.4 | 0.6 - 3.3 |
| m (n = 11) | MD | 0.5 | 1.3 | 1.0 | 2.3 |
| | p | .394 | .039 | .124 | .014 |
| | KI | -0.7 - 1.7 | 0.1 - 2.5 | -0.3 - 2.3 | 0.5 - 3.9 |
| g (n = 31) | MD | 0.7 | 1.2 | 1.2 | 2.0 |
| | p | .077 | .004 | .005 | .000 |
| | KI | -0.1 - 1.4 | 0.4 - 1.9 | 0.4 - 2.0 | 1.0 - 3.1 |
| HF [S·min ⁻¹] | | | | | |
| Maß | | 5.4 km·h ⁻¹ | 6.1 km·h ⁻¹ | 6.8 km·h ⁻¹ | 7.5 km·h ⁻¹ |
| w (n = 21) | MD | 5.2 | 3.9 | 6.4 | 6.2 |
| | p | .004 | .024 | .001 | .005 |
| | KI | 1.8 - 8.5 | 0.6 - 7.2 | 2.7 - 10.1 | 2.1 - 10.2 |
| m (n = 11) | MD | 4.2 | 4.2 | 2.8 | 6.2 |
| | p | .076 | .073 | .281 | .034 |
| | KI | -0.5 - 8.8 | -0.4 - 8.8 | -2.4 - 7.9 | 0.5 - 11.8 |
| g (n = 32) | MD | 4.7 | 4.0 | 4.6 | 6.2 |
| | p | .002 | .007 | .006 | .001 |
| | KI | 1.8 - 7.5 | 1.2 - 6.9 | 1.4 - 7.7 | 2.7 - 9.6 |

w = weiblich; m = männlich; g = gesamt; MD = mittlere Differenz; KI = Konfidenzintervall.

Die Zunahme der Mittelwertdifferenzen von NW vs. PW mit steigender Geschwindigkeit kann wie beim Vergleich von NW vs. W mit der unterschiedlich anspruchsvollen Bewegungskoordination zusammenhängen. Die zusätzliche Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems im Vergleich von NW und PW ist als gering einzustufen (vgl. Tab. 7).

Powerwalking versus Walking

Die in mehreren Studien beschriebene höhere kardiopulmonale und metabolische Beanspruchung bei PW vs. W (z. B. Amos et al., 1992; Graves et al., 1988; Makalous et al., 1988; Zarandona et al., 1986) zeigen auch die Ergebnisse dieser Untersuchung. Mit einem insgesamt geringen Unterschied der rel. VO₂ von 0.4 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (+ 3 % bei 5.4 km·h⁻¹) bis 0.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (+ 3 % bei 7.5 km·h⁻¹) bzw. der Herzfrequenz von 1.1 S·min⁻¹ (+ 2 % bei 5.4 km·h⁻¹) bis 1.3 S·min⁻¹ (+ 2 % bei 7.5 km·h⁻¹) unterscheiden sich die beiden Sportarten statistisch nicht bedeutsam (vgl. Tab. 8).

Die kardiopulmonale und metabolische Beanspruchung wird in der Literatur sehr unterschiedlich beschrieben und u. a. auf die unterschiedliche Höhe der Zusatzgewichte zurückgeführt (Evans et al., 1994). In dieser Untersuchung wurde mit Gewichtsmanschetten von 0.5 kg je Arm ein geringes Gewicht gewählt um u. a. die Ausdauerkomponente im Fokus der walkingspezifischen Sportart zu behalten. Aufgrund der Literaturlage kann eine höhere Differenz zwischen PW und W erwartet werden, da beim Einsatz geringer Gewichte in einer Studie von Makalous et al. (1988) signifikante

Unterschiede nachgewiesen wurden. Die nicht signifikanten Unterschiede der vorliegenden Studie könnten auf das gering gewählte Zusatzgewicht zurückzuführen sein.

Die Erhöhung der rel. VO₂ bei PW ist mit einer stärkeren muskulären Beanspruchung durch die Handgelenksgewichte zu erklären. Auch in der Literatur wird die Steigerung des metabolischen Bedarfs mit einer vermehrten Rekrutierung motorischer Einheiten bzw. einer größeren benötigten Muskelmasse erklärt (Evans et al., 1994; Thompson et al., 1991). Bei Frauen bewirkt schon ein geringes Gewicht eine statistisch bedeutsame Erhöhung der rel. VO₂ sowie der HF (vgl. Abb. 4, Tab. 8). In der Gruppe der Männer zeigt sich nur eine minimale Erhöhung der rel. VO₂, während die HF bei PW sogar niedrigere Werte aufweist als bei W. Erst bei Nutzung höherer Gewichte von 1.14 kg (Amos, Porcari, Bauer, & Wilson, 1992), 1.36 kg (Graves, Pollock, Montain, Jackson, & O'Keefe, 1987) sowie 2.27 kg (Zarandona, Nelson, Conlee, & Fisher, 1986) konnte eine erhöhte metabolische Beanspruchung beim Walking sowohl bei älteren untrainierten als auch trainierten Männern nachgewiesen werden.

Mit der Geschwindigkeitserhöhung ist für diese Vergleichssituation nur eine geringe Zunahme des mittleren Unterschiedes zu beobachten. Dieses Verhalten könnte darauf zurückgeführt werden, dass sich die koordinative Beanspruchung zwischen PW und W in höheren Geschwindigkeiten nicht unterscheidet.

Tabelle 8

Statistische Kennwerte für den Vergleich Powerwalking und Walking 5.4; 6.1; 6.8 und 7.5 km·h⁻¹.

| Vergleich Powerwalking vs. Walking | | | | | |
|---|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| rel.VO ₂ [ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹] | | | | | |
| Maß | | 5.4 km·h ⁻¹ | 6.1 km·h ⁻¹ | 6.8 km·h ⁻¹ | 7.5 km·h ⁻¹ |
| w (n = 20) | MD | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 1.1 |
| | p | .057 | .027 | .148 | .039 |
| | KI | 0.0 - 1.4 | 0.1 - 1.5 | -0.3 - 1.7 | 0.1 - 2.1 |
| m (n = 11) | MD | 0.0 | -0.6 | 0.2 | 0.0 |
| | p | .928 | .224 | .780 | .990 |
| | KI | -0.9 - 1.0 | -1.6 - 0.4 | -1.1 - 1.5 | -1.4 - 1.4 |
| g (n = 32) | MD | 0.4 | 0.1 | 0.4 | 0.6 |
| | p | .220 | .701 | .276 | .205 |
| | KI | -0.2 - 1.0 | -0.5 - 0.7 | -0.4 - 1.2 | -0.3 - 1.4 |
| HF [S·min ⁻¹] | | | | | |
| Maß | | 5.4 km·h ⁻¹ | 6.1 km·h ⁻¹ | 6.8 km·h ⁻¹ | 7.5 km·h ⁻¹ |
| w (n = 21) | MD | 3.3 | 4.7 | 3.6 | 3.5 |
| | p | .005 | .000 | .005 | .010 |
| | KI | 1.1 - 5.4 | 2.5 - 7.0 | 1.2 - 6.1 | 0.9 - 6.1 |
| m (n = 11) | MD | -1.1 | -1.7 | -0.6 | -1.0 |
| | p | .467 | .269 | .744 | .584 |
| | KI | -4.1 - 1.9 | -4.8 - 1.4 | -3.9 - 2.8 | -4.5 - 2.6 |
| g (n = 32) | MD | 1.1 | 1.5 | 1.5 | 1.3 |
| | p | .247 | .123 | .146 | .257 |
| | KI | -0.8 - 3.0 | -0.4 - 3.4 | -0.6 - 3.6 | -1.0 - 3.5 |

w = weiblich; m = männlich; g = gesamt; MD = mittlere Differenz; KI = Konfidenzintervall.

Versuchsplan 2

Jogging versus Walkingtechniken

Die beobachteten statistisch bedeutsamen höheren Werte der rel. VO₂ und der HF des J gegenüber den drei walking-spezifischen Bewegungsformen bei 6.8 km·h⁻¹ (vgl. Tab. 9) stimmen mit den Ergebnissen vergleichender wissenschaftlicher Feld- und Laboruntersuchungen von Gehen/Walking vs. Jogging überein (Schwarz et al., 2001). Es wurde generell eine höhere kardiopulmonale und metabolische Beanspruchung bei J vs. W bei Belastungen, die sowohl Geh- als auch Laufgeschwindigkeiten repräsentieren (zwischen 6 und 8 km·h⁻¹), beschrieben (Greiwe & Kohrt, 2000; Heyward, 2002; Hollmann & Hettinger, 2000).

Während bei 6.8 km·h⁻¹ der signifikante Unterschied der rel. VO₂ zwischen J vs. NW für die Gesamtstichprobe mit einer mittleren Differenz von 1.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (+ 7 % bei 6.8 km·h⁻¹) am geringsten ist, weist J vs. W mit einer signifikanten mittleren Differenz von 3.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (+ 17 % bei 6.8 km·h⁻¹) den größten Unterschied auf. Auch für die Herzfrequenz wird bei J vs. NW der geringste Unterschied (3.8 S·min⁻¹ bei 6.8 km·h⁻¹) und bei J vs. W der höchste Unterschied (9.9 S·min⁻¹ bei 6.8 km·h⁻¹) beobachtet (vgl. Tab. 9, Abb. 5).

Hiermit wird die schon in Versuchsplan 1 beobachtete Tendenz der höchsten rel. VO₂ und HF bei NW bzw. der geringsten bei W deutlich. Der geringere mittlere Unterschied zwischen J und NW

bei 6.8 km·h⁻¹ bei Frauen im Gegensatz zu Männern ist mit der bereits in Versuchsplan 1 besprochenen höheren Beanspruchung der Frauen bei NW zu erklären.

Aufgrund des in der wissenschaftlichen Literatur beschriebenen Verhaltens des O₂-Bedarfs beim Gehen und Laufen in Geschwindigkeiten zwischen 6 und 8 km·h⁻¹ waren auch bei 7.5 km·h⁻¹ weiterhin erhöhte Parameter bei J zu erwarten. Erst bei ca. 8 km·h⁻¹ ist die Beanspruchung von Gehen und Laufen gleich, darüber übersteigt diese aufgrund unökonomischer Technikausführung beim Gehen die des Laufens (Greiwe & Kohrt, 2000). Dieses beschriebene Verhalten bestätigt sich sowohl bei J vs. W als auch bei J vs. PW (vgl. Tab. 9).

Der Vergleich von J vs. NW ist bei 7.5 km·h⁻¹ hingegen differenzierter zu betrachten. Hier übersteigen die untersuchten Parameter beim NW die Werte des J, die beobachteten Effekte sind als gering einzustufen. Für walkingspezifische Bewegungsformen ist dieses Verhalten in der Literatur erst oberhalb einer Geschwindigkeit von 8 km·h⁻¹ beschrieben worden (Heyward, 2002; Hollmann & Hettinger, 2000). Der höhere O₂-Bedarf sowie die höhere Herzfrequenz bei NW im Vergleich zu J deuten auf einen unökonomischeren Bewegungsablauf des NW in dieser Geschwindigkeit hin. Signifikante Unterschiede sind hier nur für die Gesamtstichprobe sowie für Frauen zu beobachten (vgl. Tab. 9, Abb. 5).

Tabelle 9

Statistische Kennwerte für den Vergleich Jogging und Walking, Powerwalking sowie Nordic Walking bei 5.4; 6.1; 6.8 und 7.5 km·h⁻¹.

| Vergleich Jogging vs. Walking, Powerwalking, Nordic Walking | | | | | | | |
|--|----|------------------------|------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|
| rel. VO ₂ [ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹] | | | | | | | |
| Maß | | 6,8 km·h ⁻¹ | | | 7,5 km·h ⁻¹ | | |
| | | J-W | J-PW | J-NW | J-W | J-PW | J-NW |
| w (n = 20) | MD | 3.5 | 2.8 | 1.4 | 1.5 | 0.5 | -1.4 |
| | p | .000 | .000 | .047 | .027 | .544 | .095 |
| | KI | 2.2 - 4.8 | 1.6 - 4.0 | 0.0 - 2.8 | 0.2 - 2.9 | -1.1 - 0.9 | -3.1 - 0.3 |
| m (n = 11) | MD | 3.1 | 2.9 | 1.9 | 0.9 | 0.9 | -1.3 |
| | p | .001 | .001 | .043 | .328 | .383 | .250 |
| | KI | 1.4 - 4.8 | 1.4 - 4.5 | 0.1 - 3.8 | -0.9 - 2.7 | -1.1 - 2.9 | -3.6 - 1.0 |
| g (n = 31) | MD | 3.3 | 2.9 | 1.6 | 1.2 | 0.7 | -1.4 |
| | p | .000 | .000 | .006 | .037 | .290 | .058 |
| | KI | 2.2 - 4.4 | 1.9 - 3.8 | 0.5 - 2.8 | 0.1 - 2.3 | -0.6 - 1.9 | -2.8 - 0.1 |
| HF [S·min ⁻¹] | | | | | | | |
| Maß | | 6.8 km·h ⁻¹ | | | 7.5 km·h ⁻¹ | | |
| | | J-W | J-PW | J-NW | J-W | J-PW | J-NW |
| w (n = 21) | MD | 11.9 | 8.3 | 1.9 | 2.0 | -1.5 | -7.6 |
| | p | .000 | .000 | .431 | .311 | .573 | .009 |
| | KI | 8.6 - 15.1 | 4.0 - 12.5 | -2.9 - 6.7 | -2.0 - 6.0 | -6.7 - 3.8 | -13.2 - -2.1 |
| m (n = 11) | MD | 8.0 | 8.5 | 5.8 | 2.2 | 3.2 | -3.0 |
| | p | .001 | .006 | .088 | .418 | .373 | .435 |
| | KI | 3.4 - 12.5 | 2.6 - 14.4 | -0.9 - 12.4 | -3.3 - 7.7 | -4.0 - 10.4 | -10.6 - 4.7 |
| g (n = 32) | MD | 9.9 | 8.4 | 3.8 | 2.1 | 0.9 | -5.3 |
| | p | .000 | .000 | .067 | .214 | .694 | .030 |
| | KI | 7.1 - 12.7 | 4.7 - 12.0 | -0.3 - 7.9 | -1.3 - 5.5 | -3.6 - 5.3 | -10.0 - -0.6 |

w = weiblich; m = männlich; g = gesamt; MD = mittlere Differenz, KI = Konfidenzintervall.

Für Frauen stellt sich dieser Aspekt also etwas deutlicher dar als für Männer. Dies kann sowohl durch eine geringere absolute und relative Oberkörperkraft (Fleck & Kraemer, 2004, S. 264-268) als auch durch eine kürzere Schrittlänge (aufgrund einer durchschnittlich kleineren Körpergröße) der Frauen bedingt sein.

Fazit und Ausblick

NW ist in die Kategorie der Ausdauersportarten wie Walking und Powerwalking einzuordnen. Aufgrund eines höheren objektiven Beanspruchungsprofils könnten im Vergleich zu W und PW durch NW höhere Adaptationen des Herz-Kreislauf-Systems hervorgerufen werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung liegen mit Erhöhungen der relativen Sauerstoffaufnahme zwischen 8 % und 11 % beim Nordic Walking gegenüber dem Walking jedoch deutlich unter den in der Literatur beschriebenen Unterschieden. Die vielfach verwendete Formulierung „Nordic Walking bewirke einen höheren gesundheitlichen Benefit als Walking“ sollte folglich weiterhin kritisch betrachtet werden. Die Auswirkungen des höheren kardiopulmonalen und metabolischen Beanspruchungsprofils bei NW gegenüber W bzw. PW konnten wissenschaftlich noch nicht belegt werden.

NW kann empfohlen werden, um unabhängig von einer Geschwindigkeitssteigerung eine höhere kardiopulmonale und metabolische Beanspruchung zu erzielen. Die Bedeutung dieses Aspektes liegt in der durch die Bewegungstechnik limitierten Geschwindigkeitssteigerung von walkingspezifischen Bewegungsformen. Für die Einordnung des

NW in den Gesundheitssport müssen jedoch neben den kardiopulmonalen und metabolischen Beanspruchungen auch die biomechanischen Aspekte berücksichtigt werden (Hennig, Hagen, & Stieldorf, 2007; Jöllenbeck, Leyser, & Grüneberg, 2007; Kleindienst et al., 2007; Hartmann, Schwirtz, & Schlömmner, 2007). Aus diesem Grund ist die Eignung für Übergewichtige oder Personen mit orthopädischen Problemen kritisch zu betrachten. Für gesunde Sporteinsteiger bzw. -wiedereinsteiger kann NW wie das klassische W für unbedenklich erachtet werden.

Für den Alterssport stellt NW durchaus eine Alternative zum klassischen W und PW dar. Mit dem intensiven vierwöchigen Techniktraining konnte gezeigt werden, dass gut trainierte 40 - 60 jährige Personen in diesem Zeitraum in der Lage sind, eine korrekte NW-Technik mit kraftvollem Stockabdruck zu erlernen. Für einen älteren Sporteinsteiger könnte sich die Realisierung der NW-Technik schwieriger darstellen bzw. ein längeres eingehendes Techniktraining erfordern. Je nach körperlichem Leistungszustand könnte eine korrekte Walking-Technik mit einem dynamischen Bewegungsablauf besser zu realisieren sein und würde somit einen überdauernden Charakter besitzen als eine mangelhaft ausgeführte NW-Technik.

Die Sportart Jogging ist insbesondere durch die in der Bewegungstechnik enthaltene Flugphase und grundlegend höhere Geschwindigkeiten von den walkingspezifischen Bewegungsformen abzugrenzen. Jogging führt unterhalb von 8 km·h⁻¹ im Vergleich zu Walking und Powerwalking zu einer höheren kardiopulmonalen und metabolischen Be-

anspruchung. Lediglich Nordic Walking übersteigt bei $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ die Beanspruchung des Joggings. Dies bestätigt im Zusammenhang mit den vorliegenden Ergebnissen sowie anderer Studien (Rudack et al., 2005), dass einer ökonomischen Technikausführung bei NW eine geringere Höchstgeschwindigkeit zu Grunde liegt als dem W oder PW. In einer Geschwindigkeit von $7.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ zeigt NW im Gegensatz zu W und PW höhere objektive Beanspruchungen als J. Daraus lässt sich ableiten, dass die anspruchsvollere Bewegungskoordination des NW gegenüber W oder PW in dieser Geschwindigkeit schwieriger aufrechtzuerhalten ist. Folglich sollte NW besonders für Anfänger nur in moderaten Geschwindigkeiten empfohlen werden.

Die massive Verbreitung des Nordic Walking als „Trendsport“ durch die populärwissenschaftliche Literatur, die involvierten Sportgeräte-Hersteller sowie vielfältiger Nordic Walking Anbieter hat im Grunde zu der vorherrschenden Meinung geführt, dass besonders Nordic Walking bestimmte Reaktionen und Adaptationen des Herz-Kreislauf- und Stoffwechselsystems bewirkt. An dieser Stelle wird gerne übersehen, dass es sich dabei um die durch Ausdauertraining generell hervorgerufenen Adaptationen des Herz-Kreislauf- und Stoffwechselsystems handelt. Die Bedeutung der Ausübung einer korrekten Technik inklusive eines kraftvollen Stockabdrucks zur Erhöhung der kardiopulmonalen bzw. metabolischen Beanspruchung muss zur Erlangung dieses Benefits im Vordergrund stehen. Auch Liedtke und Lagerström (2004, S. 179) kritisierten, dass „(...) jeweils wenig über die Art der jeweiligen Belastung oder die Art der Stockbenutzung ausgesagt wird, die zu den positiven Effekten führen soll“.

Gesetzt den Fall, dass Nordic Walking ohne korrekte Technikausführung bzw. kraftvollen Stockeinsatz kein höheres objektives Beanspruchungsprofil bewirken würde als das klassische W oder PW, führt NW durch den Aufforderungscharakter des Sportgerätes „Stock“ dennoch zur körperlichen Bewegung von vielen vorher sportlich inaktiven Personen. Eine höhere Herz-Kreislauf- und Stoffwechselbelastung gegenüber W und PW oder das Erreichen einer gesundheitspräventiv wirksamen Belastungsintensität ist bei langsamen Fortbewegungsgeschwindigkeiten (5.4 und $6.1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) anzuzweifeln.

Mit einer Einteilung der Gesamtstichprobe nach der kardiorespiratorischen Fitness anhand der rel. $\text{VO}_{2\text{max}}$ wäre eine separate Auswertung für Gruppen unterschiedlichen Leistungszustands möglich. Somit könnte erfasst werden, inwieweit die Höhe der mittleren Differenz zwischen zwei Sportarten vom Leistungszustand beeinflusst wird. Mittels

t-Test für unabhängige Stichproben könnte zusätzlich eine Unterschiedsprüfung erfolgen. Zukünftige Studien könnten mit der Untersuchung von Versuchspersonen deutlich differierenden Leistungsniveaus auch hier einen Beitrag leisten.

Eine korrekte Technik ist in jeder Sportart für objektive Ergebnisse unerlässlich. Eine neue Forschungsperspektive stellt eine vergleichende Betrachtung des objektiven und subjektiven Beanspruchungsprofils bei NW, W, PW und J bei guter und schlechter Technikausführung bzw. bei verschiedenen Technikleitbildern (z. B. Deutscher Ski Verband, Soft-, Fitness- und Sporttechnik, Hölgl, 2005) dar.

Neben der vergleichenden Betrachtung des objektiven Beanspruchungsprofils könnte zusätzlich hinterfragt werden, ob die einzelnen Sportarten in den getesteten Geschwindigkeiten die Intensitätsvorgaben für ein gesundheitspräventiv wirksames Ausdauertraining bei unterschiedlicher kardiorespiratorischer Fitness erfüllen (American College of Sports Medicine, 1998; Fletcher et al., 1996; Pate et al., 1995). Nur im Zusammenhang mit der Beantwortung dieser Frage kann hinsichtlich des ausgelösten Intensitätsbereichs eine erste Annahme über die zielgruppengerechte Eignung einer Sportart als gesundheitspräventiv wirksames Ausdauertraining getroffen werden. Geeignete Untersuchungsparameter wären die prozentual in Anspruch genommene rel. $\text{VO}_{2\text{max}}$ und die prozentual in Anspruch genommene maximale Herzfrequenz (HF_{max}). Beide Größen werden in der Sportmedizin zur Ableitung trainingswirksamer Intensitätsbereiche für ein gesundheitsorientiertes Ausdauertraining genutzt (Fletcher et al., 1996; Pate et al., 1995). Nach den Angaben des American College of Sports Medicine (1998) und der American Heart Association (AHA) (Fletcher et al., 1996) sollte für ein gesundheitspräventiv wirksames Ausdauertraining eine Trainingsintensität zwischen 55 % bzw. 65 % - 90 % der HF_{max} oder von mindestens 50 % der rel. $\text{VO}_{2\text{max}}$ erreicht werden.

Eine Überprüfung einer etwaigen gesundheitspräventiven Wirkung der Sportarten würde eine entsprechende Interventionsstudie erfordern. Nur mittels Intervention kann nachgeprüft werden, inwieweit die Höhe der kardiopulmonalen und metabolischen Beanspruchung bei NW vs. W tatsächlich zu einer besseren Ausdauerleistungsfähigkeit und daraus abgeleitet zu einem höheren gesundheitlichen Benefit führt. Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse erscheint eine Interventionsstudie mit einer Nordic Walking- und Walking-Gruppe von wissenschaftlichem Interesse. Zusätzlich könnte eine Jogging-Gruppe in langsamer bzw. moderater Geschwindigkeit trainiert und in die Auswertung mit einbezogen werden.

Literatur

- Aigner, A., Ledl-Kurkowski, E., Hörl, S., & Salzmann, K. (2004). Effekte von Nordic Walking bzw. normalem Gehen auf Herzfrequenz und arterielle Laktatkonzentration. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 14(3), 32-36.
- American College of Sports Medicine (1998). American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 975-991.
- Amos, K. R., Porcari, J. P., Bauer, S. R., & Wilson, P. K. (1992). The safety and effectiveness of walking with ankle weights and wrist weights for patients with cardiac disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 12, 254-260.
- Auble, T. E., Schwartz, L., & Robertson, R. J. (1987). Aerobic requirements for moving handweights through various ranges of motion while walking. *Physician and Sportsmedicine*, 15(6), 133-140.
- Bruce, R. A., Kusumi, F., & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal*, 85, 546-562.
- Burger, R. (2007). Biomechanische Betrachtung der Nordic Walking-Technik. In J. Freiwald, T. Jöllenbeck, & N. Olivier (Hrsg.), *Prävention und Rehabilitation. Symposiumsbericht von der 7. gemeinsamen Tagung der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 16. bis 18. 02. 2006 in Bad Sassendorf 2006* (S. 385-391). Köln: Strauß.
- Carroll, M. W., Otto, R. M., & Wygand, J. (1991). The metabolic cost of two ranges of arm position height with and without hand weights during low impact aerobic dance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62, 420-423.
- Church, T. S., Earnest, C. P., & Morss, G. M. (2002). Field testing of physiological responses associated with Nordic Walking. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73, 296-300.
- Ebmeyer, G. (2005). *Exklusive Studie. Welcher Sport ist der Beste? Fit For Fun*, 40-58.
- Evans, B. W., Pottleiger, J. A., Bray, M. C., & Tuttle, J. L. (1994). Metabolic and hemodynamic responses to walking with hand weights in older individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1047-1052.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2004). *Designing resistance training programs* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fletcher, G. F., Balady, G., Blair, S. N., Blumenthal, J., Caspersen, C., Chaitman, B., et al. (1996). Statement on exercise: benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. A statement for health professionals by the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation of the Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*, 94, 857-862.
- Graves, J. E., Martin, A. D., Miltenberger, L. A., & Pollock, M. L. (1988). Physiological responses to walking with hand weights, wrist weights, and ankle weights. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 265-271.
- Graves, J. E., Pollock, M. L., Montain, S. J., Jackson, A. S., & O'Keefe, J. M. (1987). The effect of hand-held weights on the physiological responses to walking exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 260-265.
- Greiwe, J. S., & Kohrt, W. M. (2000). Energy expenditure during walking and jogging. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40, 297-302.
- Grützner, A. (2003). *Vergleich physiologischer Parameter von Walking und Nordic Walking anhand ausgewählter Feldtests*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln, Köln.
- Hartmann, M., Schwirtz, A., & Schlömmner, E. (2007). Gelenkentlastung durch Nordic Walking? Wie stellen sich die versprochenen Effekte aus Sicht der Biomechanik dar? In J. Freiwald, T. Jöllenbeck, & N. Olivier (Hrsg.), *Prävention und Rehabilitation. Symposiumsbericht von der 7. gemeinsamen Tagung der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 16. bis 18. 02. 2006 in Bad Sassendorf 2006* (S. 407-413). Köln: Strauß.
- Harwig, B. (2004). *Vergleichende leistungsphysiologische Betrachtung von Nordic Walking, Walking und Jogging*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln, Köln.
- Hennig, E. M., Hagen, M., & Stieldorf, P. (2007). Nordic Walking versus Walking - eine biomechanische Bewegungsanalyse. In J. Freiwald, T. Jöllenbeck, & N. Olivier (Hrsg.), *Prävention und Rehabilitation. Symposiumsbericht von der 7. gemeinsamen Tagung der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 16. bis 18. 02. 2006 in Bad Sassendorf 2006* (S. 393-398). Köln: Strauß.
- Heyward, V. H. (2002). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hölig, W. (2003). *DSV Nordic Aktiv Ausbildungskonzept. Planegg*: DSV.
- Hollmann, W., & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin* (4., völlig neu bearb. Aufl.). Stuttgart, New York: Schattauer.
- Höltke, V., Steuer, M., Jöns, H., Krakor, S., Steinacker, T., & Jakob, E. (2005). Walking vs. Nordic-Walking II - Belastungsparameter im Vergleich. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 243.
- Höltke, V., Steuer, M., Schneider, U., Krakor, S., & Jakob, E. (2003). *Walking vs Nordic-Walking - Belastungsparameter im Vergleich*. Zugriff August, 2005, unter <http://www.sportkrankenhaus.de/ergebnisse/walking.pdf>.
- Howley, E. T., & Glover, M. E. (1974). The caloric costs of running and walking one mile for men and women. *Medicine and Science in Sports*, 6, 235-237.
- Jakob, E. (2001). *Nordic Walking*. Zugriff am 03.04.2008 unter www.bts-wuppertal.de/leibundseele/Jakob.pdf.
- Jöllenbeck, T., Leyser, D., & Grüneberg, C. (2007). Nordic Walking - Eine Feldstudie über den Mythos Gelenkentlastung. In J. Freiwald, T. Jöllenbeck, & N. Olivier (Hrsg.), *Prävention und Rehabilitation. Symposiumsbericht von der 7. gemeinsamen Tagung der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 16. bis 18. 02. 2006 in Bad Sassendorf 2006* (S. 399-405). Köln: Strauß.
- Jordan, A. N., Olson, T. P., Earnest, C. P., Morss, G. M., & Church, T. S. (2001). Metabolic cost of high intensity poling while Nordic Walking versus normal Walking. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 86.
- Kleindienst, F. L., Michel, K. J., Stief, F., Wedel, F., Campe, S., & Krabbe, B. (2007). Vergleich der Gelenkbelastung der unteren Extremitäten zwischen den Bewegungsformen Nordic Walking, Walking und Laufen mittels Inverser Dynamik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58, 105-111.
- Liedtke, G., & Lagerström, D. (2004). Nordic Walking - Megatrend, Gesundheitssport oder natürliche Bewegungsweise? *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 20, 178-183.
- Makalous, S. L., Araujo, J., & Thomas, T. R. (1988). Energy expenditure during walking with hand weights. *Physician and Sportsmedicine*, 16, 139-148.
- Marées, H. de (2003). *Sportphysiologie* (Korrigierter Nachdruck der 9., vollst. überarb. und erweiter. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauss.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance* (5th ed.). Baltimore, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Miller, J. F., & Stamford, B. A. (1987). Intensity and energy cost of weighted walking vs. running for men and women. *Journal of Applied Physiology*, 62, 1497-1501.
- Morss, G. M., Church, T. S., Earnest, C. P., & Jordan, A. N. (2001). Field test comparing the metabolic cost of normal Walking versus Nordic Walking. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, S. 23.
- Owens, S. G., al-Ahmed, A., & Moffatt, R. J. (1989). Physiological effects of walking and running with hand-held weights. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29, 384-387.
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., et al. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273, 402-407.
- Porcari, J. P., Hendrickson, T. L., Walter, P. R., Terry, L., & Walsko, G. (1997). The physiological responses to walking with and without Power Poles on treadmill exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 161-166.

- Regelin, P., & Mommert-Jauch, P. (2004). *Nordic Walking. Aber richtig!* (2., durchgesehene Aufl.). München: BLV.
- Rodgers, C. D., VanHeest, J. L., & Schachter, C. L. (1995). Energy expenditure during submaximal walking with Exerstriders. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 607-611.
- Roschinsky, J. (2004a). Nordic Walking. Die besonderen physischen und psychischen Effekte. *Condition*, 35(7-8), 59-61.
- Roschinsky, J. (2004b). *Nordic Walking. You can do it.* Aachen: Meyer & Meyer.
- Rudack, P., Ahrens, U., Thorwesten, L., & Völker, K. (2005). Vergleich der kardiopulmonalen und metabolischen Belastungscharakteristik des Nordic Walkings und Walkings - Konsequenzen für die Trainingssteuerung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 253.
- Sagiv, M., Rotstein, A., Ben-Sira, D., Grodjinovsky, A., Fisher, N., & Kaufmann, D. (1991). Physiological responses to wrist weights during endurance cycling in normal subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 748-751.
- Schiebel, F., Heitkamp, H. C., Thoma, S., Hipp, A., & Horstmann, T. (2003). Nordic Walking und Walking im Vergleich. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54, S.43.
- Schmidt, M. R., Winski, N., & Helmkamp, A. (2005). *Nordic Fitness. Alle nordischen Varianten für Sommer & Winter.* München: Gräfe und Unzer.
- Schwarz, M., Schwarz, L., Urhausen, A., Ebersohl, A., & Kindermann, W. (2001). Vergleich des Beanspruchungsprofils beim Walking, Jogging und bei der Fahrradergometrie bei unterschiedlich leistungsfähigen Personen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 52, 136-141.
- Thompson, W. R., Goodroe, E. A., Johnson, K. D., & Lamberth, J. G. (1991). The effect of hand-held weights on the physiological responses to aerobic dance. *Journal of Applied Sports Science Research*, 5, 208-212.
- Walter, P. R., Porcari, J. P., Brice, G., & Terry, L. (1996). Acute Responses to Using Walking Poles in Patients With Coronary Artery Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 16, 245-250.
- Wilhelm, A., Neureuther, C., & Mittermaier, R. (2006). *Nordic Walking Praxisbuch.* München: Knauer Ratgeber Verlage.
- Wüpper, C., Schulte, A., Geese, R., & Hillmer-Vogel, U. (2005). Energieumsatz beim Walking im Feld-Test - Ein Vergleich zwischen Walking und Nordic Walking. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 249.
- Zarandona, J. E., Nelson, A. G., Conlee, R. K., & Fisher, A. G. (1986). Physiological responses to hand-carried weights. *Physician and Sportsmedicine*, 14(10), 113-120.

Originalbeitrag erhalten: 11. 09. 2007

Überarbeiteter Originalbeitrag erhalten: 03. 06. 2008

Originalbeitrag akzeptiert: 03. 06. 2008

Originalbeitrag veröffentlicht: 04. 07. 2008