

Kardiorespiratorische Parameter verglichen zwischen nordic walking und walking in Höhen- und Tallage

Hannes Zischg Georg Spazier

Abstract

Ziel der Untersuchung war es zum einen, Nordic Walking mit Walking bezüglich Ventilation, Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz, Energieverbrauch, Borg und Sauerstoffsättigung (V_e , Vo_2 , Hf, EE, Borg, SaO_2) unter Feldtest Konditionen zu vergleichen und zum anderen, jene Parameter in Höhen- (1600m) und Tallage (600m) zu vergleichen.

Aufgabe der Probanden (9 Männer und 7 Frauen - durchschnittliches Alter 24,44 Jahre) war es, jeweils 4 Runden (=1120m) eines Fußballfeldes bei gleich bleibender Geschwindigkeit sowohl mit als auch ohne Stöcke zu bewältigen. Zum Vergleich zweier Höhenlagen wurden die Untersuchungen auf einer Höhe von 1600m und einer Höhe von 600m (Tallage) durchgeführt.

Folgende Unterschiede zwischen Nordic Walking und Walking in Tallage konnten festgestellt werden: V_e (l/min): Mw. NW 49,57 - Stabw. 10,55 - Mw. W 42,30 - Stabw. 8,11. Vo_2 (ml/min/kg): Mw. NW 29,02 - Stabw. 3,87 - Mw. W 25,84 - Stabw. 2,98, Hf (1/min): Mw. NW 130,78 - Stabw. 16,37 - Mittelwert W 122,84 - Stabw. 15,07. EE (kcal/hour): Mw. NW 549,00 - Stabw. 122,21 - Mw. W 483,28 - Stabw. 95,76, Borg: Mw. NW 10,62 - Stabw. 1,10 - Mw. W 10,39 - Stabw. 1,21.

Ergebnisse in Höhenlage (Galtür): V_e (l/min): Mw. NW 53,11 - Stabw. 12,99 - Mw. W 45,46 - Stabw. 12,52, Vo_2 (ml/min/kg): Mw. NW 30,17 - Stabw. 3,60 - Mw. W 27,28 - Stabw. 3,90, Hf(1/min): Mw. NW 137,46 - Stabw. 17,47 - Mw. W 127,37 - Stabw. 18,16, EE (kcal/hour): Mw. NW 569,91 - Stabw. 124,81 - Mw. W 492,58 - Stabw. 93,41, Borg: Mw. NW 11,14 - Stabw. 0,97 - Mw. W 11,14 - Stabw. 1,32.

Nordic Walking in beiden Höhenlagen ergab eine signifikante Steigerung bei allen unseren gemessenen Parameter bei gleichzeitig nicht signifikant höherem Belastungsempfinden. Signifikante Unterschiede zwischen Höhen- und Tallage konnten nicht festgestellt werden.

Key words: walking nordic walking...

Einleitung:

Walking wird bereits seit geraumer Zeit als präventive Sportart für die breite Masse diskutiert. Zahlreiche Studien ergaben einen höheren Energieverbrauch durch zusätzliche Verwendung von Gewichten (hand weights) bzw. Walking Stöcken (walking poles). Mittlerweile gewinnt Nordic Walking aufgrund höheren Energieverbrauches bei gleich bleibendem subjektivem Belastungsempfinden zunehmend an Bedeutung, vorallem aus der Sicht der Prävention und Rehabilitation.

Bisher konnten einige Studien eine höhere Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz und Energieverbrauch durch zusätzliche Verwendung von Nordic Walking Stöcken gegenüber Walking ohne Stöcke feststellen (Rodgers et al. 1995, Porcari et al. 1997, Church et al. 2002).

“The additional muscle recruitment associated with upper - body work during walking has been found to significantly increase caloric expenditure at any given walking speed” (Evans, Potteiger, Bray, & Tuttle, 1994; Graves, Martin, Miltenberger, & Pollock, 1988; Graves, Pollock, Montain, Jackson, & O`Keefe, 1987; Miller & Stamford, 1987; Porcari, Hendrickson, Walter, Terry, & Walsko, 1997; Rodgers, Van Heest, & Schachter, 1995).

Die Studien von Rodgers et al. (1995), Porcari et al. (1997) und Church et al. (2002) ergaben eine Steigerung der Sauerstoffaufnahme, der Herzfrequenz und des Energieverbrauchs durch die zusätzliche Verwendung von Stöcken (walking poles).

Von zahlreichen Veröffentlichungen wurde allerdings bislang eine einzige im Feld durchgeführt, und zwar jene von Church et al. im Jahre 2002 (Cooper Institute Dallas). Bisherige Studien zu diesem Thema fanden großteils auf Laufbändern in Labors statt.

Gesundheitsorientierte und -motivierte Urlaubs- und Bewegungsformen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Nordic Walking als Gesundheitssport spielt nun auch im Tourismussektor eine wesentliche Rolle. Aufgrund der Tatsache, dass Bewegung und Sport großteils auch in der Höhe durchgeführt wird,

besteht auch zunehmend Interesse an dessen Auswirkungen auf den Organismus.

Da es unter den wenigen Untersuchungen zum Thema Nordic Walking noch keine Feldtests gab, welche in der Höhe stattfanden, war es uns in diesem Zusammenhang ein weiteres Anliegen, eine identische Untersuchung in den typischen Höhenlagen des Alpenraums durchzuführen, um weitere Aussagen darüber tätigen zu können.

Methodik:

Probanden: Als Probanden standen ausschließlich gesunde, durchschnittlich bis gut trainierte Sportstudenten des Institutes für Sportwissenschaften der Universität Innsbruck zur Verfügung. Es wurden gezielt Studenten ausgesucht, die bereits besondere Erfahrungen mit dem Langlaufsport hatten, bzw. die bereits mit der speziellen Nordic Walking Technik vertraut waren. Neben einigen erfahrenen Langläufern waren die meisten Probanden entweder Langlauf - Trainer oder Nordic Walking Instruktoren.

Die 16 Probanden (9 Männer und 7 Frauen) waren 22 bis 27 Jahre alt (Durchschnittsalter 24,4 Jahre).

Proband	Geschlecht	Größe(m)	Gewicht(kg)	Alter	BMI
1	m	1,72	60	24	20,28
2	m	1,75	67	25	21,88
3	w	1,56	55	23	22,60
4	w	1,60	47	24	18,36
5	m	1,65	65	24	23,88
6	w	1,73	58	24	19,38
7	w	1,68	54	23	19,13
8	w	1,70	56	23	19,38
9	m	1,81	81	26	24,72
10	m	1,80	64	26	19,75
11	m	1,72	72	26	24,34
12	m	1,85	80	24	23,37
13	w	1,68	59	25	20,90
14	w	1,72	62	22	20,96
15	m	1,76	72	25	23,24
16	m	1,70	67	27	23,18
Mw.		1,71	63,69	24,44	21,59
Stabw.		0,07	9,33	1,36	2,07

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der gesamten Probandengruppe
 BMI = Body Maß Index, Mw = Mittelwert, Stabw. = Standardabweichung

Feld Test - Durchführung: Beim Vergleich zwischen Nordic Walking und Walking lehnten wir uns größtenteils an eine bereits als Feldtest durchgeführte Untersuchung von Church et al. (2002). Sie stellte die bislang einzige, im Feld durchgeführte Untersuchung zum Thema Nordic Walking dar (Church, Earnest Morss, 2002). Mittels mobiler Spirometrie wurden die Parameter Ventilation, Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz und der Kalorienverbrauch gemessen. Zur weiteren Beurteilung wurden die Sauerstoffsättigung, das subjektive Belastungsempfinden nach Borg und eine Videoanalyse herangezogen. Als Probanden standen uns 16 Sportstudenten (9 Männer, 7 Frauen) zur Verfügung, die jeweils 4 Runden (=1120m) eines Fußballfeldes bei gleich bleibender, selbst gewählter Geschwindigkeit sowohl mit als auch ohne Stöcke mit der entsprechenden Technik bewältigten.

Die Rundenzeiten eines jeden einzelnen Probanden wurden zeitlich und etappenweise genau erfasst und es wurde somit in Innsbruck die identische Untersuchung wiederholt. Den Probanden wurde empfohlen, ein Tempo zu wählen, welches sie auch sonst beim Ausüben dieser Sportarten wählen würden.

Im Unterschied zur Untersuchung von Church, Earnest und Morss (2002) betrug unsere Teststrecke

lediglich 1120m, wobei eine Runde 280m lang war. Die Ausmaße der rechteckigen Teststrecke, welche entlang eines Fußballplatzes aufgestellt wurde, betrug 90*50 m. In der Mitte jeder Seitenlänge, wurden Hütchen aufgestellt, welche zum Bestimmen und Kontrollieren der Zwischenzeiten dienten. Von einem Hütchen zum anderen betrug die Länge also jeweils 70m. Sobald die Probanden bei den nachfolgenden Tests an den Hütchen vorbei gingen, wurden ihnen Anweisungen von den Testleitern bezüglich ihrer Geschwindigkeit gegeben. Nach einer kurzen Aufwärmphase wurde den Probanden die mobile Spirometrie angelegt. Vor dem Start wurde der Ruhepuls gemessen und sobald der Computer und die anderen Geräte aufnahmebereit waren, wurden die Probanden dazu aufgefordert, mit Nordic Walking zu beginnen. Jeder Teilnehmer dieser Studie durfte seine Geschwindigkeit bzw. Intensität selbst wählen, jedoch sollten alle danach stattfindenden Tests genau dieser Geschwindigkeit entsprechen. Dies wurde von den Testleitern überprüft. Ein gültiger Versuch bestand aus jeweils 4 Runden, was einer Strecke von 1120m entsprach.

Nach jeder Runde wurde das subjektive Belastungsempfinden mittels BORG - Skala abgefragt und dokumentiert (Borg 1982). Um zusätzlich eine Bewegungsanalyse durchführen zu können, wurde ein Teilabschnitt jeder Runde auf Video festgehalten.

Abschließend wurde auf den letzten 30m noch die Sauerstoffsättigung der Probanden gemessen. Danach hatten die Probanden genügend Zeit, sich sowohl aktiv als auch passiv zu erholen, bis schließlich ihr Ruhepuls jenem entsprach, mit dem sie schon beim ersten Test aus gestartet waren. Erst dann wurde dieselbe Strecke, mit der gleichen Geschwindigkeit, nun aber walkend (ohne Stöcke) zurückgelegt. Im Schnitt legten die Probanden die Teststrecke in einer Zeit von zirka 9 Minuten und 40 Sekunden zurück. Die mittlere Geschwindigkeit der Tests betrug 6,97 Km/h (Stdabw. 0,51 Km/h).

Umgebungsbedingungen					
Testtage	Probanden	Testzeit	Temperatur	Luftdruck	Wetter
Galtür					
03.Nov	4	13-16 Uhr	9°C	847 hPa	bedeckt, leichter Wind
05.Nov	6	10-16 Uhr	11°C	856 hPa	sonnig, leichter Wind
06.Nov	6	10-16 Uhr	13°C	854 hPa	wolkenlos
Innsbruck					
26.Nov	6	10-16 Uhr	10°C	942 hPa	leicht bewölkt, windstill
01.Dez	4	10-14 Uhr	12°C	945 hPa	wolkig, leichter Wind
02.Dez	3	13-16 Uhr	14°C	950 hPa	mittlerer/böhiger Wind
03.Dez	3	14-16 Uhr	13°C	953 hPa	sonnig

Tabelle 2: Die protokollierten Umgebungsbedingungen an den verschiedenen Testtagen

Mobile Spirometrie: Zur Messung der respiratorischen Parameter und der Herzfrequenz wurde während des Feldtests das Oxycon Mobile der Firma Jaeger verwendet.

Die Sende- und Messeinheit, zwei kompakte Module, werden entweder an der Brust oder am Rücken des Probanden befestigt. Die Sensorbox, auch SBx oder Messeinheit genannt, ist mit einer schnell ansprechenden elektrochemischen Zelle zur Sauerstoffmessung (Reaktionszeit 80 ms nach digitaler Filterung) und einem sehr schnellen Kohlendioxid Analysator (Reaktionszeit von weniger als 80 ms) ausgestattet. Verbunden wird diese Einheit mit dem Datenaustausch-Gerät (Dex), auch Sendeeinheit genannt. Dieses Gerät erfasst die Daten der Sensorbox (Ventilation, O₂, CO₂ und Herzfrequenz) und leitet sie telemetrisch an eine an den Computer angeschlossene Basisstation weiter. Der telemetrische Übertragungsbereich dieses Gerätes liegt im Freifeld bei ca.1000 m.

Nachdem sämtliche Einheiten miteinander verbunden wurden, mussten zu allererst die

Umgebungsbedingungen kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. Diese Daten beinhalteten Höhe, Luftdruck, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit. Der Luftdruck wurde von uns zusätzlich mit einem handelsüblichen GPS-Gerät (Global Positioning System) der Firma Garmin kontrolliert, die Temperatur mit einem handelsüblichen Thermometer. Sobald diese bestimmt waren, konnte man mit der Eichung beginnen.

Im Gegensatz zu den Umgebungsbedingungen musste die Eichung, entsprechend der Bedienungsanleitung (Oxycon Mobile, 2003), vor jeder Messung durchgeführt werden. Die Eichung selbst bestand sowohl aus einer Volumeneichung als auch aus einer Gasanalytoreneichung. Für die mobile Spirometrie ergaben sich folgende technische Daten in Bezug auf Messbereich und Genauigkeit:

Volumen- / Gasmessung

	Messbereich	Genauigkeit
Ventilation (V'E): L/Min	0-300 L/Min	2% oder 0,05
O ₂ - Aufnahme (V'O ₂): L/Min	0-7 L/Min	3% oder 0,05
CO ₂ - Abgabe (V'CO ₂): L/Min	0-7 L/Min	3% oder 0,05
RER	0,6-2,0	4%

Tabelle 3: Technische Daten der Volumen- und Gasmessung (OxyconMobile).

Herzfrequenzmessung: Zur Messung der Herzfrequenz unserer Probanden wurden Geräte der Firma Polar verwendet.

Sauerstoffsättigung: Am Ende eines jeden Testdurchgangs wurde mit Hilfe eines Fingerpulsoxymetrieerätes der Firma Nonin (Onyx) die Sauerstoffsättigung gemessen. Die Messgenauigkeit des Oximetrieerätes wird mit einem Messbereich von 70 - 100% Sauerstoffsättigung mit +/- 2% angegeben (Nonin Medical Handbuch).

Videoanalyse: Zur Durchführung einer Bewegungsanalyse der einzelnen Probanden wurde eine Digitalkamera der Marke Panasonic NV-D110EG verwendet.

Datenanalyse: Als Berechnungsgrundlage der Datenauswertung wurden all jene Werte verwendet, die nach Erreichen des Steady States zustande kamen. Von allen Probanden wurden daher die Messdaten von 28 Intervallen der zweiten bis achten Testminute herangezogen. Diese Daten wurden in die SPSS 11,5 Datenmatrix eingelesen und mittels gepaarter T - Tests berechnet. Es wurde ein Konfidenzintervall von 95% festgelegt, womit sich ein Alpha Fehler Niveau von 5% ($p < 0,05$) bei zweiseitiger Hypothesenformulierung ergab. Aufgrund multipler Vergleiche (Mehrfachtestung - 4 verschiedene Tests) wurde zusätzlich die Bonferroni Korrektur angewandt.

Ergebnisse: Die Studie ergab signifikante Unterschiede im Vergleich Nordic Walking und Walking bei allen gemessenen Parametern. Es konnten dabei ähnliche Ergebnisse wie in bisherigen Studien zu diesem Thema festgestellt werden. Nordic Walking geht somit bei gleich bleibender Geschwindigkeit mit einem signifikant höheren Energieverbrauch bei nicht signifikant unterschiedlichem Belastungsempfinden einher.

Folgende Steigerungen durch Nordic Walking in Tallage (Innsbruck) konnten erzielt werden: eine um 17,19% höhere Ventilation (l/min) (Mw. NW - 49,57 - Stabw. - 10,55 - Mw. W - 42,30 - Stabw. 8,11), eine Zunahme der Sauerstoffaufnahme (ml/min/kg) um 12,3% (Mw. NW 29,02 - Stabw. 3,87 - Mw. W 25,84 - Stabw. 2,98), eine Herzfrequenzzunahme (1/min) um 6,46% (Mw. NW 130,78 - Stabw. 16,37 - Mittelwert W 122,84 - Stabw. 15,07) eine Steigerung des Kalorienverbrauchs (kcal/hour) um 13,6% (Mw. NW 549,00 - Stabw. 122,21 - Mw. W 483,28 - Stabw. 95,76), Borg (Mw. NW 10,62 - Stabw. 1,10 - Mw. W 10,39 - Stabw. 1,21).

Ergebnisse in Höhenlage (Galtür): eine Ventilationszunahme um 16,8% bei Nordic Walking (Mw. NW

53,11 - Stabw. 12,99 - Mw. W 45,46 - Stabw. 12,52), Zunahme der Sauerstoffaufnahme um 10,63% (Mw. NW 30,17 - Stabw. 3,60 - Mw. W 27,28 - Stabw. 3,90), eine um 7,93 höhere Herzfrequenz (Mw. NW 137,46 - Stabw. 17,47 - Mw. W 127,37 - Stabw. 18,16), Steigerung des Kalorienverbrauchs um 15,69% (Mw. NW 569,91 - Stabw. 124,81 - Mw. W 492,58 - Stabw. 93,41), Borg (Mw. NW 11,14 - Stabw. 0,97 - Mw. W 11,14 - Stabw. 1,32).

Nordic Walking in beiden Höhenlagen ergab eine signifikante Steigerung bei allen unseren gemessenen Parameter bei gleichzeitig nicht signifikant höherem Belastungsempfinden. Signifikante Unterschiede zwischen Höhen- und Tallage konnten nicht festgestellt werden: Ventilation: Zunahme bei NW in Galtür von 7,1%, bei Walking um 7,5%. Sauerstoffaufnahme: Zunahme bei NW in Galtür von 3,96%, bei Walking ohne Stöcke 5,6%. Herzfrequenz: Zunahme bei NW in Galtür von 5,1%, bei Walking um 3,7%. Kalorienverbrauch pro Stunde: Zunahme bei NW in Galür um 3,81%, bei Walking um 1,92%. Borg: Zunahme bei NW in Galtür um 4,9%, bei Walking um 2,56%. Sauerstoffsättigung: NW: Galtür: Mw. 90,81 - Stabw. 2,99 - Innsbruck: Mw.94,31% - Stabw. 3,17. Sauerstoffsättigung W: Galtür: Mw. 90,93 - Stabw. 2,74 - Innsbruck 95,00 - Stabw. 3,16.

	Nordic Walking		Walking		Prozentuelle Veränderung	P – Werte Bonferroni korrigiert
	Mw.	Stabw.	Mw.	Stabw.		
Ventilation	9,57	10,55	42,30	8,11	17,19%	<0,0125*
Sauerstoffaufnahme	29,02	3,87	25,84	2,98	12,30%	<0,0125*
Herzfrequenz	130,78	16,37	122,84	5,07	6,46%	<0,0125*
Energieverbrauch	549,00	122,21	483,28	95,76	13,6%	<0,0125*
Borg	10,62	1,10	10,39	1,21	2,26%	<0,0125*

Tabelle 4: Darstellung der Ergebnisse in Tallage (Innsbruck)

Mw. (Mittelwert) Stabw. (Standardabweichung) Ventilation (l/min) Sauerstoffaufnahme (ml/min/kg) Herzfrequenz (1/min) Energieverbrauch (kcal/h) P-Werte (<0,05 =*)

	Nordic Walking		Walking		Prozentuelle Veränderung	P – Werte Bonferroni korrigiert
	Mw.	Stabw.	Mw.	Stabw.		
Ventilation	53,11	12,99	45,46	12,52	16,80%	<0,0125*
Sauerstoffaufnahme	30,17	3,60	27,28	3,90	10,63%	<0,0125*
Herzfrequenz	137,46	17,47	127,37	18,16	7,93%	<0,0125*
Energieverbrauch	569,91	124,81	492,58	93,41	15,69%	<0,0125*
Borg	11,14	0,97	10,65	1,32	4,8%	<0,0125*

Tabelle 5: Darstellung der Ergebnisse in Höhenlage (Galtür)

Mw. (Mittelwert) Stabw. (Standardabweichung) Ventilation (l/min) Sauerstoffaufnahme (ml/min/kg) Herzfrequenz (1/min) Energieverbrauch (kcal/h) P-Werte (<0,05 =*)

Diskussion:

Die Anwendung der Nordic Walking Technik verstärkt den Trainingseffekt maßgeblich. Im Vergleich Höhenlage (Galtür) versus Tallage (Innsbruck) ergaben die Messungen bei den Parametern Herzfrequenz, Kalorienverbrauch Ventilation und Sauerstoffaufnahme zwar nicht signifikant höhere Werte durch die Höhenlage, es konnte jedoch eine klare Tendenz festgestellt werden. .

Bisher konnten einige Studien eine höhere Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz und Energieverbrauch beim Gebrauch von Nordic Walking - Stöcken gegenüber normalen Walking feststellen. (Rodgers et al. 1995, Porcari et al. 1997, Church et al. 2002).

Von allen Veröffentlichungen wurde allerdings erst eine einzige im Feld durchgeführt, und zwar jene von Church et al. vom Cooper Institut im Jahre 2002. Alle anderen fanden auf Laufbändern in Labors statt. Wir entschieden uns auch für die Durchführung eines Feldtests, um so eine möglichst realistische bzw. wahrheitsgetreue Untersuchung zu erhalten und auf der anderen Seite einen neuen Aspekt mit einzubauen, nämlich die Veränderung der gewählten Parameter durch den Faktor Höhe.

In letzter Zeit hat das Interesse an mittleren Höhenlagen und deren Auswirkungen auf den Organismus stark zugenommen. Rückblickend jedoch waren es fast ausschließlich Höhenlagen oberhalb der 2500 Meter die im Blickfeld der Höhenforscher ihren Platz einnahmen. „There is plentiful literature on respiration at high altitude (3000 - 8000 m above sea level) and its cardiopulmonary sequelae. But little is known about changes in ventilation and in pulmonary gas exchange at altitudes of 1,000 - 2,000 m above sea level“ (Karrer / Schmid / Wuthrich / Baldi / Gall / Portmann 1990, 1584 - 9).

Ähnlich wie bei der Studie vom Cooper Institut, wurden unsere Probanden dazu aufgefordert, zwei aufeinander folgende Tests zu absolvieren, wobei sie im Gegensatz zur Studie Church et al. mit Nordic Walking in der Höhe begannen. Insgesamt wurden vier Runden á 280m zurückgelegt, was einer Gesamtstrecke von 1120 Metern entsprach. Church et al. (2002) ließen ihre Probanden hingegen acht Runden von jeweils 200m zurücklegen, wobei per Zufall entschieden wurde, ob sie mit Nordic Walking oder mit Walking beginnen sollten. Bezüglich der Geschwindigkeit gaben Church et al. ihren Probanden lediglich vor, sich in einem Intensitätsbereich zu bewegen, der ihrer normal üblichen aeroben Trainingsbelastung entsprach.

Auch unsere Probanden konnten ihre Geschwindigkeit selbst wählen. Einzige Vorgabe unsererseits bestand darin, eine Geschwindigkeit zu wählen mit der sie auch sonst gehen würden, bzw. bei der sie sich „wohl fühlen“.

Die mittlere Geschwindigkeit der Tests betrug 6,97 Km/h (Stdabw. 0,51 Km/h). Vergleicht man diese Geschwindigkeit mit der „Walking - Literatur“ so kann man feststellen, dass sich dieser Mittelwert im oberen Bereich des Fitness - Walking befindet. Als Herzfrequenz wird für Fitness - Walking ein Bereich von 65-85% der maximalen Herzfrequenz angegeben (Gerig 1996). Auch diese Angaben decken sich mit unseren Messungen. Ab 85% der maximalen Herzfrequenz spricht Gerig (1996) von Race - Walking. Andere Autoren sprechen sogar von einer normalen Walking Geschwindigkeit von bis zu 7,5 Km/h (Hellmann, 1988).

Interessanterweise wählten unsere Probanden eine mittlere Geschwindigkeit von ca. 6,9 Km/h (+/- 0,51 Km/h) welche somit ziemlich genau um 20% höher lag als die gewählte Geschwindigkeit bei der Untersuchung vom Cooper Institut. Hier kamen die Probanden auf eine mittlere Geschwindigkeit von ca. 5,75 Km/h. Anders als bei uns gingen die Frauen bei dieser Untersuchung um 0,3 Km/h schneller als die Männer. Bei uns hingegen waren die Männer im Schnitt um ca. 0,4 Km/h schneller.

Im Vergleich zu Porcari et al (1997), welche eine mittlere Geschwindigkeit von 5,9 Km/h aufweisen, und Rodgers et al. (1995), die eine Geschwindigkeit von 6,7 Km/h vorgaben, lag unsere mittlere Geschwindigkeit 15% bzw. 3% darüber. Bei Rodgers et al. (1995), wurden im Gegensatz zu Church et al. (2002) und Porcari et al. (1997) alle Probanden (ausschließlich Frauen) mit derselben Geschwindigkeit am Laufband getestet.

Während Church et al. diskutierten, dass die von Rodgers gewählte Geschwindigkeit zu hoch gelegen ist um die Technik korrekt auszuführen, schreiben Rodgers et al. selbst in ihrem Artikel lediglich, dass auf Grund der Bewegung des Laufbandes, der Stock nicht mit einem gleich starken Abdruck erfolgt sein mag wie beim Gehen auf dem Boden und dadurch insgesamt vielleicht ein geringerer Energieumsatz zustande kam.

Interessanterweise entsprechen die erhobenen Werte von Rodgers et al. jedoch mehr den Unseren als jene von Church et al. In erster Linie führen wir dies auf die ähnlich hohe Geschwindigkeit zurück.

Aufgrund der von uns aufgezeichneten und anschließend durchgeführten Videoanalyse, können wir aber ausschließen, dass es wegen der höheren Geschwindigkeit zu Problemen bei der Ausführung der Technik kam. Gleichzeitig nehmen wir jedoch an, dass bei unserer, relativ hohen Geschwindigkeit, der Energieumsatz bzw. die Anstrengung beim Walking ohne Stöcke insgesamt schon um einiges höher lag als bei vorangegangenen Untersuchungen. Dies bedeutet zwar, dass die Werte von Nordic Walking im Vergleich zu Walking insgesamt noch signifikant sind, in Relation weisen die Mittelwerte allerdings nicht mehr so große Unterschiede auf wie bei manch anderen Untersuchungen speziell aber wie bei jener von Church et al. (2002).

Ein Grund für die bedeutend höhere Geschwindigkeit mag zum einen darin liegen, dass wir ausschließlich trainierte Sportstudenten als Probanden hatten, denen die Ausführung der Technik auch bei höherer Geschwindigkeit keine Probleme bereiteten. Weiters lag das Durchschnittsalter unserer Probanden bei ca. 24,4 (+/-) siehe Tabelle 1. Das Durchschnittsalter der Probandengruppe vom Cooper Institut lag hingegen bei 30,5 Jahren, wobei die Männer im Schnitt um 6,5 Jahre älter waren als die Frauen.

Alle Studien führen den Mehranstieg an Sauerstoffaufnahme, Kalorienverbrauch und Herzfrequenz auf den Gebrauch größerer bzw. mehrerer Muskelgruppen zurück. Vor allem wird dies ausgelöst durch einen größeren Schwung der Arme und auch durch eine größere Beanspruchung der Schulter und Rückenmuskulatur (Porcari 1997) als vergleichsweise beim normalen Walking. Die Arme werden nicht mehr passiv neben dem Körper gehalten bzw. in abgewinkeltem Zustand vor und zurück geschwungen, sondern nehmen aktiv an der Bewegung, insbesondere beim Abdruck teil. Bei den meisten Nordic Walking Anfängern macht sich dies vor allem im Muskel „Trizeps Brachii“ bemerkbar.

Weiters sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass uns von Church et al. zwar diesbezüglich leider keine Angaben vorliegen, unsere Stöcke allerdings um einiges leichter waren als jene die beispielsweise bei den Untersuchungen von Porcari und Rodgers verwendet wurden. Jene von Porcari wogen sogar mit 450 Gramm / Stock sogar genau doppelt so viel wie die in unserer Untersuchung verwendeten Stöcke.

Geschlechtsspezifisch konnten wir zwar bei der Ventilation und dem Kalorienverbrauch signifikante Ergebnisse feststellen, allerdings lassen sich darüber kaum Aussagen treffen, da die Männer natürlich auch signifikant schwerer waren, und dies von beiden Parametern nicht berücksichtigt wurde.

Insgesamt hatte der Faktor Stöcke, allerdings auf alle Parameter der gesamten Probanden hin einen (mit $p < 0,0125$) signifikanten Einfluss. Der Faktor Höhe alleine hatte auf die Parameter Ventilation ($p = 0,038$), Sauerstoffaufnahme ($p = 0,022$) und Herzfrequenz ($p = 0,038$) zwar einen Einfluss, aufgrund der Bonferroni Korrektur jedoch nicht signifikant.

In der Literatur herrscht Übereinstimmung darüber, dass die Leistungsfähigkeit in der Höhe abnimmt. Da es sich um die gleiche Intensität bzw. dieselbe Geschwindigkeit beim Retest in Innsbruck handelte, können wir davon ausgehen, dass diese Höhe noch keine (als signifikant zu betrachtende) zusätzliche Beanspruchung darstellt.

Die in dieser Untersuchung festgelegte Höhe von 1600m war somit ein zu geringer Reiz für unsere Probanden um signifikante Unterschiede zur Tallage festzustellen

Eine mögliche Erklärung weshalb die Unterschiede Zwischen Höhen- und Tallage nicht besonders stark ausfielen, mag zum einen darin begründet liegen, dass eine Höhe von knapp 1700m noch keinen adäquaten Höhenreiz darstellt, um signifikante Unterschiede zu bewirken (speziell bei unserer Personenstichprobe). Des Weiteren halten sich die meisten unserer Probanden sehr oft in mittleren Höhen auf. Einige unserer Probanden waren sogar zur Testzeit bereits immer wieder auf Gletschern unterwegs, weshalb ihr Höhenanpassungsmechanismus ganz andere Unterschiede gewohnt waren, und deshalb im Rahmen unserer Studie nicht so deutliche Unterschiede zustande kamen.

Unsere Ergebnisse, die wir in Bezug auf das subjektive Belastungsempfinden erhielten, unterschieden sich nicht besonders im Vergleich zu jenen vorhergegangener Untersuchungen. Allerdings sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass das subjektive Belastungsempfinden von Sportlern eher niedriger ist als bei weniger gut trainierten, da sie öfters hohen Belastungen ausgesetzt sind.

Interessant wäre sicherlich diese Untersuchung mit einer anderen Probandengruppe durchzuführen bzw. weitere Höhenlagen zum Vergleich mit einzubeziehen. Biomechanische Untersuchungen in Bezug auf die zusätzliche Verwendung von Stöcken sind erforderlich.

Literatur

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. In: *Journal Cardiopulmonal Rehabilitation* 12: 254-260.

Anttila, Holopainen, Jokinen (1999). Polewalking and the effect of regular 12-week polewalking exercise on neck and shoulder symptoms, the mobility of the cervical and thoracic spine and aerobic capacity. Final project work for the Helsinki IV College for health care professionals.

Asmussen, Nielsen (1960). Alveolo – arterial gas exchange at rest and during work at different O₂ tensions. *Acta Physiol. Scand.* 50: 153 – 166.

Auble T. E., Schwartz L. (1991). Physiological effects of exercising with handweights. In: *Sports Medicine* 11: 244-256.

Bailey, Davies, Romer, Castell, Newsholme, Gandy (1998). Implications of moderate altitude training for sea – level endurance in elite distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 78: 360 – 368.

Bärtsch (2000). Höhenanpassung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* 51 (4) 139 – 140.

Bässler, R. (1997). Freizeit und Sport in Österreich, eine gesellschaftspolitische und marktorientierte Trendanalyse zur Entwicklung des Freizeitsports. Hamburg (Cswalina)

Berghold, Schaffert (2001). *Handbuch der Trekking- und Expeditionsmedizin.* 5. überarbeitete Auflage. München (DAV – Summit Club).

Bernett P., Zintl F. (1987). *Bergmedizin, Ernährung, Training* In: *Alpinlehrplan 7* (DAV).

Bös K., Schott N. (1997). Belastungsparameter beim Walking. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 48, 145-154.

Bös K. (1995). *Walking Informationsbroschüre.* 3. Auflage Darmstadt (Deutscher Leichtathletik-Verband)

Bös K. (1994). *Handbuch für Walking: Schnelle Schritte zu einer gesunden Lebensweise.* Aachen (Meyer & Meyer)

Borg G. (1982). The rating of perceived exertion scale. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 377-387

Boutellier U., Koller E A. (1981). Probranolol and the respiratory, circulatory, and ECG responses to high altitude. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup Physiol.* 46 (2) : 105 – 19.

Bredle, Chappler, Cain (1988). Metabolic and circulatory responses of normoxic skeletal muscle to whole – body hypoxia. *J. Appl. Physiol* 65: 2063 – 2068

Brooks, Butterfield et al. (1991). Decreased reliance on lactate during exercise after acclimatization to 4300m. *J. Appl. Physiol.* 70: 333 – 341.

Butts N., Knox K., Foley S. (1995). Energy cost of walking on a dual – action treadmill in men and women. *Medicine and Science Sports and Exercise* 27, 121 – 125.

Burtscher M., Bachmann O., Hatzl T. et al. (2000). Physiologische Belastungsreaktionen älterer Menschen beim Bergwandern. In: Schobersberger / Humpeler, Gunga, Burtscher, Flora (2000). Jahrbuch. Sport und Urlaub in mittleren Höhen. Innsbruck (Österreichische Gesellschaft für Alpin – und Höhenmedizin).

Casan, Toghiani, Giner et al. (1999) In: Schobersberger / Humpeler / Gunga / Burtscher / Flora (2000). Jahrbuch. Sport und Urlaub in mittleren Höhen. Innsbruck (Österreichische Gesellschaft für Alpin – und Höhenmedizin).

Church T. S., Earnest C. P, and Morss G. M. (2002). Field Testing of Physiological Responses Associated with Nordic Walking in: Research Quarterly for Exercise and Sport, 3, 296-300

Drexel (1981). Bioklimatologie der Höhe. In: Detjeen P., Humpeler E. (1981). Medizinische Aspekte der Höhe. Stuttgart, New York (Georg Thieme).

Evans, B.W., Potteiger, 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.

Fink B. (2000). Der Einfluss akuter Hypoxie in verschiedenen Höhenstufen auf das menschliche Herzkreislaufsystem bei Belastung. Diplomarbeit am Institut für Sportwissenschaften. Innsbruck.

Flatz M. (2002). Veränderung ventilatorischer Parameter in Ruhe und während Belastung in der Höhe. Diplomarbeit am Institut für Sportwissenschaften. Innsbruck

Freedson P.S. (1981). The influence of hemoglobin concentration on exercise cardiac output. Int. J. Sports Med. 2 (2): 81 – 6.

Gollner E., (2003). Einfach Nordic Walking. 2. Auflage, Graz (Styria Pichler Verlag)

Graves, J.E., Martin, A.D., Miltenberger, L.A., Pollock M.L. (1988). Physiological responses to walking with hand weights, and ankle weights. Medicine and Science in Sports and Exercise, 20, 265-271.

Graves J. E., Pollock M. E., Montain S. J., Jackson A. S., O'Keefe J. M. (1987). The effects of hand-held weights on the physiological responses to walking exercise. In: Medicine and Science in Sports and Exercise. 19: 260-265.

Hanna (1999). Climate, Altitude and Blood Pressure. Human Biology, 71, 4:553 – 582.

Hasibeder, Schobersberger (1990). Welche Möglichkeiten der Anpassung an hypoxische Hypoxie besitzt der menschliche Organismus? In: Jenny / Flora / Schober / Berghold (1990). Jahrbuch. Alpinmedizin heute. Flugmedizin. Alpine Flugrettung (13 – 25). Innsbruck (Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin).

Hendrickson (1993). The physiological responses to walking with and without Power Poles™ on treadmill exercise. Thesis. University of Wisconsin-La Grosse.

Hochachka (1986). Defense strategies against hypoxia and hypothermia. Science 231.: 234 – 241.

Hornbein (1991). Hypoxia and the brain. In: Crystal / West (1991). The Lung: Scientific Foundations. Raven Press, Ltd., New York: 1535 – 1541.

Humpeler, Schobersberger (2000). Das urlaubsmedizinische Forschungsprojekt AMAS 2000 (Austrian Moderate Altitude Study). In: Jahrbuch 2000. (Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin).

- Ikonian, T. (1995). *Fitness Walking*. Champaign, Illinois, USA (Human Kinetics Inc.)
- Jungmann (1971). *Bioklimatologie der Höhe*. In: In: Detjeen P. / Humpeler E. (1981). *Medizinische Aspekte der Höhe*. Stuttgart, New York (Georg Thieme).
- Karrer, Schmid et al. (1990). Respiration of patients with chronic lung diseases at 500 and 1500 meters above sea level. *Schweiz. Med. Wochenschrift* 27; 120 (43). 1584 – 9.
- Katayama K., Matuso H., Ishida K., Mori S., Miyamura M. (2003). Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency. *High Alt Med Biol.* 4 (3): 291 – 304.
- Knapp, Mühlberger (1985). Bergsteigen in mittleren Höhen aus internistischer Sicht. In: *Höhenmedizinisches Symposium 1995*. Innsbruck 1986. (90 – 105).
- Koistinen, Takala et al. (1995). Aerobic Fitness influences the response of maximal oxygen uptake and lactate threshold in acute hypobaric hypoxia. In: *International Journal of Sports Medicine.* 16; 78 – 81.
- Maassen N., Schmidt W. (1989). Osmolality and fluid shifts during exercise under acute hypoxia. Presentation on the 6th international hypoxia symposium. Lake Louise. Canada.
- Mazzeo, Bender et al. (1991). Arterial catecholamine responses during exercise with acute and chronic high altitude exposure. *Am. J. Physiol.* 261: E419 – E424.
- Mairbörl H. (2000). Höhenakklimatisation. *Dt. Zeitschrift für Sportmedizin* 51 (12) 390 – 395.
- Maud P. J., Stokes G. D., Stokes L. R. (1990). Stride frequency, perceived exertion, and oxygen cost response to walking with variations in arm swing and hand - held weight. In: *Journal Cardiopulmonal Rehabilitation* 10: 294-299.
- Mayerhuber G. (1998). *Kardiorespiratorische Reaktionen von Menschen unterschiedlichen Jahrganges bei akuter mittlerer Höhenexposition*. Diplomarbeit am Institut für Sportwissenschaften. Innsbruck.
- Miller J. F., Stamford B. A. (1987). Intensity and energy cost of weighted walking vs running form in men and women. In: *Journal of Applied Physiology* 62: 1497-1501.
- Morris J. M., Hardman A. E. (1997). Walking to health. In: *Sports Medicine* 23.
- Nishihara, Shimada, Saito (1998). Rate pressure product and oxygen saturation in tourists at approximately 3000 m above sea level. In: *International Arch. Occup. Environ. Health.* 71, 520 – 524.
- NONIN MEDICAL™ Handbuch (1998).
- Nummela A., Rusko H. (2000). Acclimatization to altitude and normoxic training improve 400-m running performance at sea level. *J. Sports Science* 18 (6): 411 – 9.
- Oxycon Mobile. (2003) *Gebrauchsanweisung*. Hochberg (VIASYS Healthcare GmbH).
- Piiper, Scheid (1981). Model for capillary – alveolar equilibration with special referenc to O₂ uptake in hypoxia. *Respir. Physiol.* 46: 193 – 208.
- Podolsky A. (1996). *Die Physiologie der akuten Hypoxie*. In: Jenny E. / Flora G. / Schober B. / Berghold F. (1996). *Jahrbuch*. Innsbruck (Österreichische Gesellschaft für Alpin – und Höhenmedizin).
- Podolsky, Eldrige et al. (1996). Exerciseinduced VA / Q inequality in subjects with prior high altitude pulmonary edema. *J. Appl. Physiol.* in print.
- Pocari 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 in: *Research Quarterly for Exercise and*

Sport, 2, 161-166.

Rahn, Otis (1949). Man's respiratory response during and after acclimatization to high altitude. *Am. J. Physiol.* 157: 445 – 462.

Reeves J. (1989). Operation Everest 2: Maximal oxygen uptake at extreme altitude. In: *Journal of Appl. Physiol.* 66; 2446 – 2453.

Richalet (1990). The heart and adrenergic system in hypoxia. In: Sutton / Coates / Remmers (1990). *Hypoxia.: The adaptations.* Decker Inc. Burlington, Ontario: 231 – 240.

Rippe J. M., Ward A., Porcari D. D., Freedson P. S. (1988). Walking for health and fitness. In: *JAMA* 259 2720-2724.

Rodgers C. D., Van Heest J. L., Schachter C. L. (1995). Energy expenditure during submaximal walking with Exerstriders in: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 607-611.

Schobersberger (1992). Gibt es eine optimale Höhe für das Höhentraining? In: Jenny / Flora: *Jahrbuch 1992 (177-193).* Innsbruck (Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin).

Schoene (1998). In: Schobersberger / Humpeler / Gunga / Butscher / Flora (2000). *Jahrbuch. Sport und Urlaub in mittleren Höhen.* Innsbruck (Österreichische Gesellschaft für Alpin – und Höhenmedizin).

Schulze E. (1990). *Flugmedizin. Luftfahrt – Handbücher.* Transpress (Ed.) Berlin.

Schumacker (1991). Systemic effects of hypoxia. In: Crystal / West (1991). *The Lung: Scientific Foundations.* Raven Press, Ltd., New York 1543 – 1551.

Schwarz M, Schwarz L, Urhausen A, Kindermann W (2002). Walking. In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* Jahrgang 53, Nr. 10

Schwarz M, Röger U, Urhausen A, Kindermann W (1998). Cardiovascular and metabolic stress of walking versus jogging during the rehabilitation in coronary patients. In: *International Journal of Sports Medicine* 19, 13.

Seals / Rowell (1992). Influence of acute hypoxemia on muscle sympathetic nerve discharge at rest and during stress in healthy humans. In: Sutton / Houston / Coates (Ed.): *Hypoxia and Molecular Medicine* Queen City Printers Inc., Burlington, Vermont: 30 – 52.

Smeral, E. (1999). Importance and Future Development of Austria's Alpine Tourism Industry. In: Fuchs, Peters, Pikkemart, Reiger (Hrsgg.). *Tourismus in den Alpen (161-170),* Innsbruck, (Studia-Universitätsverlag).

Ståhl T. Laukkanen R. (2000). A way of healthy walking - A Guidebook for Health Promotion Practice. The Finnish Rheumatism Association

Stegemann, Jürgen (1984). *Leistungsphysiologie – physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports.* 3. Auflage, Stuttgart (Thieme Verlag).

Takahashi, Irizawa, Komura (1995). Relationship among blood lactate and plasma catecholamine levels during exercise in acute hypoxia. *Applied Human Science*, 14, 1: 49 – 53.

Terrados (1992). Altitude training and muscular metabolism. *Int. J. Sports Med.* 13 Suppl. 1. 206 – 9.

Vogel, Hansen, Harris (1967). Cardiovascular responses in man during exhaustive work at sea level and high altitude. *J. Appl. Physiol.* 23: 531 – 539.

Wagner (1989). Hypobaric effects on the pulmonary circulation and high altitude pulmonary edema. In: Weir / Reeves et al. (1989). Pulmonary Vascular Physiology and Pathophysiology. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel: 173 – 198.

Wagner, Gale et al. (1986). Pulmonary gas exchange in humans exercising at sea level and simulated altitude. J. Appl. Physiol. 61: 260 – 270.

Ward, Milledge, West (1989). High Altitude Medicine and Physiology. Philadelphia. Chapman and Hall Ltd.

West (1991). In: Jenny / Flora / Schober / Berghold (1996). Jahrbuch. Alpinmedizin heute. Flugmedizin. Alpine Flugrettung. Innsbruck (Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin).

Yamamoto, Hoshikawa, Miyashita (1996). Effects of acute exposure to simulated altitude on heart rate variability during exercise. Journal of Appl. Physiol. 81, 3: 1223 – 1229.

Autoren Hinweis:

Wir bedanken uns bei Univ. Prof. DDR. Martin Bartscher für die Betreuung der Studie, der Firma Jaeger und der Firma Leki für die freundliche Unterstützung. Für den finanziellen Beistand bedanken wir uns bei der Tirol Werbung

Kontakt: Hannes Zischg @mail: office@ps-consulting.info

Georg Spazier @maill: georg.spazier@gmx.net