

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin  
Klinikum rechts der Isar

**Einfluss eines IT-basierten Trainingsprogramms auf das metabolische  
Profil und die kardiorespiratorische Fitness bei übergewichtigen,  
körperlich inaktiven Erwachsenen**

Dominik A. Kölbl

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität  
München zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Medizin  
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:		Univ.-Prof. Dr. E.-J. Rummeny
Prüfer der Dissertation:	1.	Univ.-Prof. Dr. M. Halle
	2.	apl. Prof. Dr. V. H. Schusdziarra

Die Dissertation wurde am 25.08.2011 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 01.02.2012 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>Seite 5</b>
1.1.	Bedeutung von Adipositas und körperlicher Inaktivität	5
1.2.	Das Metabolische Syndrom	7
1.3.	Ökonomische Aspekte	9
1.4.	Prävention und Behandlung	9
1.5.	Lifestyle-Interventions-Programme	10
1.6.	Bedeutung des Internets	11
1.7.	Internet-basierte Trainingsprogramme	11
<b>2.</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>14</b>
3.1.	Studiendesign	14
3.2.	Studienpopulation	14
3.2.1.	Einschlusskriterien	14
3.2.2.	Ausschlusskriterien	14
3.2.3.	Rekrutierungsverfahren	15
3.2.4.	Studienteilnehmer	15
3.3.	zeitlicher Ablauf und Rahmenprogramm	16
3.4.	Untersuchungen und Fragebögen	17
3.4.1.	Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q)	17
3.4.2.	Anthropometrie	17
3.4.3.	Blutabnahme	18
3.4.4.	Leistungstest	18
3.5.	Intervention	20
3.5.1.	Interventionsgruppe	20
3.5.1.1.	Trainingsplan	20

3.5.1.2.	Das Personal-Health-Manager-Programm	20
3.5.2.	Kontrollgruppe	22
<b>3.6.</b>	<b>Statistische Planung und Auswertung</b>	<b>23</b>
3.6.1.	Fallzahlkalkulation	23
3.6.2.	Auswertung	23
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>24</b>
<b>4.1.</b>	<b>Charakterisierung der Studienpopulation</b>	<b>24</b>
4.1.1.	Anzahl der Teilnehmer	24
4.1.2.	Metabolisches Profil der Basispopulation	25
<b>4.2.</b>	<b>Ergebnisse der metabolischen Parameter</b>	<b>27</b>
4.2.1.	Ergebnisse der Untergruppen	27
4.2.1.1.	Durchschnittswerte	27
4.2.1.2.	Vergleich der Durchschnittswerte in den Untergruppen	28
4.2.1.3.	Einzelwerte	28
4.2.2.	Ergebnisse der Gesamtpopulation	29
4.2.3.	Gesamtverbesserungen des metabolischen Profils	30
<b>4.3.</b>	<b>Ergebnisse der Leistungsparameter</b>	<b>32</b>
4.3.1.	Ergebnisse der Untergruppen	32
4.3.1.1.	Durchschnittswerte	32
4.3.1.2.	Vergleich der Durchschnittswerte in den Untergruppen	32
4.3.1.3.	Einzelwerte	33
4.3.2.	Ergebnisse der Gesamtpopulation	34
<b>4.4.</b>	<b>Nutzung der Internet-Plattform</b>	<b>35</b>
<b>4.5.</b>	<b>Einfluss des Risikoprofils auf die Ergebnisse</b>	<b>36</b>
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>37</b>
<b>5.1.</b>	<b>Diskussion der Methoden</b>	<b>37</b>
5.1.1.	Anthropometrie	37
5.1.1.1.	Messung des prozentualen Körperfettanteils	37
5.1.1.2.	Messung des Blutdrucks	38

5.1.2.	Leistungstests	38
5.1.3.	Internet-gestützte Interventionen	39
<b>5.2.</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>40</b>
5.2.1.	Anzahl der Studienteilnehmer	40
5.2.1.1.	Rekrutierung der Teilnehmer	40
5.2.1.2.	Drop-out	41
5.2.2.	Profil der Basispopulation	42
5.2.2.1.	Anteil an weiblichen Teilnehmern	42
5.2.2.2.	Metabolisches Profil	42
5.2.3.	Metabolische Parameter	43
5.2.3.1.	Ergebnisse der Untergruppen	43
5.2.3.2.	Ergebnisse der Gesamtpopulation	44
5.2.4.	Leistungsparameter	45
<b>5.3.</b>	<b>Limitationen</b>	<b>47</b>
<b>5.4.</b>	<b>Ausblick</b>	<b>48</b>
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>49</b>
<b>7.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>52</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>60</b>
<b>Anhang:</b>	Veröffentlichung	<b>61</b>

# 1. Einleitung

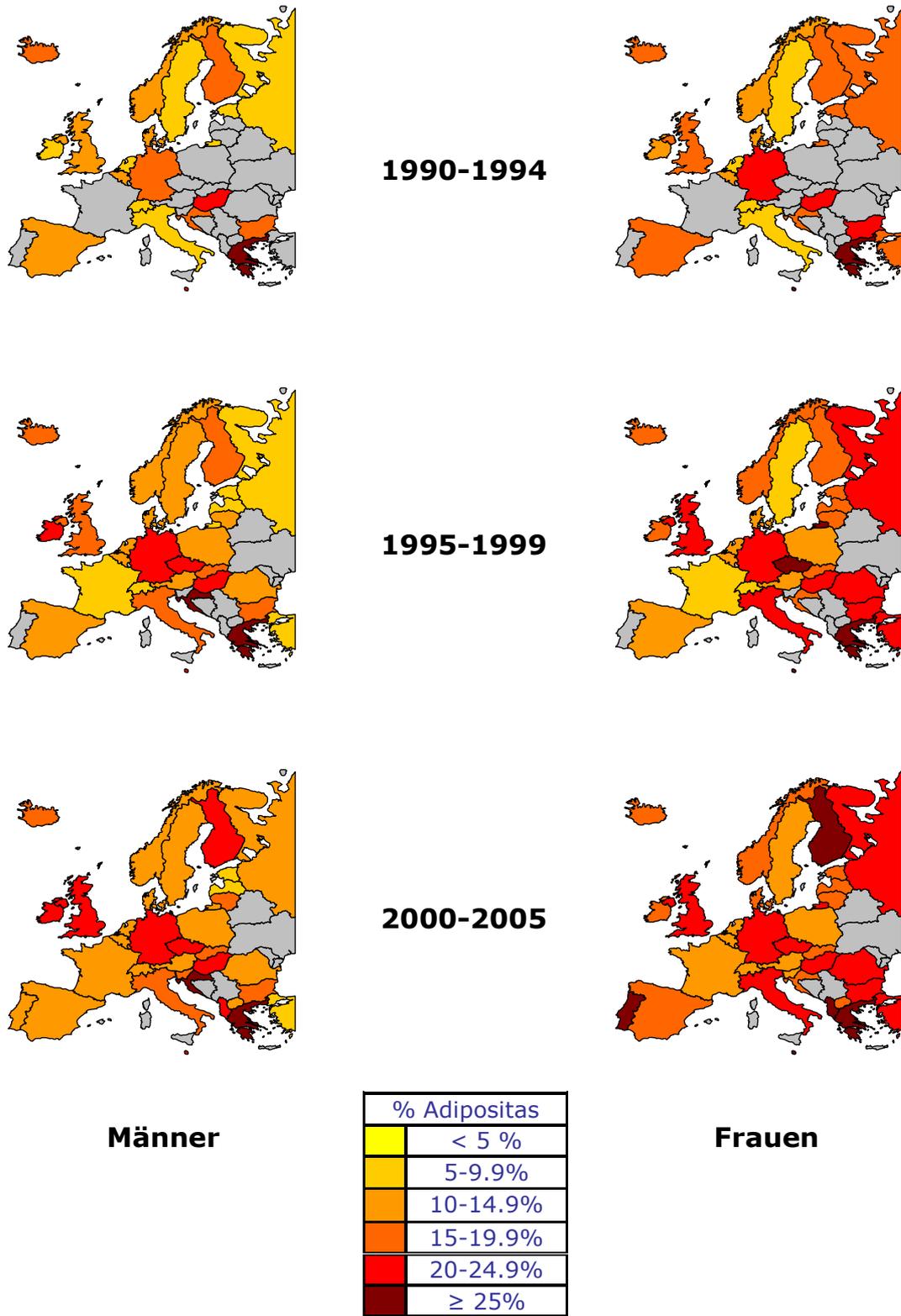
## 1.1. Bedeutung von Adipositas und körperlicher Inaktivität

Laut Schätzungen der World Health Organization (WHO) aus dem Jahre 2005 betrug die Zahl der übergewichtigen Personen über 15 Jahre weltweit erschreckende 1,6 Milliarden. Tendenz: steigend. Für das Jahr 2015 rechnet die WHO mit einem Anstieg auf mindestens 2,3 Milliarden übergewichtige Jugendliche und Erwachsene [62].

Vor allem in den westlichen Industrienationen stieg die Zahl der Übergewichtigen in den letzten Jahren und Jahrzehnten rapide, aber auch in einigen Regionen Asiens und Lateinamerikas zeigte sich ein fast epidemieartiger Anstieg [61].

Die Definition von Übergewichtigkeit und Fettleibigkeit bzw. Adipositas erfolgt dabei über den Body-Mass-Index. Zur Berechnung dividiert man das Körpergewicht in Kilogramm (kg) durch das Quadrat der Körpergröße in Metern (m). Für Werte über  $25 \text{ kg/m}^2$  spricht man von Übergewicht, Werte größer als  $30 \text{ kg/m}^2$  bezeichnen fettleibige oder adipöse Personen [22].

Basierend auf diesen Definitionen waren nach Untersuchungen des Robert-Koch-Instituts aus dem Jahre 2003 49,2% der männlichen und 34,4% der weiblichen Bevölkerung in Deutschland übergewichtig, darunter waren 17,3% der Männer und 19,7% der Frauen adipös [35]. Auch für Bayern wurden ähnliche Werte ermittelt: Laut der Bayerischen Verzehrsstudie von 2002/2003 belief sich der Anteil der Übergewichtigen bei Männern auf 45,3% und bei Frauen auf 33,2%. Darunter waren 20,9% der Männer und 19,4% der Frauen adipös [2]. Die Zahlen verdeutlichen die enorme epidemiologische Bedeutung der Problematik und zeigen, dass auch Deutschland keine Ausnahme in dieser globalen Entwicklung darstellt. Eine graphische Darstellung der Entwicklung in Europa zeigt Abbildung 1.



**Abbildung 1.** Entwicklung des Anteils adipöser Personen an der Gesamtbevölkerung in Europa von 1990-2005 (modifiziert nach: <http://www.who.org/database/documents/TrendsEuropeanadultsthroutimeMay09.pdf>)

Die Ursache dieser Entwicklung ist im Wesentlichen ein Ungleichgewicht zwischen Energieaufnahme und -verbrauch, d.h. eine zu hohe Aufnahme von zu kalorienreicher Nahrung bei zu geringer körperlicher Aktivität.

Dabei stellt vor allem das zu geringe Maß an körperlicher Bewegung ein Hauptproblem dar.

Legt man die Empfehlung der WHO von mindestens 30 Minuten moderater körperlicher Aktivität an den meisten Tagen der Woche zu Grunde, erreichten 2009 nur etwa 50% der US-Bürger diese Marke [5]. Für Bayern gilt Ähnliches: Auch hier erreichten 2003 nur 53,5% der Männer und 58,6% der Frauen den empfohlenen Wert [45]. Auf ganz Deutschland bezogen betreiben laut einer Untersuchung des Robert-Koch-Instituts aus dem Jahr 2003 sogar 37,3% der Männer und 38,4% der Frauen überhaupt keine regelmäßige sportliche Aktivität, etwa 30% der Bevölkerung erreicht lediglich einen Wert von 2 Stunden sportlicher Aktivität pro Woche [32].

Die medizinische Bedeutung von Übergewicht beschränkt sich dabei nicht nur auf eine ästhetische Problematik. Die Liste der möglichen gesundheitlichen Folgeerkrankungen ist lang: Zum einen stellt Übergewicht einen wichtigen Risikofaktor für die Entstehung von Atherosklerose dar, der zentralen Ursache vieler schwerwiegender kardiovaskulärer Erkrankungen wie Herzinfarkten und Schlaganfällen. Zum anderen besteht ein deutlich erhöhtes Risiko für die Entwicklung metabolischer Erkrankungen wie Diabetes mellitus Typ II oder Gicht. Daneben konnte u. a. eine Assoziation mit Leber- und Gallenwegserkrankungen, Osteoporose, Schlafapnoe-Syndrom und einigen malignen Tumorerkrankungen wie dem Endometrium-, Mamma- oder Kolon-Carcinom festgestellt werden. Als Hauptrisikofaktor hierfür gilt auf Grund seiner starken Stoffwechselaktivität das sogenannte Viszeral- oder Abdominalfett, das sich im Gegensatz zum normalen Unterhautfettgewebe vor allem in der freien Bauchhöhle und um die Baueingeweide herum anlagert [22].

## **1.2. Das Metabolische Syndrom**

Gleichzeitig stellen Übergewicht und körperliche Inaktivität die Hauptrisikofaktoren für einen Symptomkomplex von verschiedenen Stoffwechselstörungen dar, die häufig zusammen mit Adipositas auftreten: dem sogenannten Metabolischen Syndrom.

Gemäß der Definition der International Diabetes Federation fallen darunter folgende Störungen: Hauptkriterium ist die oben erwähnte abdominelle Adipositas, verifiziert durch

einen Bauchumfang von größer oder gleich 94 cm bei Männern und größer oder gleich 80 cm bei Frauen. Daneben müssen noch mindestens zwei der folgenden Punkte erfüllt sein: ein systolischer Blutdruck über 130 mmHg oder ein diastolischer Blutdruck über 85 mmHg, ein Serum-Triglyzerid-Wert über 150 mg/dl, ein Serum-HDL-Cholesterin-Wert kleiner als 40 mg/dl bei Männern und kleiner als 50 mg/dl bei Frauen, ein Nüchtern-Blutglukose-Wert über 100 mg/dl, ein manifester Diabetes mellitus Typ II oder eine therapeutisch-medikamentöse Behandlung einer der oben genannten Störungen [24].

Daneben existieren zahlreiche weitere Definitionen, wie z. B. vom National Cholesterol Education Program [12] oder der WHO [1], die im Wesentlichen die identischen Kriterien verwenden, sich aber in der Festlegung der einzelnen Grenzwerte unterscheiden. Diese Arbeit verwendet die obige Definition der International Diabetes Federation als Grundlage, da die Grenzwerte für die meisten Parameter niedriger liegen als bei den anderen genannten Definitionen. Somit fällt eine größere Anzahl von Personen zu einem früheren Zeitpunkt in die Risikogruppe, was am ehesten dem primärpräventiven Gedanken dieser Arbeit entspricht. Abhängig von der verwendeten Definition wird die Prävalenz des Metabolischen Syndroms auf bis zu 25% der deutschen Allgemeinbevölkerung geschätzt [40] und erreicht damit ähnliche Werte wie in den USA [14].

Seine enorme Bedeutung erlangt das Metabolische Syndrom nicht nur durch seine hohe Prävalenz, sondern vor allem durch seine Funktion als Indikator und Prädiktor eines erhöhten Risikos für die oben beschriebenen metabolischen und kardiovaskulären Folgeerkrankungen. Zudem wiesen Patienten mit Metabolischem Syndrom nach einem akuten kardiovaskulären Ereignis eine höhere Mortalität auf als Patienten ohne diese Risikofaktoren [44].

Unter der Berücksichtigung, dass kardiovaskuläre Erkrankungen die bei weitem häufigste Todesursache weltweit darstellen – in der Bundesrepublik Deutschland belief sich der Anteil der durch kardiovaskuläre Erkrankungen bedingten Todesfälle im Jahr 2006 auf 51,6% aller Todesfälle [48] – zeigt sich auch hier die erhebliche epidemiologische und gesellschaftliche Bedeutung dieses Symptomkomplexes.

### **1.3. Ökonomische Aspekte**

Aus den oben genannten Punkten ergibt sich, dass neben epidemiologischen und gesellschaftlichen auch ökonomische Aspekte eine bedeutende Rolle spielen. So stellen die einzelnen Faktoren des Metabolischen Syndroms und vor allem ihre Folgeerkrankungen eine erhebliche Belastung für das Gesundheitssystem dar.

Im Jahr 2006 beliefen sich die durch Herz-Kreislaufkrankungen entstandenen Kosten auf 35,2 Milliarden Euro und stellten mit einem Anteil von ungefähr einem Sechstel der Gesamtausgaben den größten Einzelposten dar. Addiert man zusätzlich die durch endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten verursachten Ausgaben von 12,6 Milliarden Euro, so ergeben sich insgesamt fast 50 Milliarden Euro. Damit betrug der Anteil der durch die Komponenten des Metabolischen Syndroms und dessen Folgeerscheinungen angefallenen Kosten etwa ein Fünftel der Gesamtausgaben im Gesundheitssystem [49].

Auf betrieblicher Ebene entstehen neben den direkten auch erhebliche, durch krankheitsbedingten Produktionsausfall verursachte, indirekte Kosten. Nach einer Untersuchung der AOK waren 2007 6,9% der Arbeitsunfähigkeitstage durch Krankheiten des Kreislaufsystems bedingt, 3,8% entfielen auf endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselerkrankungen. Zusammen ergibt sich damit ein Anteil von über 10% an der Gesamtzahl der Arbeitsunfähigkeitstage. Bei den Arbeitsunfähigkeitsfällen ergaben sich ähnliche Zahlen: Der Anteil der durch Krankheiten des Kreislaufsystems verursachten Arbeitsunfähigkeitsfälle belief sich auf 4,4%, der durch endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselerkrankungen bedingte Anteil auf 2,0% [60].

### **1.4. Prävention und Behandlung**

Diese Tatsachen machen die dringende Notwendigkeit von Prävention und Behandlung des Metabolischen Syndroms deutlich.

Sowohl für die Behandlung als auch für die Prävention steht an erster Stelle die Änderung von Lebensstilfaktoren. Zentrale Ansatzpunkte sind dabei Gewichtsreduktion im Verbund mit diätetischen Maßnahmen und Steigerung der körperlichen Aktivität. Insbesondere die Reduktion des Körpergewichts ist von primärer Bedeutung für das Management des Metabolischen Syndroms. Studien konnten zeigen, dass sogar ein moderater Gewichtsverlust von 5-10% des Ausgangsgewichts mit einer signifikanten Verbesserung einiger Komponenten

des Metabolischen Syndroms, wie dem Lipid- und Blutzuckerprofil oder dem Blutdruck, verbunden war [16, 21].

Auch für die Steigerung der körperlichen Aktivität konnten positive Wirkungen auf einige Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms nachgewiesen werden [29, 59].

Wie effektiv Präventionsmaßnahmen mit den genannten Mitteln sein können, zeigten Studien, die diätetische Empfehlungen und Beratung zur Steigerung der körperlichen Aktivität kombinierten, und so das Risiko, einen manifesten Diabetes mellitus zu entwickeln, um fast 60% gegenüber einer Kontrollgruppe senken konnten [52]. Diese Ergebnisse untermauern, dass durch Änderung von Lebensstilfaktoren sowohl eine Verbesserung der einzelnen Komponenten des Metabolischen Syndroms als auch eine Verminderung des Risikos für kardiovaskuläre und metabolische Folgeerkrankungen möglich ist.

In zweiter Linie steht die medikamentöse Behandlung einzelner Parameter, die häufig bei fehlender Compliance oder unzureichender Verbesserung der Risikofaktoren nötig wird. So konnte für zahlreiche Medikamentenklassen, wie Statine, Fibrate oder Diuretika, positive Effekte aufgezeigt werden [7].

## **1.5. Lifestyle-Interventions-Programme**

Die Bandbreite an Programmen zur Änderung von Lebensstilfaktoren ist groß. Sie reicht von Programmen zum Verlust von Körpergewicht und Körperfett über bestimmte Arten von Diäten, Raucherentwöhnung und Stressreduktion bis zu Programmen zur Steigerung der körperlichen Aktivität und kardiorespiratorischen Fitness. In vielen aufwendigen Studien, wie der Finnish Diabetes Prevention Study [52] oder dem Diabetes Prevention Research Program [27], findet sich häufig eine Kombination aus mehreren Faktoren.

Eine zentrale Rolle nehmen dabei Programme zur Steigerung der körperlichen Aktivität ein. Die angewendeten Methoden, um dieses Ziel zu erreichen, sind vielfältig: Sie erstrecken sich über eine einfache Beratung zu sportlicher Betätigung, dem Einsatz von Pedometern [34] und speziellen Fragebögen zur Evaluation der erbrachten Leistung bis zum Einsatz von komplexen Trainingsprogrammen [11, 31].

Für die meisten Studien konnten positive Effekte auf die körperliche Fitness und/oder das metabolische und kardiovaskuläre Risikoprofil nachgewiesen werden. Oftmals haben diese Programme aber einen bedeutenden Nachteil: Voraussetzung für einen optimalen Erfolg ist eine funktionierende Infrastruktur mit qualifiziertem Personal zur Schulung und Betreuung

der Patienten und entsprechenden lokalen Trainingsmöglichkeiten. Somit entsteht ein enormer zeitlicher und monetärer Aufwand. In der Folge ist ein Einsatz für eine größere Zahl an Personen oder über einen längeren Zeitraum, vor allem in der Primärprävention, oft nicht möglich.

Dies wird auch auf Betriebsebene deutlich. Während für leitende Führungskräfte oftmals spezielle Seminare oder Programme zur Gesundheitsförderung angeboten werden, ist die Erweiterung dieses Angebots auf den Durchschnittsarbeiter aus organisatorischen und Kostengründen meist nicht durchführbar.

## **1.6. Bedeutung des Internets**

In den letzten Jahren konnte man in fast allen Ländern weltweit einen rapiden Anstieg des Anteils an Menschen mit Internetzugang beobachten. In den Industrienationen liegt der Anteil mittlerweile meist über 50%. Auch für die Bundesrepublik Deutschland lässt sich dieser Trend bestätigen: Mit etwa 65 Millionen Menschen verfügten im Juli 2010 79% der Gesamtbevölkerung über einen Zugang zum Internet. Auch hier gilt: Tendenz steigend [25].

Durch den wachsenden Anteil an älteren Menschen, Frauen und Personen mit niedrigerem Bildungsstand wird die Gruppe der Internet-Nutzer auch zunehmend repräsentativ für alle Bevölkerungsschichten [40, 41].

In zunehmendem Maße etabliert sich das Internet auch als Quelle für Gesundheitsinformationen. Eine Studie aus dem Jahr 2003 ergab, dass 80% der amerikanischen Bevölkerung ein- oder mehrmals nach mindestens einem von 16 Hauptthemen, die die Gesundheit betreffen, online gesucht hatten [42].

## **1.7. Internet-basierte Trainingsprogramme**

Dementsprechend wird das Internet in zunehmendem Maße als neues Medium für Lifestyle-Interventions-Programme benutzt. Auch hier ist die Bandbreite groß. Für fast alle oben genannten Maßnahmen gibt es Internet-unterstützte Programme.

Das Internet birgt dabei großes Potential: Durch die steigende Zahl der Internet-Nutzer kann eine große Anzahl an Personen erreicht werden, die Nutzung ist zeit- und kosteneffizient [33, 43], die Informationen sind 24 Stunden pro Tag verfügbar und das Internet kann sowohl als

Informationsquelle als auch zum Monitoring verwendet werden. Damit könnte der organisatorische, infrastrukturelle und monetäre Aufwand deutlich reduziert werden und so Interventionsprogramme auf eine größere Anzahl und einen längeren Zeitraum erweitert werden.

Dies gilt auch für Programme zur Gewichtsreduktion und Steigerung der körperlichen Aktivität. Trotz steigender Anzahl an Studien in diesem Gebiet gibt es bisher wenig qualifizierte Auswertungen zu Nutzen und Effektivität. Diese zeigen aber ermutigende Ergebnisse: Oftmals zeigen sich signifikante Verbesserungen in den untersuchten Parametern [54, 55] und vergleichbar gute Ergebnisse wie bei Programmen mit konventionellen Methoden [57].

## **2. Zielsetzung**

Zielsetzung der vorliegenden Studie war die Evaluation des Einflusses eines IT-gestützten, individuell angepassten Trainingsprogramms im Vergleich zu generellen Anweisungen zu mehr körperlicher Aktivität auf das metabolische Profil und die kardiorespiratorische Fitness bei übergewichtigen, körperlich inaktiven Arbeitnehmern einer großen deutschen Automobilfirma.

Dabei lag der Fokus dieser Arbeit auf den Veränderungen der metabolischen Parameter, insbesondere den Risikofaktoren des Symptomkomplexes des Metabolischen Syndroms.

Als primäres Studienziel wurde ein möglicher Unterschied der Effektivität zwischen einem detaillierten, individuellen Trainingsplan und generellen Empfehlungen zu körperlicher Aktivität untersucht, sekundär wurden auch Ergebnisse der gesamten Studienpopulation erhoben und analysiert, um einen Eindruck über den insgesamten Effekt des Studienprogramms zu gewinnen.

## **3. Material und Methoden**

### **3.1. Studiendesign**

Die Studie wurde als prospektive, randomisierte, kontrollierte, monozentrische, einfach verblindete Interventionsstudie konzipiert und durchgeführt.

### **3.2. Studienpopulation**

#### 3.2.1. Einschlusskriterien

Als Einschlusskriterien zur Aufnahme in die Studie wurden folgende Punkte festgelegt:

- Männer und Frauen zwischen 20 und 60 Jahren
- Mitarbeiter der Firma BMW
- Vorliegende schriftliche Einwilligung nach vorheriger ausführlicher Aufklärung
- Nachgewiesene Sporttauglichkeit (siehe 3.4.1.)
- Body-Mass-Index 25-35 kg/m<sup>2</sup>
- ≤ 1x / Woche Sport bzw. Bewegung nach Selbstauskunft
- Vorliegen von mindestens 2 der 5 Kriterien des Metabolischen Syndroms

#### 3.2.2. Ausschlusskriterien

Analog führten folgende Kriterien zum Ausschluss aus der Studienpopulation:

- > 1x / Woche körperliche Aktivität
- BMI < 25 kg/m<sup>2</sup> oder > 35 kg/m<sup>2</sup> (relatives Ausschlusskriterium)
- Floride akute oder chronische Erkrankungen jeglicher Art, die körperliche Belastungen bis zur Ausbelastung ausschließen oder durch sie verschlechtert werden können
- Manifester Diabetes mellitus

- Schwangerschaft oder Stillzeit
- Drogen- oder Alkoholabusus
- Geschäftsunfähiger Patient, der nicht in der Lage ist, Wesen, Bedeutung und Tragweite der Studie zu verstehen

### 3.2.3. Rekrutierungsverfahren

Die in Frage kommenden Teilnehmer wurden vom Gesundheitsdienst der Firma BMW an Hand vorhergehender Untersuchungen zu Lebensstilfaktoren, sportlicher Aktivität und metabolischem Profil aus dem Frühjahr 2007 identifiziert. Die Selektion erfolgte auf der Basis der oben genannten Ein- und Ausschlusskriterien. Anschließend wurden die ermittelten Personen via Hauspost oder/und E-Mail persönlich kontaktiert und aufgefordert, sich bei Interesse auf der Internet-Plattform zu registrieren. Vor der endgültigen Aufnahme in die Studienpopulation mussten die Teilnehmer nach ausführlicher Information und Aufklärung über das Programm ihr schriftliches Einverständnis erklären. Zudem wurden nur Personen zugelassen, bei denen mittels des Physical Activity Readiness Questionnaire [6, 46] bzw. einer Sportunbedenklichkeitsbescheinigung durch den Haus- oder Betriebsarzt gesundheitliche Risiken in Bezug auf die Aufnahme einer regelmäßigen körperlichen Aktivität ausgeschlossen werden konnten.

### 3.2.4. Studienteilnehmer

Von den zu Beginn der Rekrutierung 1380 kontaktierten Personen wurden die ersten 140 registrierten Personen als potentielle Teilnehmer zugelassen. Nach den ersten 140 Anmeldungen wurde das Portal geschlossen, da aus technischen, logistischen und personellen Gründen für eine größere Teilnehmerzahl keine adäquate Betreuung bzw. Durchführung der Studie gewährleistet werden konnte. Diese 140 Teilnehmer wurden anschließend im Verhältnis Trainingsgruppe : Kontrollgruppe = 3:2 in die beiden Untergruppen randomisiert.

### 3.3. Zeitlicher Ablauf und Rahmenprogramm

Nach Abschluss der Rekrutierung wurden die ausgewählten Teilnehmer in Visit 1 zunächst zu einer ca. 90-minütigen Einführungs- und Schulungsveranstaltung eingeladen. Dort wurden die Teilnehmer getrennt nach Interventions- und Kontrollgruppe über die Komponenten, Folgen und Präventionsmöglichkeiten des Metabolischen Syndroms aufgeklärt und mit Inhalt und Ablauf des Programms sowie der Benutzung der Software vertraut gemacht.

Als nächster Schritt erfolgten Mitte April 2008 in Visit 2 die Erfassung der anthropometrischen Daten und die Blutabnahme, in Visit 3 die Leistungstests und die Ausgabe der Pulsuhren zur Trainingssteuerung.

Nach Abschluss der ersten Untersuchungsreihe startete Ende April 2008 die 12-wöchige Interventionsphase.

Die Teilnehmer der Interventionsgruppe erhielten Anfang Juni 2008 ein telefonisches Zwischengespräch, bei dem die bisherige Zufriedenheit mit dem Programm festgestellt wurde und auf evtl. aufgetretene Fragen und Probleme eingegangen werden konnte.

Analog zu Visit 2 und 3 wurden nach dem Ende der Interventionsphase Anfang August 2008 in Visit 4 und 5 die oben genannten Untersuchungen ein zweites Mal durchgeführt.

Zum Abschluss der Studie wurden ca. 60-minütige Abschlussveranstaltungen abgehalten, in denen einige Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt und den Teilnehmern die Möglichkeit zur Diskussion mit den Leitern der Studie gegeben wurde.

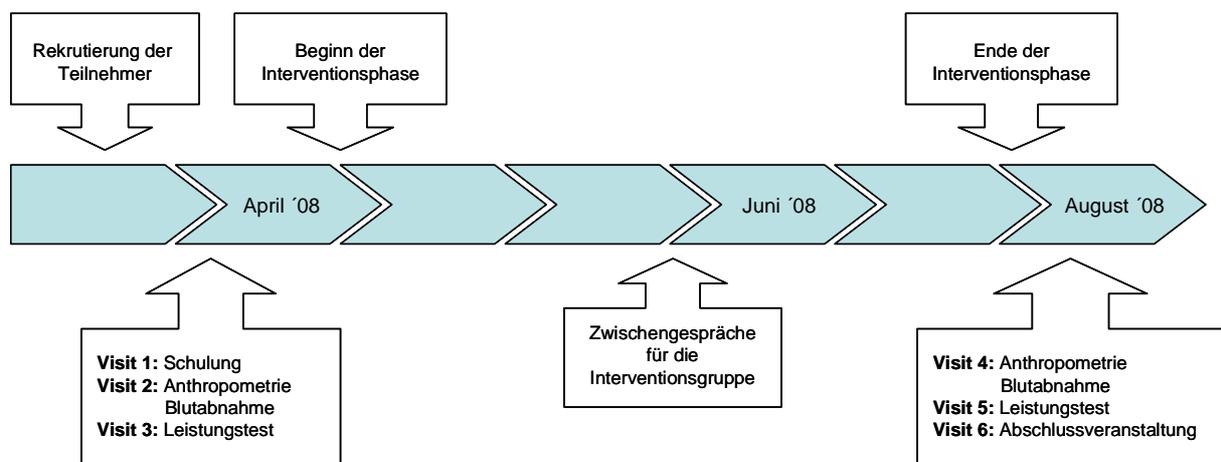


Abbildung 2. zeitlicher Ablauf des Studienprogramms

### **3.4. Untersuchungen und Fragebögen**

#### 3.4.1. Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q)

Zur Erfassung gesundheitlicher Risiken vor Aufnahme einer regelmäßigen körperlichen Aktivität wurde der validierte PAR-Q-Fragebogen [6, 46] herangezogen. Anhand von sieben Fragen zu Vorerkrankungen oder Symptomen sollten dabei typische Risiken für körperliche Belastung aufgedeckt werden. Wurde mindestens eine Frage mit „ja“ beantwortet, war vor Aufnahme des Trainings die Einholung einer Sportunbedenklichkeitsbescheinigung über den Haus- oder Betriebsarzt erforderlich.

#### 3.4.2. Anthropometrie

Die Erhebung der anthropometrischen Daten Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index, prozentualer Körperfettanteil, Bauchumfang, Hüftumfang und waist-to-hip-ratio sowie die Messung des systolischen und diastolischen Blutdrucks erfolgte sowohl vor dem Beginn (Visit 2) als auch nach Beendigung der Interventionsphase (Visit 4) in identischer Art und Weise.

Die Messungen wurden zum selben Termin entweder unmittelbar vor oder nach der Blutabnahme durchgeführt.

Alle Parameter wurden am nüchternen und bis auf die Unterwäsche entkleideten Teilnehmer erhoben.

Die Körpergröße wurde mittels eines senkrecht zum Boden an der Wand angebrachten Maßbandes bestimmt. Dabei sollte der unbeschuhte Teilnehmer in aufrechter Haltung und horizontal gerichtetem Blick mit dem Rücken zum Maßstab stehen und dieses mit dem Hinterkopf berühren. Gemessen wurde der höchste Punkt des Kopfes bei plattgedrückten Haaren.

Körpergewicht und prozentualer Körperfettanteil wurden mit Hilfe einer kombinierten Körpergewichts- und Körperfettwaage des Typs Omron BF500 (Omron, Kyoto, Japan) am barfüßigen Teilnehmer auf 0,1 kg bzw. 0,1% genau ermittelt.

Nach der Messung wurde der Body-Mass-Index (BMI) gemäß der Formel Körpergewicht in Kilogramm (kg) dividiert durch das Quadrat der Körpergröße in Meter (m) berechnet.

Die Bestimmung des Bauch- und Hüftumfangs erfolgte mit einem handelsüblichen flexiblen Maßband am mit freiem Oberkörper stehenden Teilnehmer. Dabei wurde für den Bauchumfang an der Stelle mit dem größten Umfang zwischen unterster Rippe und Spina iliaca anterior superior, für den Hüftumfang an der Stelle mit dem größten Umfang zwischen Darmbeinkamm und Genitale auf 0,5 cm genau gemessen.

Anschließend wurde die waist-to-hip-ratio mit Hilfe der Formel  $\text{Bauchumfang} / \text{Hüftumfang}$  ermittelt.

Die Messung des systolischen und diastolischen Blutdrucks wurde am sitzenden Teilnehmer nach einer mindestens fünfminütigen Ruhephase durchgeführt. Zur indirekten, automatischen Bestimmung wurden Omron M9 Premium-Blutdruckmessgeräte (Omron, Kyoto, Japan) verwendet. Die Messung erfolgte dabei mit Hilfe einer auf Herzhöhe des rechten Oberarms befestigten Manschette.

#### 3.4.3. Blutabnahme

Die venöse Blutabnahme wurde am nach mindestens achtstündiger Nahrungskarenz nüchternen Teilnehmer nach kurzer Venostase und Desinfektion der Punktionsstelle über die Punktion einer Vene in der Ellenbeuge durchgeführt. Verwendet wurden Dahlhausen Scalp Vein 21G-Punktionssets (Dahlhausen, Köln, Germany) und 2,7 ml EDTA-Monovetten zur Bestimmung des HbA1c-Wertes sowie 7,5 ml Serum-Monovetten für die übrigen Laborparameter. Nach adäquater Lagerung und Transport erfolgte die laborchemische Analyse am Institut für Klinische Chemie der TU München im Klinikum Rechts der Isar nach den üblichen Methoden gemäß dem Leistungsverzeichnis des Instituts. Bestimmt wurden die Werte für Gesamt-, LDL- und HDL-Cholesterin, sowie Triglyzerid-, Glukose- und HbA1c-Werte.

Abnahme und Analyse wurden sowohl vor Beginn (Visit 2) als auch nach Beendigung der Interventionsphase (Visit 4) nach identischem Schema durchgeführt.

#### 3.4.4. Leistungstest

Die Leistungstests (Visit 3 und 5) wurden in Form einer Spiroergometrie auf einem Fahrradergometer durchgeführt.

Die Durchführung erfolgte in den Räumlichkeiten des BMW-eigenen „Backup-Centers“ mit Hilfe von Technogym-Fahrradergometern (Technogym, Egelsbach, Deutschland) und Cortex-„Metalizer“-Spirometriegeräten (Cortex, Leipzig, Deutschland). Das Gerät beinhaltet Sensoren für Sauerstoff und CO<sub>2</sub> zur Messung der Atemgase und eine Flussturbine im Mundstück der Atemmaske zur Messung des Luftflusses der geatmeten Luft. Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe der implementierten Software der Spirometriegeräte sowie dem „Metasoft“-Ergonizer-Programm (Röcker K., Freiburg, Germany) ausgewertet. Vor Beginn der ersten Messung erfolgte eine Kalibration des Gerätes mittels eines 1-Liter-Kalibrationskolbens sowie die Eingabe des aktuellen Luftdrucks.

Vor Beginn der Belastung wurden Sattel- und Lenkerposition des Fahrradergometers an den Teilnehmer angepasst, passende Masken für die Spirometrie ausgewählt und dicht über Mund und Nase angebracht sowie Pulsgurte der POLAR FS 2c- Pulsuhr (Polar, Finnland) zur Überwachung der Herzfrequenz auf Herzhöhe angelegt. Als optimale Trittfrequenz wurde den Teilnehmern der Bereich von 60 bis 80 Umdrehungen pro Minute vorgegeben.

Die Belastung folgte einem stufenförmig ansteigenden Protokoll: Begonnen wurde bei einer Leistung von 50 Watt, alle drei Minuten erfolgte eine Steigerung um 25 Watt. Als Endpunkt wurde die subjektive kardiopulmonale und/oder muskuläre Ausbelastung festgelegt.

Während der Belastung erfolgte eine kontinuierliche Kontrolle von Sauerstoffaufnahme, CO<sub>2</sub>-Abgabe, Atemfrequenz, Atemminutenvolumen, Herzfrequenz und Leistung.

Die individuelle anaerobe Schwelle wurde mittels der Methode nach Dickhuth bestimmt [10]. Mit Hilfe des Ergonizer-Programms wurde die maximale Leistung ( $P_{\max}$ , in Watt), die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ( $P_{IAS}$ , in Watt), die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2\max}$ , in l), die maximale Herzfrequenz ( $HF_{\max}$ ) und die Herzfrequenzen am Ende jeder absolvierten Belastungsstufe ermittelt. Für die maximale Leistung, die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle und die maximale Sauerstoffaufnahme wurden zusätzlich die Werte pro kg Körpergewicht berechnet.

## **3.5. Intervention**

### 3.5.1. Interventionsgruppe

#### 3.5.1.1. Trainingsplan

Nach Beendigung der ersten Untersuchungsreihe wurde mit Hilfe der Software des Personal-Health-Manager-Programms für jeden Teilnehmer der Interventionsgruppe ein individueller Trainingsplan erstellt.

Der Plan bestand im Mittel aus 2-3 Ausdauer- und 1-2 Kraftereinheiten pro Woche. Die Steuerung der Intensität erfolgte dabei über einen vorgegebenen Herzfrequenzbereich, der über die im Belastungstest ermittelte maximale Herzfrequenz und den Ruhepuls mit Hilfe der Karvonen-Formel [26] ermittelt wurde. Zur optimalen Kontrolle wurde dafür an jeden Teilnehmer eine Pulsuhr des Typs POLAR FS 2c (Polar, Finnland) ausgegeben. Ziel war das Erreichen eines gesundheitswirksamen Mindestmaßes an Aktivität von bis zu 1500 MET\*min pro Woche.

Für die Ausdauereinheiten wurden die Formen Laufen, Walken, Radfahren, Rudern, Crosstrainer oder Stepper angeboten, die Kraftereinheiten konnten mit oder ohne Geräte absolviert werden. Jeder Teilnehmer hatte die Möglichkeit, für den Zeitraum der Intervention das Angebot des BMW-eigenen Backup-Fitnesscenters zum Training zu nutzen.

In Mesozyklen von 2-4 Wochen erfolgte eine zunehmende Steigerung bzw. Anpassung von Trainingsintensität und –dauer. Um in den nächsten Mesozyklus vorzurücken, musste vom Teilnehmer mindestens 75% der vorgegebenen Trainingseinheiten absolviert worden sein, ansonsten wurde der Mesozyklus wiederholt. Ausgefallene oder verschobene Einheiten konnten dabei bis zu einem bestimmten Zeitpunkt nachgeholt werden. Fehlende MET-Zahlen konnten außerdem durch Zusatzaktivitäten ausgeglichen werden.

#### 3.5.1.2. Das Personal-Health-Manager-Programm

Die Trainingssteuerung und –überwachung erfolgte über die Internetplattform des Personal-Health-Manager-Programms, einem von der Fakultät für Informatik der TU München entwickelten System zur Verknüpfung von persönlichen Betreuungskomponenten mit IT-gestützten und automatisierten Leistungen im Gesundheitsmanagement.

Das Programm konnte von den Teilnehmern über die Website *www.personalhealthmanager.de* orts- und zeitunabhängig per Computer oder PDA aufgerufen werden. Nach Eingabe von Benutzername und Kennwort konnte jeder Teilnehmer der Interventionsgruppe in seinem privaten Bereich seinen persönlichen Trainingsplan einsehen. Über die Kalenderansicht der jeweiligen Trainingswoche konnten die Teilnehmer die vorgegebenen Einheiten abrufen und dokumentieren. Für die Absolvierung der Einheiten enthielt das Programm genaue Anweisungen zu Art, Umfang, Intensität und Technik der Übung in Text- und Bildform. Die Dokumentation absolvierter Einheiten enthielt den Zeitpunkt und die Art der Durchführung, die Zufriedenheit mit der Übung, das Belastungsempfinden und die erreichten Herzfrequenzen während der Einheit.

Zur Adaptation der Belastungsintensität war außerdem eine regelmäßige Eingabe des aktuellen Ruhepulses notwendig.

Bei Fragen oder Problemen mit dem Programm konnten die Teilnehmer über die Internet-Plattform via E-Mail Kontakt zu den Betreuern und Ärzten aufnehmen.

Für die Betreuer war über das Programm jederzeit die Überwachung des Trainingsfortschritts der einzelnen Teilnehmer möglich. Neben dem Zugang zu den Trainingsplänen eines jeden Teilnehmers konnten sich die Betreuer über ein Ampelsystem einen Überblick über den Trainingsstatus der Teilnehmer verschaffen und ggf. über das Programm Kontakt zu den Teilnehmern aufnehmen. Über das Portal eingegangene Anfragen wurden in der Regel innerhalb von maximal 24 Stunden beantwortet.

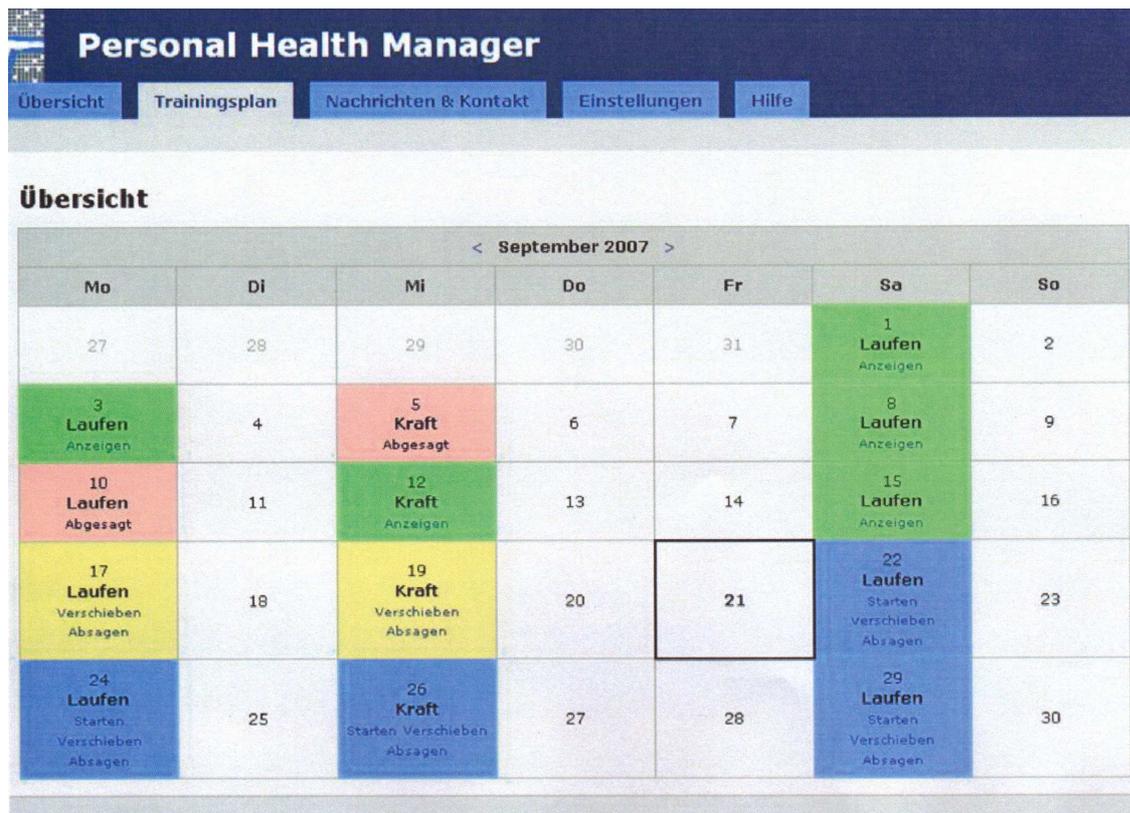


Abbildung 3. Ansicht aus der Internet-Plattform des Personal Health Manager-Programms: Beispiel einer Monatsübersicht des Trainingsplans

### 3.5.2. Kontrollgruppe

Die Teilnehmer der Kontrollgruppe erhielten nach einer Beratung zum gesundheitlichen Nutzen und sinnvollem Aufbau von körperlicher Aktivität und gesundem Lebensstil ebenfalls Zugang zum Internetportal des Personal-Health-Managers. Mit Hilfe des Programms war eine Dokumentation von selbständig durchgeführten Aktivitäten möglich, es wurde aber ausdrücklich kein Trainingsplan erstellt oder ausgegeben.

## **3.6. Statistische Planung und Auswertung**

### 3.6.1. Fallzahlkalkulation

Die Fallzahlkalkulation basierte auf Annahmen für die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle, da diese als primäre Zielvariable der übergeordneten Untersuchung festgelegt worden war. Die Planung erfolgte bei einer angenommenen Standardabweichung von 0,25 W/kg mit einer Power von 80% zur Detektion einer Differenz von mindestens 0,15 W/kg bei einem verwendeten Signifikanzniveau von  $\alpha=5\%$ . Auf Grund der relativ hohen Drop-out-Raten in vergleichbaren Studien [47, 56] wurde die errechnete Teilnehmerzahl um 40% auf 140 erhöht.

Die im Verhältnis 3:2 durchgeführte Randomisierung erfolgte, um eine möglichst hohe Validität der Ergebnisse in der Trainingsgruppe zu erreichen.

### 3.6.2. Auswertung

Mittels deskriptiver Statistik wurden Mittelwerte, Standardabweichungen, Varianz, Minima, Maxima und Häufigkeiten untersucht. Normalverteilungen wurden mittels Kolmogorov-Smirnov-Test ermittelt. Bei Normalverteilung wurde der T-Test, bei nicht-normalverteilten Variablen der Wilcoxon-Test verwendet. Einfache Korrelationen zwischen zwei metrischen Variablen wurden nach Pearson untersucht, multivariate Zusammenhänge zwischen abhängigen und unabhängigen metrischen Variablen mittels Regressionsanalyse. Zusammenhänge zwischen kategoriellen Variablen wurden mittels Chi-Quadrat-Test untersucht.

Für die statistische Auswertung wurde das Programm SPSS Version 16.0 für Windows verwendet (SPSS Inc., Chicago; IL, USA).

## **4. Ergebnisse**

### **4.1. Charakterisierung der Studienpopulation**

#### 4.1.1. Anzahl der Teilnehmer

Um die gewünschte Anzahl von 140 Teilnehmern zu erreichen, wurden 1380 Personen kontaktiert. Dies entspricht einer Anmeldequote von 9,9%.

Von den 140 zur Registrierung zugelassenen Teilnehmern begannen 89 Teilnehmer mit dem Studienprogramm. Diese wurden in der Auswertung als Basispopulation betrachtet. Insgesamt 28 Teilnehmer (20%) erschienen aus unbekanntem oder zeitlichen Gründen nicht zu den Untersuchungen, 7 Teilnehmer (5%) konnten aus medizinischen Gründen nicht am Programm teilnehmen und 16 Teilnehmer (11%) mussten aus der Studienpopulation ausgeschlossen werden, da sie nach den Ergebnissen der Eingangsuntersuchungen die Einschlusskriterien nicht mehr erfüllten.

Von den 89 Teilnehmern der Basispopulation gingen die Ergebnisse von insgesamt 67 Teilnehmern in die abschließende Analyse ein. Im Folgenden wird diese Gruppe als Gesamtpopulation bezeichnet.

15 Teilnehmer (17%) brachen die Teilnahme an der Studie im eigentlichen Sinne ab, von 7 Teilnehmern (8%) konnten bei der Abschlussuntersuchung keine Daten erhoben werden, da sich die Teilnehmer zum Zeitpunkt der Untersuchungen entweder im Urlaub befanden oder krank waren (Abbildung 4).

Damit schieden von den ursprünglich 140 Teilnehmern 73 Teilnehmer (52%) aus der Auswertung der Studie aus, davon 41 Teilnehmer (49%) aus der Trainings- und 32 Teilnehmer (57%) aus der Kontrollgruppe. Ausgehend von der Basispopulation von 89 Teilnehmern, die das eigentliche Studienprogramm begannen, ergab sich eine Drop-out-Rate von 22 Teilnehmern oder 24,7%.

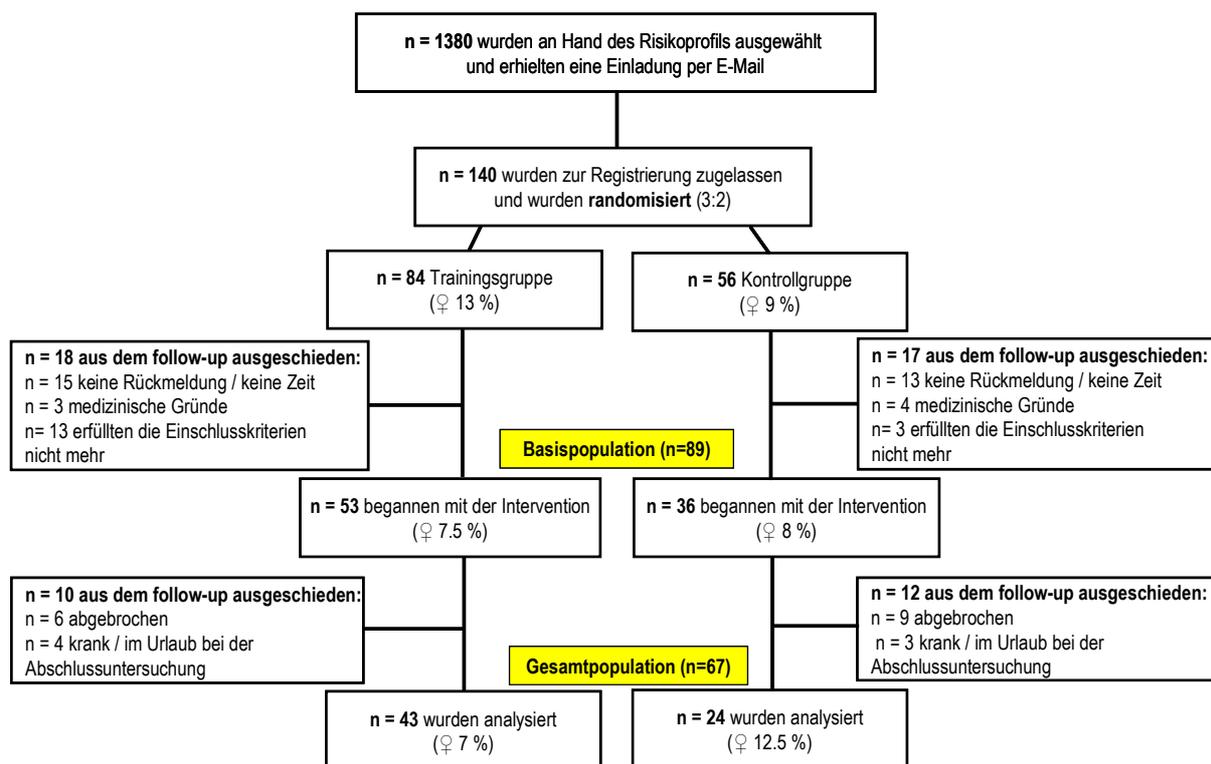


Abbildung 4. Entwicklung der Teilnehmerzahl

#### 4.1.2. Metabolisches Profil der Basispopulation

Die Ausgangswerte der einzelnen Parameter in der Basispopulation und den jeweiligen Untergruppen sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

<b>Tabelle 1.</b> Eigenschaften der Basispopulation vor Studienbeginn (n = 89)	
Frauen, Anzahl (%)	7 (8)
Alter, Median (Spannweite), Jahre	48 (26 - 60)
BMI, Median (Spannweite), kg/m <sup>2</sup>	29.2 (25.1 – 32.9)
BU, Median (Spannweite), cm	101 (84 - 121)
RR, Median (Spannweite), mmHg	138 / 89 (113-186 / 66-123)
HDL, Median (Spannweite), mg/dl	45 (22 - 83)
Triglyzeride, Median (Spannweite), mg/dl	149 (54 - 620)
Glukose, Median (Spannweite), mg/dl	87 (70-173)

Abkürzungen: BMI: Body-Mass-Index; BU: Bauchumfang; RR: Blutdruck; HDL: High-Density-Lipoprotein-Cholesterin

**Tabelle 2.** Charakterisierung der Basispopulation nach Untergruppen

	Trainingsgruppe (n = 53)	Kontrollgruppe (n = 36)
Frauen, Anzahl (%)	4 (8)	3(8)
Alter, Median (Spannweite), Jahre	47 (26-60)	49 (30-59)
BMI, Median (Spannweite), kg/m <sup>2</sup>	29.0 (25.6-32.9)	29.7 (25.1-32.8)
BU, Median (Spannweite), cm	102 (84-118)	100 (89-121)
RR, Median (Spannweite), mmHg	138/89 (113-186/72-123)	138/89 (114-184/66-118)
HDL, Median (Spannweite), mg/dl	45 (22-83)	46 (30-72)
Triglyzeride, Median (Spannweite), mg/dl	137 (54-339)	168 (63-620)
Glukose, Median (Spannweite), mg/dl	87 (70-173)	88 (75-112)

*Abkürzungen: BMI: Body-Mass-Index, BU: Bauchumfang, RR: Blutdruck; HDL: High-Density-Lipoprotein-Cholesterin*

Der größte Anteil erhöhter Werte gemäß der Definition des Metabolischen Syndroms ergab sich für den Bauchumfang (85 Teilnehmer; 96%), gefolgt von Blutdruck (71 Teilnehmer; 80%), HDL-Cholesterin (65 Teilnehmer; 73%), Triglyzeriden (44 Teilnehmer; 49%) und Nüchtern-Blut-Glukose (13 Teilnehmer; 15%).

Insgesamt wurden bei der Eingangsuntersuchung bei 64 Teilnehmern (72%) drei oder mehr Risikofaktoren für ein Metabolisches Syndrom festgestellt. Davon erfüllten 63 Teilnehmer (71%) die Kriterien der International Diabetes Federation (2005) für ein Metabolisches Syndrom (Tabelle 3).

**Tabelle 3.** Anzahl der Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms

Risikofaktoren	Trainingsgruppe	Kontrollgruppe	Gesamtpopulation
Anzahl	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)
2	18 (34)	7 (19)	25 (28)
3	20 (38)	11 (31)	31 (35)
4	13 (25)	17 (47)	30 (34)
5	2(4)	1 (3)	3 (3)

## 4.2. Ergebnisse der metabolischen Parameter

### 4.2.1. Ergebnisse der Untergruppen

#### 4.2.1.1. Durchschnittswerte

In die Vorher-Nachher-Analyse gingen die Werte für den Bauchumfang, den Body-Mass-Index, den prozentualen Körperfettanteil, den systolischen und diastolischen Blutdruck, das HDL-Cholesterin, die Triglyzeride und die Nüchtern-Blutglukose von den 67 Teilnehmern ein, die das komplette Studienprogramm absolviert hatten.

In der statistischen Auswertung zeigten sich sowohl in der Trainings- als auch in der Kontrollgruppe im Durchschnitt Verbesserungen in allen acht Parametern. In der Trainings- und Kontrollgruppe erreichten davon die Verbesserungen im Body-Mass-Index ( $p = 0,012$  bzw.  $0,003$ ) und im Bauchumfang ( $p < 0,001$ ) statistische Signifikanz, in der Kontrollgruppe konnte dies zusätzlich für die Verbesserungen in den Parametern prozentualer Körperfettanteil ( $p = 0,004$ ), diastolischer Blutdruck ( $p = 0,036$ ) und Nüchtern-Glucose-Wert im Serum ( $p = 0,012$ ) nachgewiesen werden. Eine Übersicht über alle Werte zeigt Tabelle 4.

**Tabelle 4.** Ergebnisse der metabolischen Parameter in den Untergruppen

Parameter	Trainingsgruppe (n = 43)			Kontrollgruppe (n = 24)		
	Mittelwert (SD)		p-Wert	Mittelwert (SD)		p-Wert
	Beginn	Ende		Beginn	Ende	
BMI, kg/m <sup>2</sup>	28.9 (1.8)	28.5 (1.8)	<b>.012</b>	29.2 (2.4)	28.7 (2.4)	<b>.003</b>
BU, cm	101.9 (6.9)	98.9 (7.0)	<b>&lt; .001</b>	103.3 (8.2)	99.4 (8.3)	<b>&lt; .001</b>
Körperfett, %	29.9 (5.3)	29.0 (5.5)	.294	31.9 (6.7)	29.0 (5.4)	<b>.004</b>
RR, mmHg	139/89 (15/10)	139/86 (13/9)	.769 / .076	141/90 (15/11)	139/86 (12/7)	.437 / <b>.036</b>
HDL, mg/dl	45 (10)	47 (9)	.097	48 (11)	49 (12)	.163
Triglyzeride, mg/dl	168 (78)	156 (78)	.396	200 (135)	198 (118)	.941
Glukose, mg/dl	89 (15)	84 (14)	.13	93 (11)	87 (11)	<b>.012</b>

Abkürzungen: SD: Standardabweichung; BMI: Body-Mass-Index; BU: Bauchumfang; RR: Blutdruck; HDL: High-Density-Lipoprotein-Cholesterin

#### 4.2.1.2. Vergleich der Durchschnittswerte in den Untergruppen

Im Vergleich zwischen den Untergruppen konnte in Bezug auf die durchschnittlichen Verbesserungen in keinem Parameter ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Lediglich in den Parametern HDL-Cholesterin und Triglyzeride zeigten sich in der Trainingsgruppe höhere absolute durchschnittliche Verbesserungen als in der Kontrollgruppe (Tabelle 5).

**Tabelle 5.** Differenzen in und zwischen den einzelnen Untergruppen

Parameter	Intervention	Kontrolle	durchschnittl. Differenz	95%- Konfidenz- intervall		p-Wert
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)				
BMI, kg/m <sup>2</sup>	-0.4 (1.1)	-0.4 (0.6)	0	-0.5	0.5	.98
BU, cm	-3.0 (4.3)	-4.0 (3.0)	1.0	-1.0	2.9	.34
Körperfett, %	-0.8 (4.9)	-2.9 (4.4)	2.1	-0.3	4.5	.08
RR, mmHg	-1 / -3 (14 / 9)	-2 / -4 (12 / 9)	1 / 1	-5/-3	8/6	.70 / .57
HDL, mg/dl	3 (11)	1 (4)	2	-3	6	.52
Triglyzeride, mg/dl	-12 (91)	-2 (98)	-10	-58	37	.66
Glukose, mg/dl	-5 (22)	-5 (9)	1	-9	9	.98

*Abkürzungen: SD: Standardabweichung; BMI: Body-Mass-Index; BU: Bauchumfang; RR: Blutdruck; HDL: High-Density-Lipoprotein-Cholesterin*

#### 4.2.1.3. Einzelwerte

Die Betrachtung der Einzelwerte der Teilnehmer in den Untergruppen zeigt, dass sowohl in der Trainings- als auch in der Kontrollgruppe in allen Parametern jeweils mehr Teilnehmer verbesserte Werte aufwiesen als verschlechterte oder gleichbleibende Werte (Tabelle 6). Prozentual gesehen ergaben sich für die Trainingsgruppe die meisten Verbesserungen in den Parametern Bauchumfang (79%) und Nüchtern-Blutglukose (70%). Auch in der Kontrollgruppe war der Anteil der Verbesserungen beim Bauchumfang am höchsten (92%), gefolgt von den Parametern Body-Mass-Index, Körperfettanteil und systolischer Blutdruck (jeweils 79%).

**Tabelle 6.** Verbesserungen der Teilnehmer nach Untergruppen

Parameter	Trainingsgruppe			Kontrollgruppe		
	Anzahl (%)			Anzahl (%)		
	verbessert	verschlechtert	gleich	verbessert	verschlechtert	gleich
BMI	27 (63)	16 (37)	0	19 (79)	4 (17)	1 (4)
BU	34 (79)	7(16)	2 (5)	22 (92)	2 (8)	0
Körperfett	23 (53)	19 (44)	1 (3)	19 (79)	5 (11)	0
RR sys/dias	22 (51) / 25 (58)	21 (49) / 16 (37)	0 / 2 (5)	19 (79) / 13 (54)	4 (17) / 10 (42)	1 (4) / 1 (4)
HDL	26 (60)	13 (30)	4 (10)	12 (50)	9 (38)	3 (12)
Triglyzeride	24 (56)	18 (42)	1 (2)	12 (50)	12 (50)	0
Glukose	30 (70)	11 (26)	2 (4)	16 (67)	7 (29)	1 (4)

#### 4.2.2. Ergebnisse der Gesamtpopulation

Um einen Überblick über den insgesamten Effekt des Studienprogramms zu bekommen, wurden zusätzlich die Ergebnisse der Gesamtpopulation (n = 67) erhoben.

Auch hier zeigte sich in allen Parametern eine Verbesserung des absoluten Durchschnittwertes. Die Verbesserungen in den Parametern Bauchumfang ( $p = 0$ ), prozentualer Körperfettanteil ( $p = 0,01$ ), Body-Mass-Index ( $p = 0$ ), HDL-Cholesterin ( $p = 0,04$ ) und Nüchtern-Blutglukose ( $p = 0,024$ ) erreichten dabei statistische Signifikanz (Tabelle 7).

**Tabelle 7.** Ergebnisse der Gesamtpopulation

Parameter	Ausgangswerte	Endwerte	Differenzen	95%-		p-Wert
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Konfidenz-	intervall	
BMI, kg/m <sup>2</sup>	29.0 (2.0)	28.6 (2.0)	-0.4 (0.9)	-0.7	-0.2	< .001
BU, cm	102.4 (7.4)	99.0 (7.5)	-3.4 (3.9)	-4.3	-2.4	< .001
Körperfett, %	30.6 (5.9)	29.0 (5.4)	-1.6 (4.8)	-2.7	-0.4	.001
RR, mmHg	140/89 (15/11)	139/86 (12/8)	-1/-3 (13/9)	-5/-4	-1/2	.496 / .07
HDL, mg/dl	46 (11)	48 (10)	2 (9)	0	4	.04
Triglyzeride, mg/dl	179(103)	171 (96)	-8 (93)	-31	14	.473
Glukose, mg/dl	91 (13)	85 (13)	- 5 (18)	-10	-1	.024

*Abkürzungen: SD: Standardabweichung; BMI: Body-Mass-Index; BU: Bauchumfang; RR: Blutdruck; HDL: High-Density-Lipoprotein-Cholesterin*

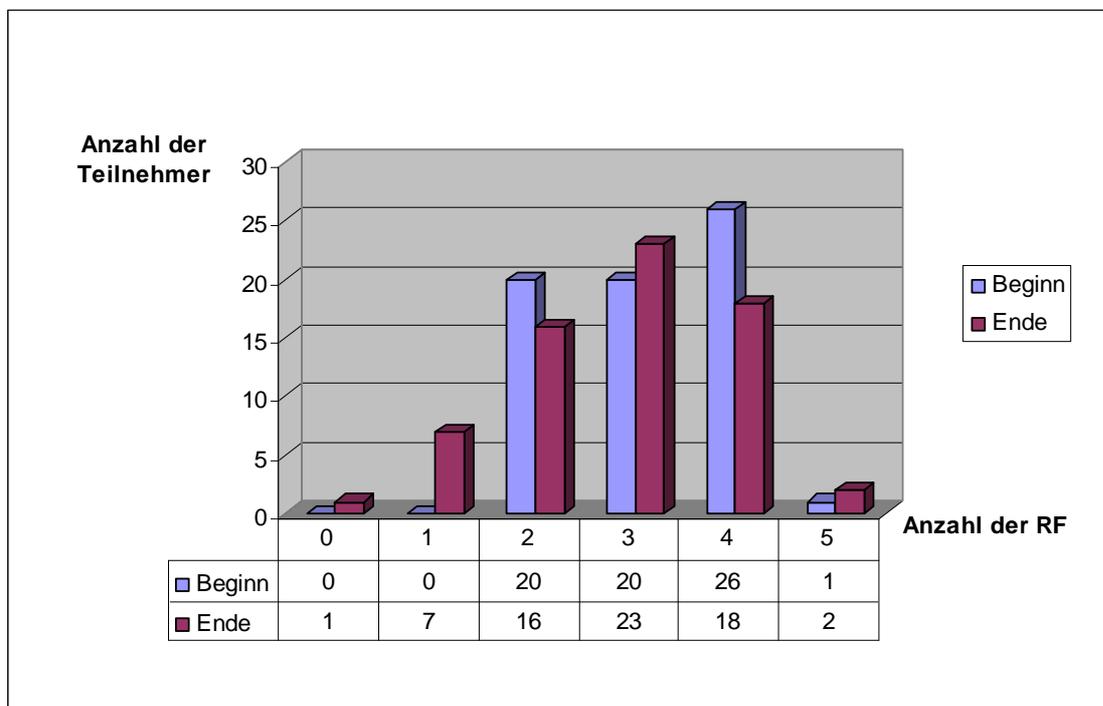
#### 4.2.3. Gesamtverbesserungen des metabolischen Profils

Bezogen auf die Gesamtpopulation (n = 67) konnten sich alle Teilnehmer in mindestens zwei der acht metabolischen Parameter verbessern. Fast 80 % erreichten eine Verbesserung in mindestens vier Parametern. Sowohl in der Trainings- (76,8%) als auch in der Kontrollgruppe (83,4%) wurden ähnlich hohe Werte beobachtet (Tabelle 8).

**Tabelle 8.** Verbesserung in den metabolischen Parametern

Anzahl der verbesserten Parameter	gesamt Anzahl (%)	Trainingsgruppe Anzahl (%)	Kontrollgruppe Anzahl (%)
2	4 (6,0)	2 (4,7)	2 (8,3)
3	10 (14,9)	8 (18,6)	2 (8,3)
4	11 (16,4)	10 (23,3)	1 (4,2)
5	13 (19,4)	8 (18,6)	5 (20,8)
6	15 (22,4)	6 (14,0)	9 (37,5)
7	9 (13,4)	5 (11,6)	4 (16,7)
8	5 (7,5)	4 (9,3)	1 (4,2)

Diese Tendenz lässt sich auch bei der Anzahl der Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms erkennen. Vor Beginn des Studienprogramms hatten 47 Teilnehmer der Gesamtpopulation (n = 67) mehr als drei Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms, alle 47 Teilnehmer erfüllten auch die Kriterien der International Diabetes Federation (IDF) für ein Metabolisches Syndrom. Davon stammten 28 Teilnehmer aus der Trainings- und 19 Teilnehmer aus der Kontrollgruppe. Nach Trainingsende wurden bei 43 Teilnehmern mehr als drei Risikofaktoren festgestellt, die Zahl der Patienten mit einem Metabolischen Syndrom im Sinne der IDF sank auf 40. Drei der sieben Teilnehmer, die sich in diesem Maße verbessern konnten, stammten aus der Trainingsgruppe, vier Teilnehmer aus der Kontrollgruppe. Eine Übersicht liefert Abbildung 5.



**Abbildung 5.** Anzahl der Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms in der Gesamtpopulation (n=67) am Beginn und nach Ende des Trainingsprogramms

### 4.3. Ergebnisse der Leistungsparameter

#### 4.3.1. Ergebnisse der Untergruppen

##### 4.3.1.1. Durchschnittswerte

Auch bei den Leistungsparametern zeigte sich absolut gesehen eine Verbesserung des Durchschnittswerts in allen vier Parametern. Die Verbesserungen bei der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle und bei der maximalen Leistung erreichten sowohl in der Trainings- als auch in der Kontrollgruppe statistisch signifikante Werte, in der Trainingsgruppe konnte dies zusätzlich für die durchschnittlichen Herzfrequenzen bei 80-140 Watt beobachtet werden (Tabelle 9).

**Tabelle 9.** Ergebnisse der Leistungsparameter in den Untergruppen

Parameter	Trainingsgruppe (n = 43)			Kontrollgruppe (n = 24)		
	Mittelwert (SD)		p-Wert	Mittelwert (SD)		p-Wert
	Beginn	Ende		Beginn	Ende	
$P_{at}$ /kg, W/kg	1.66 (0.29)	1.82 (0.34)	< .001	1.56 (0.40)	1.74 (0.47)	< .001
$P_{max}$ /kg, W/kg	2.47 (0.42)	2.60 (0.54)	.026	2.33 (0.57)	2.46 (0.57)	.002
$VO_{2max}$ , l/min	3.27 (0.63)	3.42 (0.70)	.059	3.20 (0.81)	3.29 (0.69)	.383
HF 80-140W, /min	120 (14)	115 (14)	.001	120 (15)	116 (12)	.124

*Abkürzungen: SD: Standardabweichung;  $P_{at}$ : Leistung an der anaeroben Laktatschwelle;  $P_{max}$ : Maximale Leistung;  $VO_{2max}$ : Maximale Sauerstoffaufnahme; HF: mittlere Herzfrequenz bei 80 – 140 Watt (W)*

##### 4.3.1.2. Vergleich der Durchschnittswerte in den Untergruppen

In den Parametern maximale Sauerstoffaufnahme und mittlere Herzfrequenz bei 80-140 Watt lag die durchschnittliche Verbesserung in der Trainingsgruppe höher als in der Kontrollgruppe, ein statistisch signifikanter Unterschied in den Verbesserungen konnte aber bei keinem der vier Parameter nachgewiesen werden (Tabelle 10).

**Tabelle 10.** Differenzen in und zwischen den einzelnen Untergruppen

Parameter	Intervention	Kontrolle	durchschnittl. Differenz	95%- Konfidenz- intervall		p-Wert
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)				
$P_{at}/\text{kg}$ , W/kg	0.17 (0.26)	0.17 (0.20)	0.01	-0.13	0.12	.90
$P_{max}/\text{kg}$ , W/kg	0.13 (0.38)	0.13 (0.19)	0	-0.14	0.14	.99
$VO_2\text{max}$ , l/min	0.15 (0.52)	0.09 (0.51)	0.06	-0.20	0.27	.64
HF 80-140W, /min	-5 (9)	-4 (13)	-1	-6	5	.81

Abkürzungen: SD: Standardabweichung;  $P_{at}$ : Leistung an der anaeroben Laktatschwelle;  $P_{max}$ : Maximale Leistung;  $VO_2\text{max}$ : Maximale Sauerstoffaufnahme; HF: mittlere Herzfrequenz bei 80 – 140 Watt (W)

### 3.2.2.1. Einzelwerte

Sowohl in der Trainings- als auch in der Kontrollgruppe lag der prozentuale Anteil der Teilnehmer, die sich im Vergleich zur Eingangsuntersuchung verbessern konnten, für jeden Parameter bei über 60%. Die meisten Verbesserungen ergaben sich in der Trainingsgruppe für die Herzfrequenzen bei 80-140 Watt, in der Kontrollgruppe war der Anteil der Verbesserungen bei der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle am höchsten (Tabelle 11).

**Tabelle 11.** Verbesserungen der Teilnehmer nach Untergruppen

Parameter	Trainingsgruppe			Kontrollgruppe		
	Anzahl (%)			Anzahl (%)		
	verbessert	verschlechtert	gleich	verbessert	verschlechtert	gleich
$P_{IAS}/\text{kg}$	30 (70)	13 (30)	0	20 (83)	4 (17)	0
$P_{max}/\text{kg}$	28 (65)	15 (35)	0	19 (79)	5 (21)	0
$VO_2\text{max}$	27 (63)	16 (37)	0	15 (63)	9 (37)	0
HF 80-140W	32 (74)	10 (26)	0	18 (75)	5 (25)	0

Abkürzungen:  $P_{at}$ : Leistung an der anaeroben Laktatschwelle;  $P_{max}$ : Maximale Leistung;  $VO_2\text{max}$ : Maximale Sauerstoffaufnahme; HF: mittlere Herzfrequenz bei 80 – 140 Watt (W)

Insgesamt konnten sich bezogen auf die Gesamtpopulation über 60% in mindestens drei der vier Parameter verbessern, in den jeweiligen Untergruppen wurden Werte von knapp 50% erreicht (Trainingsgruppe: 47,1%; Kontrollgruppe: 50,0%). Eine detaillierte Auflistung gibt Tabelle 12.

**Tabelle 12.** Verbesserung in den Leistungsparametern

Anzahl der verbesserten Parameter	gesamt	Trainingsgruppe	Kontrollgruppe
	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)
0	4 (6,0)	4 (7,5)	0
1	7 (10,4)	6 (11,3)	1 (2,8)
2	13 (19,4)	8 (15,1)	5 (13,9)
3	16 (23,9)	5 (9,4)	11 (30,6)
4	27 (40,3)	20 (37,7)	7 (19,4)

#### 4.3.2. Ergebnisse der Gesamtpopulation

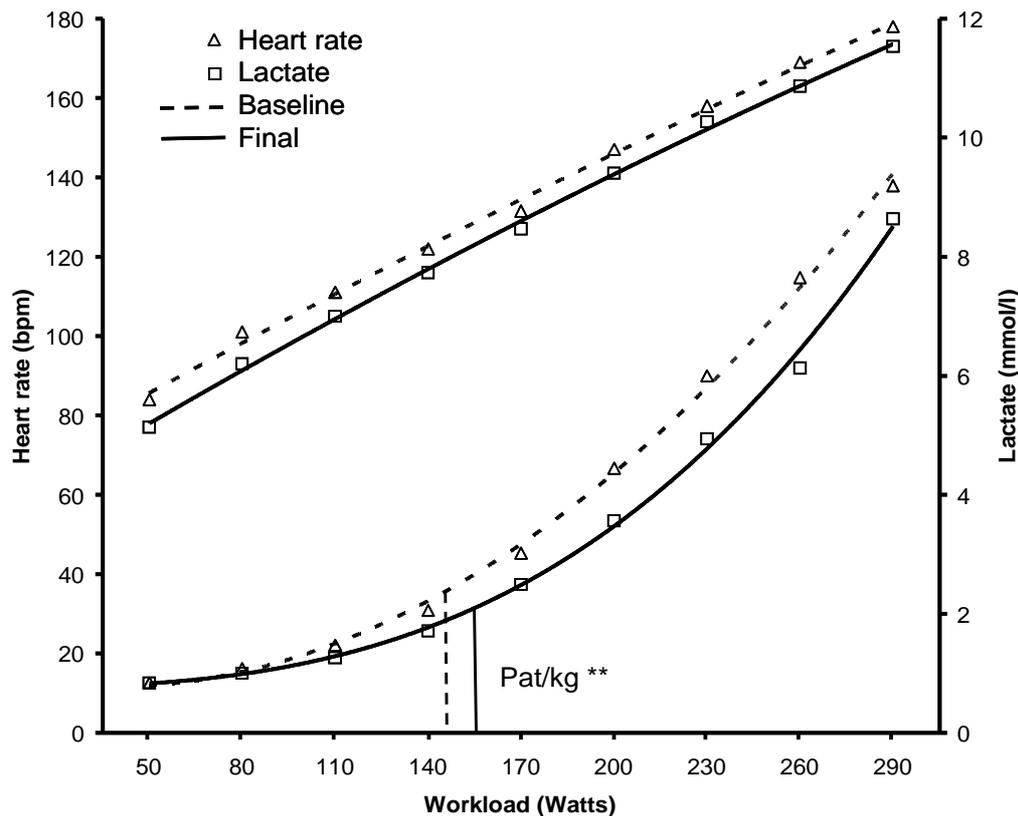
In der Auswertung der Leistungsparameter für die Gesamtpopulation zeigte sich für alle Parameter sowohl eine absolute als auch eine statistisch signifikante Verbesserung (Tabelle 13).

Abbildung 6 liefert eine graphische Darstellung der Ergebnisse der Fahrradergometrie hinsichtlich der durchschnittlichen Herzfrequenzen und Laktatwerte auf den einzelnen Belastungsstufen vor und nach Intervention.

**Table 13.** Ergebnisse der Gesamtpopulation (n = 67)

Parameter	Ausgangswerte	Endwerte	Differenzen	95%-		p-Wert
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Konfidenz-	intervall	
$P_{at}$ /kg, W/kg	1.62 (0.34)	1.79 (0.39)	0.17 (0.24)	0.11	0.23	< .001
$P_{max}$ /kg, W/kg	2.42 (0.48)	2.55 (0.55)	0.13 (0.32)	0.05	0.21	.001
$VO_2max$ , l/min	3.24 (0.70)	3.37 (0.70)	0.17 (0.24)	0.01	0.26	.039
HF 80-140W, /min	120 (14)	116 (13)	-5 (11)	-7	-2	.001

Abkürzungen: SD: Standardabweichung;  $P_{at}$ : Leistung an der anaeroben Laktatschwelle;  $P_{max}$ : Maximale Leistung;  $VO_2max$ : Maximale Sauerstoffaufnahme; HF: mittlere Herzfrequenz bei 80 – 140 Watt (W)



**Abbildung 6.** Ergebnisse der Fahrradergometrie der Gesamtpopulation vor (baseline) und nach (final) Intervention (Abbildung übernommen aus Pressler et al.: An internet-delivered exercise intervention for workplace health promotion in overweight sedentary employees: a randomized trial. *Prev Med* 51 (3-4) (2010): 234-239. Epub 2010 Jul 16)

#### 4.4. Nutzung der Internet-Plattform

Die Teilnehmer der Trainingsgruppe absolvierten im Mittel 22,7 (SD 10,6) der insgesamt 48 möglichen Trainingseinheiten. Die durchschnittliche Dauer der dokumentierten Einheiten betrug dabei 54,6 min (SD 22,6). An Zusatzaktivitäten wurden im Durchschnitt 9,5 (SD 14,6) weitere Einheiten mit einer mittleren Länge von 64,4 min (SD 65,8) dokumentiert. Insgesamt absolvierten die Teilnehmer der Trainingsgruppe damit durchschnittlich 32,2 (SD 19,6) Einheiten mit einer mittleren Dauer von 63,5 min (SD 23,0).

Die Teilnehmer der Kontrollgruppe dokumentierten im Mittel 43,1 (SD 28,7) selbständige Trainingseinheiten mit einer durchschnittlichen Dauer von 72,7 min (SD 41,4).

Die Analyse der Differenzen zwischen den beiden Untergruppen zeigte weder für die Anzahl ( $p = 0.15$ ) noch für die Dauer ( $p = 0.16$ ) der absolvierten Einheiten statistisch signifikante Werte.

#### **4.5. Einfluss des Risikoprofils auf die Ergebnisse**

Mittels Regressionsanalyse wurde versucht, Einflussfaktoren auf die Veränderungen in den Parametern Bauchumfang, Body-Mass-Index, maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\max$ ) und Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ( $P_{at}/kg$ ) zu detektieren. Als mögliche Einflussfaktoren wurden Alter, Geschlecht, Gewicht, Gruppenzugehörigkeit, die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\max$ ) und die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ( $P_{at}/kg$ ) zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung geprüft.

Für die Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme konnte ein Einfluss für das Alter (je jünger desto besser), das Geschlecht (größere Verbesserung bei männlichen Teilnehmern) und die initiale maximale Sauerstoffaufnahme (niedrigere Werte führten zu einer größeren Zunahme) nachgewiesen werden.

Für die Veränderung des Bauchumfangs erwies sich die Höhe des Ausgangsgewichts als wichtiger Einflussfaktor (je höher das Ausgangsgewicht desto größer die Abnahme im Bauchumfang).

Für den Body-Mass-Index und die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle konnten keine spezifischen Einflussfaktoren bezüglich des Risikoprofils ausgemacht werden.

In der Korrelationsanalyse ergaben sich statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Reduktion des Body-Mass-Index und der Reduktion des Bauchumfangs ( $r = 0.78$ ,  $p < 0.001$ ), dem Anstieg der maximalen Leistung ( $r = 0.62$ ,  $p < 0.001$ ) und der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ( $r = 0.55$ ,  $p < 0.001$ ).

Der Anstieg der maximalen Leistung ( $P_{max}/kg$ ) korrelierte außerdem mit dem Anstieg der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ( $r = 0.69$ ,  $p < 0.001$ ) und dem Anstieg der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $r = 0.63$ ,  $p < 0.001$ ).

## 5. Diskussion

### 5.1. Diskussion der Methoden

#### 5.1.1. Anthropometrie

##### 5.1.1.1. Messung des prozentualen Körperfettanteils

Die Messung des prozentualen Körperfettanteils erfolgte durch eine Fuß-zu-Fuß bioelektrische Impedanzanalyse mittels einer Körperfettwaage. Diese sendet minimale, für den Probanden nicht spürbare und gesundheitlich unbedenkliche Stromimpulse aus und misst den Widerstand des durchflossenen Gewebes. Dabei nutzt man aus, dass verschiedene Körpergewebe in Abhängigkeit von ihrem Wasseranteil verschiedene Widerstände aufbauen. Ein niedriger Wasseranteil, wie er im Fettgewebe vorhanden ist, erzeugt einen hohen elektrischen Widerstand. Unter Berücksichtigung von Größe, Gewicht, Alter und Geschlecht kann damit der prozentuale Körperfettanteil bestimmt werden.

Der wichtigste Vorteil dieser Methode ist die schnelle, einfache, nicht-invasive und relativ kostengünstige Verwendbarkeit in der klinischen Praxis zur Bestimmung des Körperfettanteils bei einem größeren Kollektiv.

Zu beachten ist, dass die Genauigkeit der Messungen von mehreren Einflussfaktoren abhängt. Der individuelle Weg des Stroms durch den Körper, unterschiedliche Zustände des Wasser- und Elektrolythaushaltes, Zeitpunkt der letzten Nahrungs- oder Flüssigkeitsaufnahme, feuchte oder eingecremte Extremitäten, Hauttemperatur, sowie bei prämenopausalen Frauen der Abschnitt des Monatszyklus können zur Verfälschung der Ergebnisse führen [30].

Im Vergleich zu der als Referenzmethode geltenden Hydrodensitrometrie erwies sich die Messung mittels Körperfettwaage unter möglichst strenger Standardisierung der oben genannten Faktoren in klinischen Studien als geeignete und zufriedenstellend genaue Methode zur Bestimmung und vor allem zur Verlaufskontrolle des Körperfettanteils bei kleineren, ethnisch homogenen Gruppen [8, 30]. Eine eingeschränkte Genauigkeit der gemessenen Werte zeigte sich dagegen bei adipösen Personen mit einem Body-Mass-Index  $>34 \text{ kg/m}^2$  und abnormen Hydratationszuständen [13, 30].

#### 5.1.1.2. Messung des Blutdrucks

Der systolische und diastolische Blutdruck wurde am sitzenden Teilnehmer mittels einer Oberarmmanschette nach einer mindestens fünfminütigen Ruhephase gemäß gängigen Leitlinien [9] gemessen. Die Werte wurden jeweils einmal im Untersuchungsgang vor und nach der Interventionsphase in standardisierter Weise bestimmt.

Auch die Blutdruckwerte unterliegen diversen Einflussfaktoren: Uhrzeit der Messung, Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt, hormonelle Schwankungen und der Grad der Sympathikus- und Parasympathikusaktivität können u. a. kurz- und mittelfristige Veränderungen bewirken. Deshalb wird empfohlen, die Messung mindestens zweimal in entsprechendem zeitlichem Abstand durchzuführen. Als Referenzmethode zur Detektion von Veränderungen des Blutdruckprofils gilt die wiederholte Durchführung einer 24-Stunden-Blutdruckmessung [9, 53]. Dies war jedoch aus zeitlichen und logistischen Gründen ebenfalls nicht realisierbar, so dass die Aussagekraft der bestimmten Werte trotz der Bemühung um Standardisierung der Messbedingungen eingeschränkt bleibt.

#### 5.1.2. Leistungstests

Die Ermittlung der Leistungsparameter erfolgte mittels Spiroergometrie bei einem stufenförmig ansteigenden Belastungsprotokoll auf Fahrradergometern. Bestimmt wurden die maximale Leistung, die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle, die maximale Sauerstoffaufnahme und die Herzfrequenzen auf den jeweiligen Belastungsstufen.

Die verwendeten Parameter gelten dabei als sensitive Indikatoren für die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit und die Adaption des Organismus an regelmäßiges körperliches Training [23, 36]. Insbesondere die maximale Sauerstoffaufnahme wird als valides Kriterium für die aerobe Ausdauerleistung verwendet [18, 36].

Die Spiroergometrie erlaubt eine zuverlässige und präzise Messung der genannten Parameter mit guter Reproduzierbarkeit der Messergebnisse [23].

### 5.1.3. Internet-gestützte Interventionen

In der vorliegenden Studie erfolgten die Steuerung, das Monitoring und die Dokumentation des Trainings über die Internetplattform des Personal-Health-Manager-Programms.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien durchgeführt, die das Internet als Medium zur Vermittlung von Interventionsinhalten benützten.

So ergab eine Metaanalyse von 22 Internet-gestützten Studien unterschiedlichster Art sowohl positive Ergebnisse für das Management chronischer Erkrankungen wie Asthma oder HIV als auch für Lifestyle-Interventionen zur Gewichtsreduktion oder zur Steigerung der körperlichen Aktivität. Im Vergleich zu traditionellen Printmedien konnte außerdem keine Verringerung der Effektivität festgestellt werden [57].

Ähnliche Ergebnisse lieferte auch eine Studie zur Steigerung der körperlichen Aktivität von Marcus et al. Hierbei erfolgte die Vermittlung der Interventionsinhalte für einen Teil der Studienpopulation über traditionelle Printmedien wie Briefe oder Broschüren, für den anderen Teil über Internetplattformen und E-Mails. Sowohl nach sechs als auch nach zwölf Monaten zeigte sich eine signifikante Erhöhung der Dauer von körperlicher Aktivität pro Woche in beiden Gruppen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen konnte nicht nachgewiesen werden [33].

Die Ergebnisse zeigen, dass das Internet grundsätzlich zur Vermittlung von Studieninhalten geeignet scheint. Ein Vergleich mit traditionellen Printmedien ergab keine Nachteile von Internet-gestützten Studien in Bezug auf die Effektivität der Interventionen.

## 5.2. Diskussion der Ergebnisse

### 5.2.1. Anzahl der Studienteilnehmer

#### 5.2.1.1. Rekrutierung der Teilnehmer

Zur Rekrutierung der Teilnehmer wurden potentielle Kandidaten mit metabolischem Risikoprofil gezielt an Hand einer einige Monate zuvor durchgeführten Untersuchung des BMW-Gesundheitsdienstes identifiziert und persönlich via E-Mail oder Hauspost zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Um die gewünschte Anzahl von 140 Teilnehmern zu erreichen, wurden 1380 Personen kontaktiert. Dies entspricht einer Anmeldequote von 9,9%.

Untersuchungen zu Einflussfaktoren oder Persönlichkeitseigenschaften, die die Entscheidung zur Teilnahme bzw. Nichtteilnahme beeinflussen, sind bis zum jetzigen Zeitpunkt rar. In einer Studie zur Untersuchung der genannten Fragestellung an Hand eines Internet-gesteuerten Programms zur Gewichtsreduktion erzielte die persönliche Kontaktaufnahme per Post grundsätzlich höhere Response-Raten als Zeitungsannoncen, Flyer oder Poster [15]. In der Analyse der Eigenschaften von Teilnehmern und Nichtteilnehmern zeigte sich, dass sich Personen über 60 Jahren, Männer, Raucher und Personen mit einem erhöhten Risiko für chronische Erkrankungen zu einem vergleichsweise geringeren Prozentsatz registrierten. Im Gegensatz dazu fiel auf, dass sich Personen mit manifestem Diabetes mellitus oder einer manifesten Herzerkrankung eher registrierten als Personen ohne diese Erkrankungen [15].

Ähnliche Ergebnisse ergab eine Studie von Stopponi et al., die Eigenschaften von Teilnehmern und Nichtteilnehmern einer Internet-gesteuerten Intervention zu gesünderem Ernährungsverhalten untersuchte. Auch hier erwiesen sich männliches Geschlecht und Nikotinabusus als negative Einflussfaktoren auf die Teilnahme. Dagegen ergaben sich weibliches Geschlecht, höherer Bildungsstand und höheres Einkommen als positive prädiktive Faktoren für die Aufnahme des Studienprogramms [50].

### 5.2.1.2. Drop-out

Von den initial 140 registrierten Teilnehmern begannen 89 Teilnehmer mit dem Interventionsprogramm. Am Ende der Interventionsphase gingen die Daten von 67 Teilnehmern, die das komplette Studienprogramm mit allen Untersuchungen absolviert hatten, in die Analyse ein. Insgesamt ergab sich damit ein Drop-out von 52% (73 Teilnehmer). Ausgehend von den Teilnehmern, die das eigentliche Trainingsprogramm aufnahmen, errechnete sich eine Drop-out-Rate von 25% (22 Teilnehmer).

Verglichen mit Internet-basierten Studien ähnlicher Konzeption liegt diese relativ hoch anmutende Quote durchaus im Bereich anderer Untersuchungen. Die Analyse der Drop-out-Raten zeigte insgesamt ein weites Spektrum von 7% [20] bis zu 70% [28].

Auffällig ist, dass mit 51 Teilnehmern (36%) der prozentual größte Anteil bereits vor dem eigentlichen Beginn der Interventionsphase ausschied. Mit 28 Teilnehmern (20%) gab die überwiegende Mehrheit dieser Gruppe fehlende Zeit als Abbruchgrund an. Ob und inwieweit hier auch fehlende Motivation eine Rolle spielte, muss offen bleiben.

Mit 16 Teilnehmern (11%) musste ein nicht zu vernachlässigender Anteil von der Auswertung der Studie ausgeschlossen werden, da sie die Ein- und/oder Ausschlusskriterien nicht mehr erfüllten. Hier machte sich bemerkbar, dass die potentiellen Teilnehmer an Hand einer Gesundheitsuntersuchung ausgewählt worden waren, die bereits mehr als ein halbes Jahr zurücklag.

Insgesamt ergab sich für die Kontrollgruppe mit 57% der ursprünglich eingeteilten Personen eine höhere Abbruchrate als in der Trainingsgruppe mit 49%.

Ein Vergleich des anthropometrischen und metabolischen Profils von Studienabbrechern und Teilnehmern der kompletten Studie ergab keine signifikanten Unterschiede, so dass aus Sicht der Organisatoren ein Drop-out-Bias ausgeschlossen werden kann.

Auch zu den Einflussfaktoren und Persönlichkeitseigenschaften, die eine wiederholte Teilnahme am Studienprogramm begünstigen und damit die Drop-out-Rate senken, gibt es bisher wenige Untersuchungen. Verheijden et al. konnte an Hand eines Internet-basierten Programms zur Etablierung eines gesünderen Lebensstils mit initial über 6000 Teilnehmern zeigen, dass unter den Studienabbrechern prozentual mehr Raucher und sportlich Inaktive zu finden waren. Übergewichtige und ältere Personen dagegen zeigten eine geringere Abbruchrate als Normalgewichtige und Personen im Alter zwischen 15 und 20 Jahren [56].

Um eine fundierte Aussage zu den bestimmenden Faktoren für die Aufnahme und wiederholte Teilnahme treffen zu können, sind weitere Untersuchungen nötig. Vor allem gilt es zu

untersuchen, ob Hochrisikopersonen, wie z. B. ältere Menschen oder Personen mit erhöhtem metabolischen Risikoprofil, als die eigentliche Zielgruppe primärpräventiver Programme suffizient erreicht und über einen längeren Zeitraum motiviert werden können. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Internet zwar die technischen Möglichkeiten bietet, eine große Gruppe zu erreichen, die Motivation der Zielgruppe aber offenbar nicht in besonderer Weise gefördert werden kann.

## 5.2.2. Profil der Basispopulation

### 5.2.2.1. Anteil an weiblichen Teilnehmern

Auffällig ist der mit 8% relativ niedrige Frauenanteil. Als Ursache hierfür ist am ehesten die männlich dominierte Arbeitnehmerstruktur des Unternehmens mit einem Anteil an weiblichen Arbeitnehmern von ca. 13% [63] und somit auch der Liste der potentiellen Teilnehmer anzusehen. Folglich bleibt die Aussagekraft der Ergebnisse im Wesentlichen auf das männliche Geschlecht beschränkt. Der Vergleich mit ähnlichen Studien zeigt, dass dieser Aspekt die Studienlage durchaus bereichert, da der Anteil an männlichen Studienteilnehmern in den meisten Studien unter 30% lag [38, 51, 55].

### 5.2.2.2. Metabolisches Profil

Prozentual gesehen am häufigsten wurden pathologische Werte bei Body-Mass-Index und Bauchumfang beobachtet. Die Werte der einzelnen Parameter lagen im Median je nach Parameter und Definition im Hochnormal- bzw. unteren pathologischen Bereich. Nach der Definition der International Diabetes Federation erfüllten ca. 2/3 der Teilnehmer die Kriterien für ein Metabolisches Syndrom, bei ca. 1/3 wurde mit mindestens zwei Risikofaktoren ein drohendes Metabolisches Syndrom festgestellt.

Diese Daten untermauern den primärpräventiven Ansatz der Studie und zeigen, dass es im Gegensatz zu vergleichbaren Studien, deren Studienpopulation sich zum größeren Teil aus gesunden, aktiven Teilnehmern zusammensetzte [47], gelungen ist, eine Hochrisikopopulation zu erreichen, bei der präventive Maßnahmen am notwendigsten erscheinen.

### 5.2.3. Metabolische Parameter

#### 5.2.3.1. Ergebnisse der Untergruppen

Im Vergleich zu den Werten vor Beginn der Intervention zeigten sich sowohl in der Trainings- als auch in der Kontrollgruppe signifikante Verbesserungen für den Body-Mass-Index und den Bauchumfang, in der Kontrollgruppe zudem für den prozentualen Körperfettanteil, den diastolischen Blutdruck und den Nüchtern-Blutglucose-Wert. In allen metabolischen Parametern ließ sich außerdem in beiden Untergruppen mit verbesserten absoluten Durchschnittswerten eine positive Tendenz nachweisen.

Der Vergleich zwischen den beiden Untergruppen erbrachte dagegen in keinem der Parameter einen statistisch signifikanten Unterschied. Damit lässt sich die Hypothese, dass ein ausgearbeitetes, individuell angepasstes Trainingsprogramm generellen Anweisungen zu mehr körperlicher Aktivität überlegen ist, nicht bestätigen.

Internet-basierte Trainingsprogramme, deren Fokus auf einer Verbesserung des metabolischen Profils liegt, finden sich in der Literatur bis zum jetzigen Zeitpunkt nur sehr wenige; metabolische und anthropometrische Parameter wurden meist nur als Nebeneffekt untersucht. So wurden im Rahmen einer größeren, multizentrischen, Internet-gestützten Studie zur Verbesserung der körperlichen Aktivität bei 57 Teilnehmern einer Automobilfirma zusätzlich Gewicht, Body-Mass-Index, prozentualer Körperfettanteil, Blutdruck und Ruhepuls vor und nach der sechsmonatigen Interventionsphase erhoben [47]. Die Interventionsgruppe erhielt dabei Zugang zu einem individuell angepassten Internet-gestützten Trainingsprogramm mit oder ohne motivierende E-Mails, die Kontrollgruppe dagegen erhielt nur allgemeine Anweisungen zu mehr körperlicher Aktivität. Bis auf eine signifikant höhere Abnahme des prozentualen Körperfettanteils in der Gruppe, die zusätzlich motivierende E-mails erhielt, zeigten sich auch hier keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Untergruppen.

Eine Studie von Tate et al. zur Internet-gesteuerten Gewichtsreduktion bei Übergewichtigen zeigte jedoch abweichende Ergebnisse [51]. Verglichen wurde dabei ein detailliertes Internet Education Programm mit generellen Anweisungen zur Gewichtsreduktion. Hier konnten in der Interventionsgruppe signifikant höhere Abnahmen von Körpergewicht und Bauchumfang nachgewiesen werden.

Um einen möglichen Einfluss einer längeren Interventionsdauer oder einer größeren Teilnehmerzahl zu detektieren, bedarf es weiterer Untersuchungen. Auch gilt es herauszufinden, ob und inwieweit der vorgegebene Trainingsplan eingehalten wurde. Einen weiteren möglichen Einflussfaktor stellt zudem der offenbar stark motivierende Effekt der professionell durchgeführten Leistungstests vor Beginn und am Ende der Intervention dar. Die dargestellten Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass der motivierende Effekt von generellen Anweisungen zu körperlicher Aktivität offenbar von größerer Bedeutung ist, als ein individuell angepasster, detaillierter Trainingsplan.

#### 5.2.3.2. Ergebnisse der Gesamtpopulation

Mit den Veränderungen im BMI, dem Bauchumfang, dem prozentualen Körperfettanteil, dem HDL- und dem Nüchtern-Blutglucose-Wert zeigten sich bezogen auf die Gesamtpopulation in fünf von acht Parametern signifikante Verbesserungen. Sowohl in der Trainings- als auch in der Kontrollgruppe konnten sich alle Teilnehmer in mindestens zwei Parametern verbessern, fast 80% der Teilnehmer gelang dies sogar in mindestens vier Parametern. Die Anzahl der Teilnehmer mit manifestem Metabolischen Syndrom verringerte sich um 15% von 47 auf 40 Teilnehmer.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch das Interventionsprogramm insgesamt eine deutliche Verbesserung des durchschnittlichen und persönlichen metabolischen Risikoprofils von übergewichtigen, inaktiven Studienteilnehmern erreicht werden konnte.

Dass IT-basierte Interventionen grundsätzlich eine Verbesserung des metabolischen Profils erreichen können, lässt sich durch mehrere Studien belegen.

Carr et al. konnten zeigen, dass durch ein komplexes Internet-gesteuertes Programm zur Veränderung diverser Lifestyle-Faktoren eine Verbesserung des metabolischen Risikoprofils bei inaktiven, übergewichtigen Erwachsenen erzielt werden kann [4]. Dabei hatte die Interventionsgruppe Zugang zum sogenannten „Active Living Every Day“-Programm, das u. a. Anleitungen zu mehr körperlicher Aktivität und gesunder Ernährung enthielt. Nach einer 16-wöchigen Interventionsphase konnten für die Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe, die keine Intervention erhielt, signifikante Verbesserungen in Bauchumfang, Serum-Triglyzerid-Werten und der „Coronary Risk Ratio“ (Gesamt-Cholesterin/HDL-Cholesterin) festgestellt werden.

Auch in der bereits erwähnten Untersuchung von Spittaels et al. ergab eine Analyse der Gesamtpopulation signifikante Verbesserungen in Body-Mass-Index, prozentualem Körperfettanteil und diastolischem Blutdruck [47].

#### 5.2.4. Leistungsparameter

Gegenüber dem Status vor Beginn der Intervention zeigten sich in der Trainingsgruppe signifikante Verbesserungen in der maximalen Leistung, der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle und den durchschnittlichen Herzfrequenzen bei 80-140 Watt. Für die beiden erstgenannten Parameter konnten auch in der Kontrollgruppe signifikante Veränderungen festgestellt werden. Im Gegensatz dazu erbrachte der Vergleich der Verbesserungen zwischen den beiden Untergruppen keine statistisch signifikanten Ergebnisse. Bezogen auf die Gesamtpopulation zeigte sich in allen vier Parametern eine signifikante Verbesserung der Durchschnittswerte. Fast 2/3 aller Teilnehmer konnte sich in mindestens drei der vier Parameter steigern.

Ähnlich wie bei den metabolischen Parametern zeigt sich auch hier, dass durch das Interventionsprogramm eine deutliche Verbesserung der durchschnittlichen und persönlichen kardiorespiratorischen Fitness der Teilnehmer erreicht werden konnte. Tendenziell scheinen sich hier sogar deutlichere und schnellere Veränderungen als bei den metabolischen Parametern abzuzeichnen.

Auch für die Leistungsparameter konnte kein Vorteil des vorgegebenen personalisierten Trainingsprogramms gegenüber generellen Anweisungen festgestellt werden, auch wenn der Trend der Ergebnisse Hinweise für eine derartige Entwicklung liefert.

Vergleichbare Studien in der Literatur sind bis zum jetzigen Zeitpunkt ebenfalls rar. Die Ermittlung der kardiorespiratorischen Fitness erfolgte in den meisten Fällen über eine indirekte Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme durch einen Gehstest. Die Ergebnisse fielen dabei sehr unterschiedlich aus.

In einer Studie von Marcus et al., die den Einfluss eines individualisierten Internet-Programms zur Steigerung der körperlichen Aktivität im Vergleich zu einem individualisierten Printmedien-Programm und einem nicht-individualisierten Internet-Programm untersuchte, wurde mit Hilfe eines submaximalen, stufenförmig ansteigenden Ergometertests die maximale Sauerstoffaufnahme bestimmt [33]. Nach der 12-monatigen

Interventionsphase ließen sich zwar in allen drei Gruppen Verbesserungen feststellen, signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ergaben sich jedoch nicht.

Eine Untersuchung von Hageman et al., die ebenfalls den Effekt eines individualisierten Internet-gesteuerten Trainingsprogramms im Gegensatz zu einem Standard-Internetprogramm verglich, zeigte dagegen nach drei Monaten eine Verbesserung der mittels des Rockwood-Fitness-Walking-Tests ermittelten  $VO_2\text{max}$  in der personalisierten Trainingsgruppe, während in der nicht-personalisierten Kontrollgruppe eine signifikante Verschlechterung festgestellt wurde [19].

### 5.3. Limitationen

Bei der Diskussion der vorliegenden Studie sind mehrere limitierende Faktoren zu berücksichtigen.

Obwohl die Interventionsdauer von zwölf Wochen im Bereich vergleichbarer Untersuchungen lag [4, 38, 47], könnte der Zeitraum zu kurz gewesen sein, um statistisch signifikante Veränderungen, vor allem zwischen den beiden Untergruppen, aufzudecken. Eine wesentliche Limitierung der Aussagekraft stellt zudem das Fehlen weiterer Follow-Up-Untersuchungen nach dem Abschluss der eigentlichen Interventionsphase dar. Auf diese Weise ist keine Aussage zu Langzeitergebnissen und der Nachhaltigkeit der beobachteten Veränderungen möglich. Andere Untersuchungen konnten zeigen, dass sich bis zu 24 Monaten nach Interventionsende positive Effekte nachweisen lassen, auch wenn die Effektgröße abnehmende Tendenz aufweist [37].

Ähnliches gilt für die Anzahl der Studienteilnehmer. Auch hier könnte die Zahl der Teilnehmer, die alle Untersuchungen absolvierten und deren Werte in die Analyse gingen, zu gering gewesen sein, um signifikante Veränderungen hervorzubringen.

Der Vergleich des metabolischen Profils der Studienabbrecher und der Studienabsolventen ergab keine relevanten Unterschiede, so dass aus der Sicht der Organisatoren ein wesentlicher Bias ausgeschlossen werden kann.

Zu berücksichtigen ist jedoch der mit insgesamt 8% relativ niedrige Frauenanteil, womit die Aussagekraft der Ergebnisse im Wesentlichen auf das männliche Geschlecht beschränkt bleibt.

Einen weiteren Faktor stellen die Charakteristika der Untergruppen dar. Verglichen wurde der Effekt eines individuell angepassten, detaillierten Trainingsplans im Gegensatz zu selbständigem Training, eine „echte“ Kontrollgruppe ohne jegliche Intervention wurde nicht integriert. Damit ist eine Aussage über die grundsätzliche Effektivität des konzipierten Trainingsplans nur eingeschränkt und indirekt über den Vergleich der Werte der einzelnen Parameter vor Beginn und nach dem Ende der Intervention möglich. Zudem wurde keine Analyse des Trainingsverhaltens in den beiden Untergruppen durchgeführt, um das Einhalten des Trainingsplans oder mögliche Unterschiede in der Trainingsintensität zwischen den beiden Untergruppen und deren möglichen Einfluss auf Ergebnisse der Studie festzustellen.

Eine statistische Limitation besteht darin, dass keine Intention-to-treat-Analyse durchgeführt werden konnte, da von den Studienabbrechern keine validen Werte erhoben werden konnten.

#### **5.4. Ausblick**

Die vorliegende Untersuchung zeigt positive Ergebnisse für ein IT-gestütztes Trainingsprogramm zur Erhöhung der körperlichen Aktivität bei übergewichtigen, körperlich inaktiven Erwachsenen im Rahmen einer primärpräventiven Intervention mit Implementation in die Infrastruktur des Arbeitsplatzes der Probanden. Dabei konnten signifikante Verbesserungen des metabolischen Profils und der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit beobachtet werden.

Die positiven Ergebnisse dieser und anderer ähnlich konzipierter Studien in Bezug auf Effektivität und Durchführbarkeit ermutigen zu einer Ausweitung des Angebots für eine größere Teilnehmergruppe mit dem Fernziel der Etablierung in die Infrastruktur gesamter Unternehmen und der Möglichkeit für alle Arbeitnehmer, an einem derartigen Programm teilzunehmen. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass dadurch zahlreiche gesundheitliche Risikofaktoren reduziert werden und somit auch durch Krankheit und Produktionsausfall bedingte Kosten für den Arbeitgeber reduziert werden könnten.

Zahlreiche andere Untersuchungen weisen darauf hin, dass IT-basierte Programme auch in der Sekundär- und Tertiärprävention chronischer Erkrankungen erfolgreich eingesetzt werden können. Eine erfolgreiche Eingliederung IT-gestützter Programme in ein telemedizinisches Versorgungsnetz könnte neben der Entlastung der Ärzte auch zu einer deutlichen Reduktion der Gesundheitskosten beitragen.

Als wichtigste Vorteile IT-gestützter Interventionen werden dabei die Erreichbarkeit einer großen Teilnehmerzahl und die Kosteneffizienz genannt. Um diese Vorteile auch wirklich nutzen zu können und die bisher z. T. relativ hohen Drop-out-Raten zu senken, sind gezielte Untersuchungen zu den bestimmenden Faktoren der Aufnahme und wiederholten Teilnahme an derartigen Programmen erforderlich. Zudem gilt es herauszufinden, auf welche Weise Hochrisikopersonen wie übergewichtige, körperlich inaktive oder ältere Personen effizient erreicht und motiviert werden können. Ein weiterer zentraler Punkt zukünftiger Forschungen stellt die Frage nach dem notwendigen Maß an Individualisierung dar. Hier gilt es herauszufinden, welche Inhalte nötig sind, um den Erfolg eines Programms beizubehalten. Dabei steht die Weiterentwicklung der Internetplattformen mit möglichst großer Automatisierung der Inhalte bei gleicher Effektivität der Interventionen im Mittelpunkt, um eine möglichst hohe Kosteneffizienz zu garantieren.

## 6. Zusammenfassung

Übergewicht und körperliche Inaktivität stellen einen bedeutenden Risikofaktor für die Entwicklung von schwerwiegenden kardiovaskulären und metabolischen Erkrankungen dar. In vielen Fällen treten diese in einem Symptomkomplex mit anderen Stoffwechselstörungen auf, dem Metabolischen Syndrom. Dies beinhaltet neben der abdominellen Adipositas die Erhöhung von Blutdruck-, Blutfett- und Blutzucker-Werten. Eine zentrale Rolle in Prävention und Behandlung spielen dabei Programme zur Änderung von Lebensstilfaktoren und Steigerung der körperlichen Aktivität. Um eine möglichst große Anzahl an Personen zu erreichen und Kosten zu sparen, werden hierzu in zunehmendem Maße Internet-gestützte Programme angewandt. Trotz steigender Zahl gibt es bisher wenig wissenschaftliche Evidenz für den Nutzen derartiger Interventionen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Evaluation des Einflusses eines IT-gestützten, individuell angepassten Trainingsprogramms im Vergleich zu generellen Anweisungen zu mehr körperlicher Aktivität auf das metabolische Profil und die kardiorespiratorische Fitness bei übergewichtigen, körperlich inaktiven Erwachsenen.

Dafür wurden 140 Mitarbeiter einer großen deutschen Automobilfirma im Verhältnis 3:2 in eine Interventionsgruppe, die Zugang zu einem individuellen, Internet-gesteuerten Trainingsprogramm hatte, und in eine Kontrollgruppe randomisiert, die lediglich generelle Anweisungen für ein selbständiges Training erhielt. Die Dauer der Intervention betrug 12 Wochen.

Insgesamt absolvierten 67 Teilnehmer das komplette Studienprogramm. Für die Teilnehmer der Trainingsgruppe ( $n = 43$ ) wurden signifikante Verbesserungen des Body-Mass-Index ( $p = 0.012$ ), des Bauchumfangs ( $p < 0.001$ ), der maximalen Leistung ( $p < 0.001$ ), der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ( $p = 0.026$ ) und den durchschnittlichen Herzfrequenzen bei einer Belastung zwischen 80 und 140 Watt ( $p = 0.001$ ) festgestellt. In der Kontrollgruppe ( $n = 24$ ) ergaben sich signifikante Werte für den Body-Mass-Index ( $p = 0.003$ ), den Bauchumfang ( $p < 0.001$ ), den prozentualen Körperfettanteil ( $p = 0.004$ ), den diastolischen Blutdruck ( $p = 0.036$ ), den Nüchtern-Blutzucker-Wert ( $p = 0.012$ ), die maximale Leistung ( $p < 0.001$ ) und die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle ( $p = 0.002$ ). Der Vergleich der Differenzen zwischen den beiden Untergruppen ergab keine signifikanten Unterschiede. Bezogen auf die Gesamtpopulation konnten sich ca. 60% der

Teilnehmer in mindestens 3 von 4 Leistungsparametern und alle Teilnehmer in mindestens zwei der acht metabolischen Parameter verbessern.

Die Ergebnisse zeigen, dass ein IT-basiertes, individuell angepasstes Trainingsprogramm im Vergleich zu generellen Anweisungen zu mehr körperlicher Aktivität keinen zusätzlichen Vorteil im Hinblick auf die Effektivität besitzt.

Eingeschränkt wird die Aussagekraft der Ergebnisse v. a. durch die hohe Drop-out-Rate und fehlende Langzeitergebnisse. Aus diesem Grund sind Untersuchungen zu den bestimmenden Faktoren einer aktiven Teilnahme an derartigen Studien nötig, um gezielt Hochrisikopersonen zu erreichen. Ein weiterer zentraler Punkt zukünftiger Forschungen stellt zudem das genaue Maß an Individualisierung dar, das notwendig ist, um einen Erfolg des Programms zu gewährleisten, und welche Inhalte automatisiert werden können.

## 7. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1.</b> <i>Entwicklung des Anteils adipöser Personen an der Gesamtbevölkerung in Europa von 1990-2005</i>	<b>Seite 6</b>
<b>Abbildung 2.</b> <i>zeitlicher Ablauf des Studienprogramms</i>	<b>16</b>
<b>Abbildung 3.</b> <i>Ansicht aus der Internet-Plattform des Personal Health Manager-Programms: Beispiel einer Monatsübersicht des Trainingsplans</i>	<b>22</b>
<b>Abbildung 4.</b> <i>Entwicklung der Teilnehmerzahl</i>	<b>25</b>
<b>Abbildung 5.</b> <i>Anzahl der Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms in der Gesamtpopulation (n = 67) am Beginn und nach Ende des Trainingsprogramms</i>	<b>31</b>
<b>Abbildung 6.</b> <i>Ergebnisse der Fahrraddergometrie der Gesamtpopulation vor (baseline) und nach (final) Intervention</i>	<b>35</b>

## 8. Literaturverzeichnis

1. Alberti, K.G., Zimmet, P. Z.: Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 15 (1998): 539–553
2. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (Hg.): Bayerische Verzehrsstudie II. München 2003
3. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hg.): Nationale Verzehrsstudie II. Berlin 2008
4. Carr, L. J., Bartee, R. T., Dorozynski, C., Broomfield, J. F., Smith, M. L., Smith, D. T.: Internet-delivered behaviour change program increases physical activity and improves cardiometabolic disease risk factors in sedentary adults: Results of a randomized controlled trial. *Prev Med* 46 (2008): 431-438
5. Centers for Disease Control and Prevention: <http://apps.nccd.cdc.gov/brfss/index.asp> und <http://apps.nccd.cdc.gov/brfss/list.asp?cat=PA&yr=2009&qkey=4418&state=All>  
Stand: 09.08.2010
6. Chisholm, D. M., Collis, M. L., Kulak, L. L., Davenport, W., Gruber, N.: Physical activity readiness. *Br Col Med J* 17 (1975): 375-378
7. Daskalopoulou, S. S., Mikhailidis, D.P., Elisaf, M.: Prevention and Treatment of the Metabolic Syndrome. *Angiology* 55 (2008): 589-612
8. Dehghan, M., Merchant, A. T.: Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J* 7 (2008): 26
9. Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL – Deutsche Hypertoniegesellschaft (Hg.): Leitlinien zur Diagnostik und Behandlung der arteriellen Hypertonie. Heidelberg 2008

10. Dickhuth, H. H., Huonker, M., Münzel, T., Drexler, H., Berg, A., Keul, J.: Individual anaerobic threshold for evaluation of competitive athletes and patients with left ventricular dysfunction. In: Bachl, N., Graham, T. E., Löllgen, H. (Hg.): *Advances in ergometry*. Springer, New York, 1991: 173-179
11. Eriksson, M. K., Franks, P. W., Eliasson, M.: A 3-Year Randomized Trial of Lifestyle Intervention for Cardiovascular Risk Reduction in the Primary Care Setting: The Swedish Björknäs Study. *PLoS One*. 2009; 4(4): e5195. Epub 2009 Apr 14.
12. Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 285 (2001): 2486–2497
13. Fogelholm, M., van Marken Lichtenbelt, W.: Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur J Clin Nutr* 51 (1997): 495-503
14. Ford, E. S., Giles, W. H., Dietz, W. H.: Prevalence of the Metabolic Syndrome Among US Adults. *JAMA* 287 (2002): 356-359
15. Glasgow, R. E., Nelson C. C., Kearney, K. A., Reid, R., Ritzwoller, D. P., Strecher, V. J., Couper, M. P., Green, B., Wildenhaus, K.: Reach, engagement and retention in an Internet-based weight loss program in a multi-site randomized controlled trial. *J Med Internet Res* 9 (2007): e11
16. Goldstein, D. J.: Beneficial health effects of a modest weight loss. *Int J Obes* 16 (1992): 397-415
17. Graham, I., Atar, D., Borch-Johnsen, K., Boysen, G., Burell, G., Cifkova, R., Dallongeville, J., De Backer, G., Ebrahim, S., Gjelsvik, B., Herrmann-Lingen, C., Hoes, A., Humphries, S., Knapton, M., Perk, J., Priori, S.G., Pyorala, K., Reiner, Z., Ruilope, L., Sans-Menendez, S., Scholte op Reimer, W., Weissberg, P., Wood, D., Yarnell, J., Zamorano, J.L.: European guidelines on cardiovascular disease in clinical practice: executive summary. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical

- Practice (Constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Eur Heart J* 19 (2007): 2375-414
18. Grant, S., Corbett, K., Amjad, A. M., Wilsom, J., Aitchison, T.: A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Br J Sports Med* 29 (1995): 147-152
  19. Hageman, P. A., Noble Walker, S., Pullen, C. H.: Tailored Versus Standard Internet-delivered Interventions to Promote Physical Activity in Older Women. *J Geriatr Phys Ther* 28 (2005): 28-33
  20. Harvey-Berino, J., Pintauro, S. J., Gold, E. C.: The feasibility of using Internet support for the maintenance of weight loss. *Behav Mod* 26 (2002): 103-116
  21. Hecker, K.D., Kris-Etherton, P. M., Zhao, G.: Impact of body weight and weight loss on cardiovascular risk factors. *Curr Atheroscler Rep* 1 (1999): 236-242
  22. Herold, G.: „Innere Medizin. Eine vorlesungsorientierte Darstellung.“ Köln, 2010
  23. Hollmann, W., Strüder, H. K.: „Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin“. Schattauer Verlag, Stuttgart, 2009
  24. International Diabetes Federation (Hg.). The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. Brüssel 2006
  25. Internet World Stats: <http://www.internetworldstats.com/stats9.htm>  
Stand: 09.08.2010
  26. Karvonen, M. J., Kentala, E., Mustala, O.: The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 35 (1957): 307-315
  27. Knowler, W. C., Barrett-Connor, E., Fowler, S. E., Hamman, R. F., Lachin, J. M., Walker, E. A., Nathan, D. M.; Diabetes Prevention Program Research Group: Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med.* 346 (2002): 393-403

28. Kosma, M., Cardinal, B. J., McCubbin, J. A.: A pilot study of a web-based physical activity motivational program for adults with physical disabilities. *Disabil Rehabil* 27 (2005): 1435-1442
29. Kraus, W. E., Houmard, J. A., Duscha, B. D.: Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med* 347 (2002): 1483-1492
30. Kyle, G. U., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, D., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A., Pichard, C.: Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 23 (2004): 12430-1453
31. Laaksonen, D. E., Lindström, J., Lakka, T. A., Eriksson, J. G., Niskanen, L., Wikström, K., Aunola, S., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Laakso, M., Valle, T. T., Ilanne-Parikka, P., Louheranta, A., Hämäläinen, H., Rastas, M., Salminen, V., Cepaitis, Z., Hakumäki, M., Kaikkonen, H., Härkönen, P., Sundvall, J., Tuomilehto, J., Uusitupa, M.: Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes*. 54 (2005): 158-65
32. Lampert, T., Mensink, G. B. M., Ziese, T.: Sport und Gesundheit bei Erwachsenen in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 48 (2005): 1357–1364
33. Marcus, B. H., Lewis, B. A., Williams, D. M., Dunsiger, S., Jakicic, J., Whiteley, J., Albrecht, A. E., Napolitano, M. A., Bock, B. C., Tate, D. F., Sciamanna, C. N., Parisi, A. F.: A Comparison of Internet and Print-Based Physical Activity Interventions. *Arch Intern Med* 167 (2007): 944-949
34. Marshall, S. J., Levy, S. S., Tudor-Locke, C. E., Kolkhorst, F. W., Wooten, K. M., Ji, M., Macera, C.A., Ainsworth, B.E.: Translating physical activity recommendations into a pedometer-based step goal: 3000 steps in 30 minutes. *Am J Prev Med* 36 (2009): 410-415

35. Mensink, G. B. M., Lampert, T., Bergmann, E.: Übergewicht und Adipositas in Deutschland 1984–2003. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 48 (2005): 1348–1356
36. Meyer, T., Kindermann, W.: Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 9 (1999): 285-286
37. Müller-Riemenschneider, F., Reinhold, T., Nocon, M., Willich, S. N.: Long-term effectiveness of interventions promoting physical activity: A systematic review. *Prev Med* 47 (2008): 354–368
38. Napolitano, M. A., Fotheringham, M., Tate, D.: Evaluation of an internet-based physical activity intervention: a preliminary investigation. *Ann Behav Med* 25 (2003): 92-99
39. National Statistics: First release: Internet Access 2007, Households and Individuals. London, UK 2007
40. Neuhauser, H., Ellert, U.: Prävalenz des metabolischen Syndroms in Deutschland: eine Sensitivitätsanalyse. Deutsche Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie. 50. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (gmds), 12. Jahrestagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Epidemiologie. Freiburg im Breisgau, 12.-15.09.2005. Düsseldorf, Köln: German Medical Science; 2005. Doc 05gmds416
41. PEW Internet and American life Project: <http://www.pewinternet.org/trends.asp>  
Stand: 09.08.2010
42. Rees T.: More Americans going online looking for health information. *Profiles Healthc Mark* 21 (2005): 2
43. Ritterband, L. M., Gonder-Frederick, L. A., Cox, D. J., Clifton, A. D., West, R. W., Borowitz, S. M.: Internet interventions: in review, in use, and into the future. *Prof Psych Res Pract* 34 (2003): 527-34

44. Saely, C. H., Rein, P., Drexel, H.: The Metabolic Syndrome and Risk of Cardiovascular Disease and Diabetes: Experiences with the New Diagnostic Criteria from the International Diabetes Federation. *Horm Metab Res* 39 (2007): 642 – 650
45. Schaller, N., Seiler, H., Himmerich, S., Karg, G., Gedrich, K., Wolfram, G., Linseisen, J.: Estimated physical activity in Bavaria, Germany, and its implications for obesity risk: results from the BVS-II Study. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2 (2005), doi:10.1186/1479-5868-2-6
46. Shephard, R. J.: PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med* 5 (1988), 185-195
47. Spittaels, H., De Bourdeaudhij, I., Brug, J., Vandelanotte, C.: Effectiveness of an online computer-tailored physical activity intervention in areal life setting. *Health Educ Res* 22 (2007): 385-396
48. Statistisches Bundesamt:  
[http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2007/09/PD07\\_\\_385\\_\\_232,templateId=renderPrint.psml](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2007/09/PD07__385__232,templateId=renderPrint.psml)  
 Stand: 09.08.2010
49. Statistisches Bundesamt (Hg.): Krankheitskosten 2002, 2004 und 2006. Wiesbaden 2008
50. Stopponi, M. A., Alexander, G. L., McClure, J. B., Carroll, N. M., Divine, G. W., Calvi, J. H., Rolnick, S. J., Strecher, V. J., Cole Johnson, C., Ritzwoller, D. P.: Recruitment to a Randomized Web-Based Nutritional Intervention Trial: Characteristics of Participants Compared to Non-Participants. *J Med Internet Res* 11 (2009): e38
51. Tate, D. F., Wing, R. R., Winnett, R. A.: Using Internet technology to deliver a behavioral weight loss program. *JAMA* 285 (2001): 1172-1177

52. Tuomilehto, J., Lindström, J., Eriksson, J. G., Valle, T. T., Hämäläinen, H., Ilanne-Parikka, P., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Laakso, M., Louheranta, A., Rastas, M., Salminen, V., Uusitupa, M.; Finnish Diabetes Prevention Study Group: Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med.* 344 (2001): 1343-50.
53. U. S. Department of Health and Human Services (Hg.): The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. Bethesda 2003
54. Vandelanotte, C., Spathonis, K. M., Eakin, E. G., Owen, N.: Website-Delivered Physical Activity Interventions. A Review of the Literature. *Am J Prev Med* 33 (2007): 54-64
55. Van den Berg, M. H., Schoones, J. W., Vliet Vlieland, T.: Internet-Based Physical Activity Interventions: A Systematic Review of the Literature. *J Med Internet Res* 9 (2007): e26
56. Verheijden, M. W., Jans, M. P., Hildebrandt, V. H., Hopman-Rock, M.: Rates and determinants of repeated participation in a web-based behavior change program for healthy body weight and healthy lifestyle. *J Med Internet Res* 9 (2007): e1
57. Wantland, D. J., Portillo, C. J., Holzemer, W. L., Slaughter, R., McGhee, E. M.: The Effectiveness of Web-Based vs. Non-Web-Based Interventions: A Meta-Analysis of Behavioral Change Outcomes. *J Med Internet Res* 6(2004): e40
58. Ware, L. J., Hurling, R., Bataveljic, O., Fairley, B. W., Hurst, T. L., Murray, P., Rennie, K. L., Tomkins, C. E., Finn, A., Cobain, M. R., Pearson, D. A., Foreyt, J. P.: Rates and Determinants of Uptake and Use of an internet Physical Activity and weight Management Program in Office and Manufacturing Work Sites in England: Cohort Study. *J Med Internet Res* 10 (2008): e56

59. Whelton, S.P., Chin, A., Xin, X.: Effect of aerobic exercise on blood pressure: A meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med* 136 (2002): 493-503
60. Wissenschaftliches Institut der AOK (Hg.): Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft - Fehlzeiten-Report (Versicherte der Allgemeinen Ortskrankenkassen). Berlin 2007
61. World health organization: Global Infobase: <https://apps.who.int/infobase/?id=1>  
Stand: 09.08.2010
62. World health organization: Obesity and overweight:  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>  
Stand: 09.08.2010
63. <http://www.genderdax.de/index.php?cid=firng&fid=11> und  
<http://www.7-forum.com/news/Vierter-Girls-Day-bei-der-BMW-Group-281.html>  
Stand: 09.08.2010

## **Danksagung**

Danken möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Martin Halle, Prof. Dr. med. Arno Schmidt-Trucksäss und Dr. med. Axel Pressler für die herzliche Aufnahme am Institut für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin und die Möglichkeit, dort meine Doktorarbeit zu verfassen.

Mein besonderer Dank gilt Dr. med. Axel Pressler für die Überlassung des Themas und die wirklich außergewöhnliche Betreuung meiner Arbeit sowohl im fachlichen als auch im menschlichen Bereich.

Danken möchte ich natürlich auch den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Informatik, allen voran Frau Uta Knebel, meinen Mitdoktoranden und den zahlreichen Helfern, ohne die die Durchführung der Studie nicht möglich gewesen wäre.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern und in besonderer Weise bei meinem Großvater, der die Fertigstellung der Arbeit leider nicht mehr erleben durfte, für die Ermöglichung des Medizinstudiums und die Unterstützung in jeglicher Art und Weise bedanken.

## **Anhang**

**Veröffentlichung von Teilen der Ergebnisse über nachfolgendes Paper in:**

*Prev Med 51 (3-4) (2010): 234-239. Epub 2010 Jul 16*



## An internet-delivered exercise intervention for workplace health promotion in overweight sedentary employees: A randomized trial

Axel Pressler<sup>a,\*</sup>, Uta Knebel<sup>b</sup>, Sebastian Esch<sup>b</sup>, Dominik Kölbl<sup>a</sup>, Katrin Esefeld<sup>a</sup>, Johannes Scherr<sup>a</sup>, Bernhard Haller<sup>c</sup>, Arno Schmidt-Trucksäss<sup>a,d</sup>, Helmut Krcmar<sup>b</sup>, Martin Halle<sup>a</sup>, Jan Marco Leimeister<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Department of Prevention and Sports Medicine, Technische Universität München, Connollystr. 32, 80809 München, Germany

<sup>b</sup> Department of Information Systems, Technische Universität München, Boltzmannstr. 3, 85748 München, Germany

<sup>c</sup> Department of Medical Statistics and Epidemiology, Technische Universität München, Ismaninger Str. 22, 81675 München

<sup>d</sup> Department of Sports Sciences and Sports Medicine, Universität Basel, Birsstr. 320b, 4052 Basel, Switzerland

<sup>e</sup> Information Systems/Research Center for IS Design (ITeG), Universität Kassel, Nora-Plattler-Str. 4, 34127 Kassel, Germany

### ARTICLE INFO

Available online 16 July 2010

#### Keywords:

Internet  
Exercise  
Metabolic syndrome

### ABSTRACT

**Objective.** To evaluate the effect of structured vs. non-structured internet-delivered exercise recommendations on aerobic exercise capacity and cardiovascular risk profile in overweight sedentary employees.

**Methods.** 140 employees of an automobile company (11% female, median age 48 years (range 25–60), BMI 29.0 kg/m<sup>2</sup> (25.0–34.8)) were randomized in a 3:2 ratio to an intervention group receiving structured exercise schedules or a control group choosing workouts individually via an interactive website. The 12-week intervention took place in Munich, Germany, during summer 2008. Main outcome measure was performance at the lactate anaerobic threshold ( $P_{AT}$ /kg) during ergometry.

**Results.** 77 participants completed the study. The intervention group ( $n = 50$ ) improved significantly in  $P_{AT}$ /kg ((mean (SD)) 1.68 (0.31) vs. 1.81 (0.33) W/kg;  $p = 0.002$ ),  $VO_2$ peak (3.21 (0.63) vs. 3.35 (0.74) L/min;  $p = 0.04$ ), and waist circumference (100.5 (7.9) vs. 98.0 (7.8) cm;  $p = 0.001$ ). The control group ( $n = 27$ ) improved significantly in  $P_{AT}$ /kg (1.59 (0.38) vs. 1.80 (0.49);  $p < 0.001$ ) and waist circumference (101.9 (8.7) vs. 98.3 (8.5) cm;  $p < 0.001$ ), but not in  $VO_2$ peak. No significant between group differences in these outcome measures were noted.

**Conclusion.** Structured, internet-delivered exercise recommendations are not superior to internet-delivered non-structured exercise recommendations in a workplace setting. Both lifestyle intervention strategies are, however, limited by high dropout rates.

© 2010 Elsevier Inc. All rights reserved.

### Introduction

Obesity and physical inactivity are important risk factors for developing cardio-metabolic disorders (Haslam and James, 2005; Kodama et al., 2009; LaMonte et al., 2005b). Facing their dramatic increase in recent decades there is clear scientific consensus to promote physical activity (Haskell et al., 2007; Marcus et al., 2006). Although large trials on structured lifestyle interventions have shown beneficial effects on preventing metabolic diseases such as

type 2 diabetes mellitus (Knowler et al., 2002; Tuomilehto et al., 2001), their transfer into a real-life setting often depends on sufficient human or financial resources. The internet has been discussed as a promising tool to reduce these limitations by replacing procedures that can be standardized within an intervention and by reaching large numbers of subjects at low costs (van den Berg et al., 2007; Vandelanotte et al., 2007). Therefore, efforts have been intensified during recent years to determine the effectiveness of internet-delivered lifestyle interventions (Marcus et al., 2009). In fact, commercial internet-delivered exercise programs are already ubiquitously available, but there is still limited scientific evidence for their efficacy in primary prevention.

An opportunity to reach large cohorts of sedentary subjects at increased metabolic risk is the workplace. As internet access is widely available there (Marcus et al., 2006), this study investigated the application of an internet platform in a large company to deliver exercise recommendations for health promotion. The aim was to improve exercise capacity and metabolic risk profile determined by

\* Corresponding author. Department of Prevention and Sports Medicine, Technische Universität München, Connollystr. 32, 80809 München, Germany. Fax: +49 89 289 24451.

E-mail addresses: [pressler@sport.med.tum.de](mailto:pressler@sport.med.tum.de) (A. Pressler), [uta.knebel@in.tum.de](mailto:uta.knebel@in.tum.de) (U. Knebel), [esch@in.tum.de](mailto:esch@in.tum.de) (S. Esch), [dominik.koelbl@mytum.de](mailto:dominik.koelbl@mytum.de) (D. Kölbl), [esefeld@sport.med.tum.de](mailto:esefeld@sport.med.tum.de) (K. Esefeld), [scherr@sport.med.tum.de](mailto:scherr@sport.med.tum.de) (J. Scherr), [bernhard.haller@tum.de](mailto:bernhard.haller@tum.de) (B. Haller), [arno.schmidt-trucksass@unibas.ch](mailto:arno.schmidt-trucksass@unibas.ch) (A. Schmidt-Trucksäss), [krcmar@in.tum.de](mailto:krcmar@in.tum.de) (H. Krcmar), [halle@sport.med.tum.de](mailto:halle@sport.med.tum.de) (M. Halle), [leimeister@in.tum.de](mailto:leimeister@in.tum.de) (J.M. Leimeister).

objective measurements in overweight, sedentary employees. It was hypothesized that delivering a structured exercise intervention via an internet platform is superior regarding these goals than a non-structured program.

## Methods

### Participants

For participant recruitment data were used from a health survey conducted several weeks prior to initiation of the study in employees of a large German automobile manufacturer. Study inclusion criteria were: overweight and obesity defined as a body mass index (BMI) of 25–35 kg/m<sup>2</sup>, sedentary life-style (self-reported physical activity < 1×/week), age 20–60 years, and ≥ 2 metabolic syndrome risk factors (National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel, 2002). The company's health care department supported the study and performed data selection and e-mail contact. However, according to the company's privacy policy data were not available for further analysis. During the study period there were approximately 31,000 employees (13% female) with the majority (80%) working in fields of research and design.

Participants meeting the inclusion criteria were contacted via e-mail and provided with detailed information on the study. No reminder e-mails were sent. For participation the employees were asked to register on the welcome page of the program. After receiving a password, participants completed the Physical Activity Readiness Questionnaire to detect any exercise-associated medical problems (Shephard, 1988); a pre-participation health screening by a general practitioner was necessary if any responses were affirmative. Subsequently, eligible participants were consecutively randomized in the order of their online registration and allocated to an intervention group (IG) receiving structured exercise schedules or to a control group (CG) exercising on a voluntary basis according to prior standard advice.

The study protocol was approved by the local ethics committee of the university hospital. Written informed consent was obtained from study participants before baseline examinations.

### Intervention

Study duration was 12 weeks. All participants (IG and CG) had free access to the internet via their personal workplace. The intervention comprised an initial education session, a structured (IG) or non-structured (CG) internet-delivered exercise program and a final education session (Knebel et al., 2009). The initial education sessions included lectures on medical risks of obesity and inactivity (20 min), general advice on appropriate exercise duration and intensity (25 min), and introductory lessons on structure and use of the internet platform (30 min). The sessions were separated for both groups due to the different content of the internet platform.

Participants randomized to the IG received a structured exercise schedule via the internet for the entire study period. The schedule comprised three moderate endurance workouts per week which increased in time from 30 to 70 min (105 to 165 min per week) and one additional strength training session per week (altogether 48 workouts). Warm-up and cool-down-phases were included in each workout. Strength training could either be performed home-based by realizing exercises presented photogenically via the internet platform or in the company's (or external) fitness center. The exercise schedule was presented as a calendar function via an interactive website with the possibility to postpone or cancel workouts in a defined, limited frame. Participants could choose between previously defined endurance sports (e.g. cycling, walking, and swimming) via a drop-down menu. Additional activities such as ball sports were also offered in the menu but were not part of the schedule. Exercise intensities were defined based on the initial exercise testing using Karvonen's equation with a multiplier of 0.5–0.6 (Karvonen et al., 1957), corresponding to approximately 60–70% of maximum heart rate. This exercise heart rate was automatically presented for each exercise session and was adjusted according to the chosen type of endurance activity to consider different circulatory demands (e.g. +10 bpm for running vs. cycling). Participants were asked to document their resting heart rate weekly to adapt the intensities to the training status using Karvonen's equation. Pulse rate was monitored by a heart rate monitor (FS2c, Polar, Finland) to control exercise intensity; participants were provided with a brief manual on how to use the monitor. Weekly exercise goals were

established, based on exercise duration and intensity according to metabolic equivalent tasks (Ainsworth et al., 2000). The 12-week goal was to increase activity up to 1500 MET\*min/week aiming at doubling the minimum exercise requirements in primary prevention (Haskell et al., 2007). To reach goals, at least 75% of the weekly exercise sessions had to be completed. This was documented by each individual by actively deactivating the time slot of each exercise session. Participants not deactivating their workouts had to repeat the particular week, ensuring that participants followed their endurance exercise schedule. All exercise sessions were planned as individual workouts; no group sessions were provided.

Participants randomized to the CG had access to the same internet platform, but were only provided with an empty calendar function and the above-mentioned drop-down-menu and not with a structured schedule. Exercise sessions had to be chosen individually according to standard advice; weekly goals were not established. However, participants were also asked to document workouts in their personal calendar on the internet platform. Participants in the CG were also provided with a heart rate monitor but received their individual exercise intensity only once at the beginning of the intervention.

Participants of both groups were offered a membership in the company owned fitness center at a reduced price during the entire study period. However, exercise was not supervised or coached in any group. All participants were blinded to group assignment.

During the final education session exercise-related problems were discussed, lactate curves were explained, and participants received advice on how to continue with regular exercise activities beyond the study period.

### Outcome measures

Primary outcome measure was the difference in increase of weight-adjusted performance at the lactate anaerobic threshold ( $P_{AT}$ /kg), representing an improvement in aerobic exercise capacity. Secondary outcome measures included peak oxygen uptake ( $VO_{2peak}$ ), peak ergometer performance ( $P_{MAX}$ /kg), and heart rate during ergometry. The following metabolic parameters were also assessed: waist circumference, body mass index (BMI), body fat composition, resting blood pressure, high-density lipoprotein cholesterol (HDL), triglycerides, and fasting blood glucose. Acceptance of the intervention was assessed by a final questionnaire using 5-point-scales (1 = not true; 5 = completely true) for the statements "I liked the program" and "I feel more active". In addition, participants were asked to assign school grades for the whole intervention from 1 to 6 (1 = very good; 6 = inadequate).

Measures of height, weight, body fat, blood pressure, and serum lipids were recorded at baseline using standard accepted techniques. Body fat was measured using a bio-impedance-monitor (BF500, Omron, Kyoto, Japan (Minderico et al., 2008)), and waist circumference was assessed according to current guidelines (Graham et al., 2007). Blood pressure was measured in resting supine position. Venous blood samples were taken in a fasting condition and analysed for HDL, triglycerides, and blood glucose. Symptom-limited exercise tests were performed on standard bicycle ergometers (Technogym, Egelsbach, Germany), starting at 50 W and increasing by 30 W every 3 min. Capillary blood samples were taken at rest and at the end of each step during exercise. Along with incremental heart rates lactate curves were fitted using Ergonizer Software (Röcker K., Freiburg, Germany). The individual anaerobic threshold was determined using the method described by Dickhuth et al (Dickhuth et al., 1991). Simultaneously, peak oxygen uptake was measured by spiroergometry (Metalyzer, Cortex, Leipzig, Germany). Physical activity level was assessed using pedometers (Pedometer Plus, Silva, Sollentuna, Sweden) with daily step counts averaged out of 7 days as outcome measure.

### Sample size

Assuming a standard deviation of 0.25 W/kg, the study was powered at 80% to detect a difference in the increase in performance at the anaerobic threshold of at least 0.15 W/kg using a two-sided level of significance of  $\alpha=5\%$ . To account for high drop-out rates reported in similar studies (Slootmaker et al., 2009; Spittaels et al., 2007b; Verheijden et al., 2007; Ware et al., 2008), the sample size was increased by 40% (= 140 participants). Participants were randomly allocated to the two groups in a 3:2 ratio (IG:CG) in order to increase information on a structured exercise intervention (60 persons had to be allocated to the IG and 40 to the CG).

## Statistical analysis

The primary endpoint was examined with an independent sample *t*-test. All analyses were performed two-sided using a 5% level of significance. Secondary variables were analysed in an explorative manner: no adjustment for multiple testing was conducted. Paired *t*-tests were performed to compare values before and after intervention, independent sample *t*-tests were used to test for inequality of means of post-intervention to baseline differences between the two treatment groups. Differences between the two measurements were normally distributed and are presented as mean  $\pm$  standard deviation. Fisher's exact test was used for comparison of proportions in the treatment groups. All data analyses were performed with PASW versions 17.0 and 18.0 (SPSS Inc., Chicago; IL, USA).

## Results

### Participants

A total of 1,380 employees were contacted per e-mail. Within 2 weeks, the required 140 participants had registered and were subsequently randomized. Of these, 105 actually entered baseline examinations and were used for the study population (median age 48 years (range 25–60), 11% female, BMI 29.0 kg/m<sup>2</sup> (25.0–34.8)). 35 participants did not show up for baseline examination. If available, reasons given for withdrawing the registration were lack of time, lack of further interest or medical problems detected by the PAR-Q questionnaire. At baseline, there were no significant differences between the IG and the CG in any of the outcome measures. 23 participants registered for the company's fitness center (IG = 12, CG = 11;  $p = 0.33$ ). Further details on participant flow are summarized in Fig. 1.

### Exercise capacity and metabolic risk factor measurement outcomes

Results of the primary outcome measure, weight-adjusted performance at the anaerobic lactate threshold ( $P_{AT}/\text{kg}$ ), showed significant increases in both IG and CG between baseline and 12 weeks (Table 1). There was a non-significant mean difference of 0.08 W/kg between the groups ( $p = 0.18$ ; 95% CI  $-0.20$  to  $0.04$ ).

Significant improvements in secondary outcome measures were found in both groups as shown in Table 1. While peak oxygen uptake ( $VO_{2\text{peak}}$ ) improved significantly in the IG, minimal change over time was found in the CG. Contrastingly, changes in peak ergometer performance ( $P_{\text{MAX}}/\text{kg}$ ) showed slight improvement in the IG, but improvement was significant in the CG. Reduction in heart rate during bicycle ergometry was significant in the IG whereas changes in heart rate were minimal in the CG. A significant decrease in waist circumference from baseline to study end was shown in both the IG and the CG. Participants in the CG showed a significant reduction in both BMI and body fat which was accompanied by a significant decrease over time in blood glucose levels and diastolic blood pressure. The number of daily step counts increased only in the IG but did not reach statistical significance. When comparing the mean differences in increase between the groups in any of the outcome measures, neither exercise strategy showed clear superiority except for a significant decrease of body fat in the CG ( $p = 0.04$ ).

Of the participants registered at the company's fitness center, 21 (91%) completed the intervention (IG = 12, CG = 9;  $p = 0.43$ ). There was no significant difference in the outcome measures between members of the fitness center and non-members except for a significant decrease of body fat ( $p = 0.005$ ).

Of the whole study population (IG and CG), 56 participants (72.7%) basically increased their performance at the anaerobic threshold.

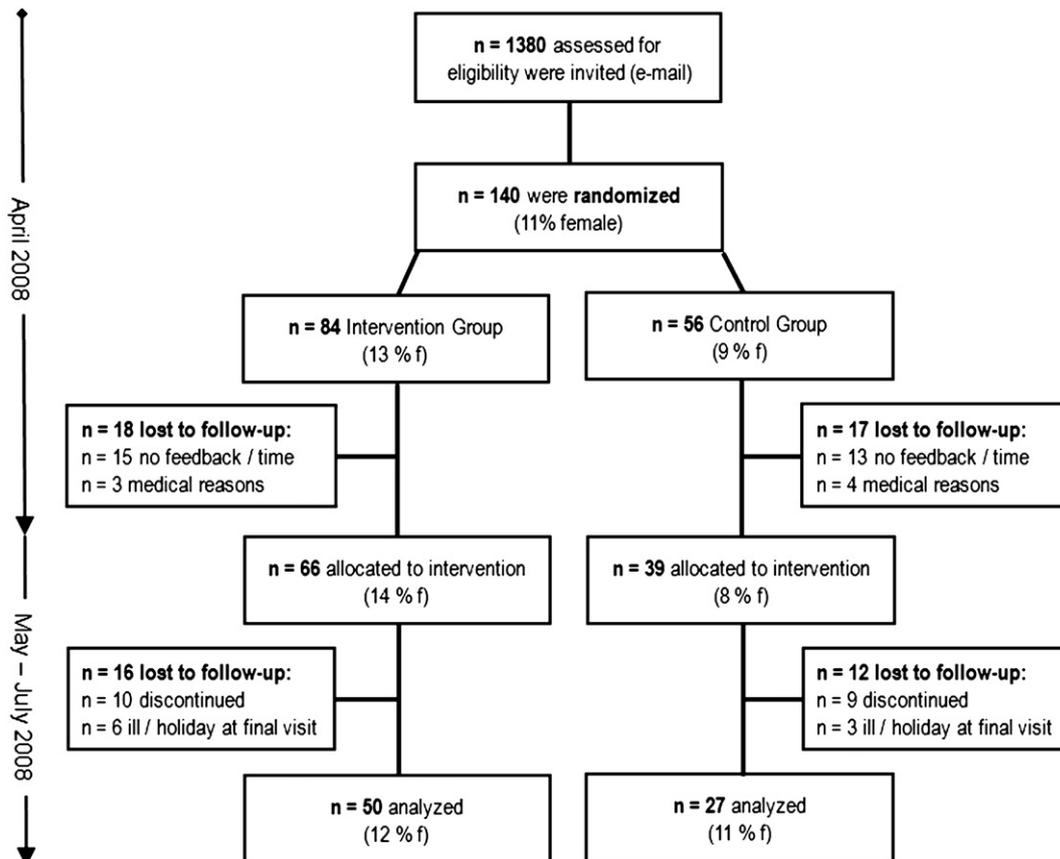


Fig. 1. Flow of participants through the trial. The study was conducted in Munich, Germany, from April through July 2008.

**Table 1**  
Results of study groups.

Outcome measures	Intervention group (n = 50)			Control group (n = 27)		
	Baseline	Final	p Value	Baseline	Final	p Value
P <sub>AT</sub> /kg, W/kg	1.68 (0.31)	1.81 (0.33)	0.002	1.59 (0.38)	1.80 (0.49)	<0.001
BMI, kg/m <sup>2</sup>	28.6 (1.9)	28.3 (2.0)	0.12	28.8 (2.5)	28.4 (2.4)	0.002
WC, cm	100.5 (7.9)	98.0 (7.8)	0.001	101.9 (8.7)	98.3 (8.5)	<0.001
Body fat, %	30.1 (5.2)	29.2 (5.7)	0.22	31.3 (6.6)	28.2 (5.6)	0.001
RR, mmHg	137/87 (16/11)	136/85 (13/9)	0.85/0.12	140/89 (14/10)	138/85 (12/7)	0.41/0.03
HDL, mg/dl	45.4 (10.0)	47.8 (9.6)	0.11	49.0 (11.3)	50.4 (11.6)	0.12
Triglycerides, mg/dl	158 (78)	156 (79)	0.86	189 (131)	192 (113)	0.89
Glucose, mg/dl	88 (14)	84 (13)	0.13	92 (11)	87 (11)	0.01
P <sub>MAX</sub> /kg, W/kg	2.50 (0.43)	2.60 (0.52)	0.08	2.39 (0.57)	2.55 (0.60)	<0.001
VO <sub>2</sub> peak, l/min	3.21 (0.63)	3.35 (0.74)	0.04	3.21 (0.78)	3.32 (0.67)	0.28
HR80–140 W, /min	123 (15)	116 (14)	<0.001	119 (14)	115 (12)	0.06
Daily step counts	7181 (6482)	8757 (5022)	0.81	6947 (3092)	6836 (4558)	0.87

BMI=body mass index; WC=waist circumference; RR=resting blood pressure; HDL=high-density lipoprotein cholesterol; P<sub>AT</sub>=performance at the anaerobic lactate threshold; P<sub>MAX</sub>=peak ergometer performance; VO<sub>2</sub>peak=peak ergometer performance; HR=mean heart rate at 80–140 W during ergometry.

Study conducted in Munich, Germany, from April through July 2008.

Results are given in mean (SD).

Thirty participants (39%) improved in all exercise parameters. Ninety-one percent showed general improvements in at least 3 metabolic parameters and six participants (7.8%) showed improvement in all metabolic and anthropometric parameters. A reduction in waist circumference was seen in a majority (80%) of participants.

#### Website use and acceptance of intervention

Of the 48 scheduled workouts, a total of (mean (SD)) 22.7 (10.6) were deactivated by the participants in the IG. The average length of these documented workouts was 54.6 (22.6) min. In addition, participants in the IG documented 9.5 (14.6) further activities with a mean length of 64.4 (65.8) min, leading to a total number of documented exercise sessions of 32.2 (19.6) with a mean length of 63.5 (23.0) min. Participants in the CG documented 43.1 (28.7) voluntary exercise sessions ( $p=0.15$  vs. IG) with a mean length of 72.7 (41.4) min ( $p=0.16$  vs. IG). In both groups, the majority of documented exercise sessions were endurance workouts with only 5 participants documenting more than 10 strength training sessions. The most popular activity in both groups was cycling, followed by walking, running, fitness training, and strength training. Ball sports were of minor importance.

Participants in both groups appreciated the intervention (IG: 4.1 (0.8), CG: 3.8 (0.9);  $p=0.27$ ) and felt more active (IG: 4.1 (0.8), CG: 3.8 (0.9);  $p=0.27$ ). School grades for the intervention were 1.9 (0.7) in the IG and 2.2 (0.9) in the CG ( $p=0.35$ ).

#### Discussion

This study provides evidence that internet-delivered exercise recommendations at a work site intervention lead to significant improvements in both exercise capacity and metabolic risk profile in overweight, sedentary employees. However, no additional positive effects on these parameters were seen by providing a structured exercise schedule, as similar improvements can also be obtained by a non-structured website only providing standard advice.

Low physical fitness is an independent predictor of cardiovascular and all-cause mortality (Kodama et al., 2009), leading to recommendations of regular exercise for primary prevention in current guidelines (Graham et al., 2007; Haskell et al., 2007). The metabolic syndrome describes a cluster of risk factors for cardiovascular disease and diabetes with a rising prevalence worldwide. Reducing these risk factors is a pivotal task in primary prevention (Alberti et al., 2009). Besides predicting all-cause mortality, low exercise capacity is a strong and independent predictor of incident metabolic syndrome. It has been recommended to increase fitness levels in primary

prevention particularly among those subjects who have already begun to cluster metabolic syndrome components (LaMonte et al., 2005a). Survival rates further improve with increasing exercise intensities (Franco et al., 2005), and more vigorous activity has been shown to particularly reduce diabetes risk in obese men (Siegel et al., 2009). Therefore, our study was designed to evaluate an internet-based exercise promotion recommending vigorous activities rather than promoting daily activity.

In contrast, the majority of web-based lifestyle interventions so far have focused on recommendations for moderate activities and behavior change, mainly determined by self-estimation using questionnaires or pedometers and accelerometers as objective measurements (Marcus et al., 2009; van den Berg et al., 2007). These approaches have only partly shown significant increases of daily activity (Carr et al., 2008; Hurling et al., 2007; Wanner et al., 2009), but direct measurements of physical fitness (e.g. aerobic exercise capacity) have not been assessed before. Wanner et al. (2009) compared a tailored website with different activity modules to a non-tailored site offering general information and found an increase in self-reported physical activity in both groups, whereas accelerometer data did not change after intervention. Similar data were obtained by Spittaels et al. (2007a) in a workplace setting. However, these studies evaluated websites tailored to measures of behavior change. In our study, we chose a structured, individualized approach providing participants with specific heart rates for appropriate exercise intensities within a given schedule whereas “non-structured” was limited to general advice. Our results indicate that delivering precise and individualized exercise recommendations seems to be of minor importance at least in this setting.

The influence of similar studies on metabolic outcomes is equivocal. Carr et al. (2008) investigated the effect of an IT-delivered behavior change program on metabolic risk factors and found a reduction of waist circumference in the intervention group, but a more pronounced reduction of body fat percentage in the control group without active intervention. Aerobic fitness was also assessed using a walking test and increased in both groups. Van Wier et al. (2009) delivered lifestyle modification strategies via e-mail or telephone in a work place setting and observed minor but significant reductions of body weight and waist circumference for both intervention arms compared to a control group receiving lifestyle brochures. Our study contributes to these findings by showing significant effects of internet-delivered recommendations for vigorous exercise on waist circumference in both groups. However, this could again not be attributed to the structured, individualized approach. Nonetheless, the improvement of abdominal fat measure is important from a preventive strategy as visceral fat is strongly

associated with metabolic and cardiovascular risk (Graham et al., 2007).

In general, lifestyle interventions are limited by high drop-out rates (Marcus et al., 2006; Toft et al., 2007). Likewise, in our study it took longer than anticipated to motivate 140 participants to register on the internet platform, despite sending invitations to 1,380 overweight and obese employees. However, when included, only 18% of participants actually quit during the exercise intervention period. This indicates a high acceptance rate among participants who start an exercise program. This was not dependent on body composition and risk profile as completers and drop-outs revealed similar data. Therefore the study results do not seem to be biased by drop-outs. Similar data were obtained by Buis et al. (2009) showing a response rate of only 15% despite inviting 47,000 candidates and drop-out rates of 21% during intervention. Overall, low response rates are a common problem in other similar intervention studies (Spittaels et al., 2007b; Verheijden et al., 2007; Ware et al., 2008). This shows that even the technological possibilities and unlimited availability of the internet is not sufficient to improve self-motivation. Therefore, it remains a major task for further research to define measures within internet-delivered exercise interventions which will induce improved participation and maintenance rates.

#### Study limitations and strengths

The duration of the program was 12 weeks, which might have been too short to detect significant differences between the two groups. Some of the differences between IG and CG may derive from the larger sample size in the IG. However, this seems of minor importance as neither exercise strategy showed clear superiority. Follow-up assessment would have provided information about the longer-term effectiveness of the program, which has been shown to decline over time in similar intervention studies (Carr et al., 2009). Statistically, we could not perform intention-to-treat analyses due to the lack of complete final data for the whole study population. However, to exclude a methodological bias, we performed sensitivity analysis with imputed conservative results for study drop-outs and did not find significant differences in outcome measures. A strength of this study compared to similar approaches is the high prevalence of male participants, which is, in turn, a limitation concerning the generalizability to women. However, the percentage of female participants is in line with the proportion of female employees in the company. Another strength of this study is the implementation of vigorous exercise into internet-delivered lifestyle interventions aiming at precise evaluation of aerobic capacity by lactate analysis during ergometry as well as assessing objective measures of maximal aerobic capacity ( $VO_2$ peak) during intervention.

#### Conclusion

The results of this study provide evidence that interactive websites are applicable to improve exercise capacity and metabolic risk profile in overweight, sedentary subjects in a workplace setting. Interestingly, internet-delivered structured advice for exercise was not superior to a non-structured general advice, but this conclusion is limited due to low participation numbers and high drop-out rates. Therefore, further research is warranted to determine the particular setting that will promote participation and maintenance rates within internet-delivered exercise interventions.

#### Funding

This research was part of the SPRINT project ([www.projekt-sprint.de](http://www.projekt-sprint.de)). SPRINT is a joint project of the Technische Universität München and its corporate partners and was funded by the German Ministry for Research and Education (contract number FKZ 01FD0609). Study

design, data collection, analysis and interpretation, writing of the report and submission of the results were not influenced by the funding source. This study was not financially supported by the BMW group; however, free access to facilities was enabled.

#### Conflict of interest statement

The authors declare that there are no conflicts of interest.

#### Acknowledgments

The authors greatly appreciate the logistical support of the BMW group, in particular A. Richter, MD, and J. Bischof, MD. Without their assistance this study would not have been possible. Furthermore, the authors gratefully acknowledge editorial assistance by C. Krcmar.

#### References

- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Bassett Jr., D.R., Schmitz, K.H., Emplaincourt, P.O., Jacobs Jr., D.R., Leon, A.S., 2000. Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32, S498–S504.
- Alberti, K.G., Eckel, R.H., Grundy, S.M., Zimmet, P.Z., Cleeman, J.I., Donato, K.A., Fruchart, J.C., James, W.P., Loria, C.M., Smith Jr., S.C., 2009. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and international association for the Study of Obesity. *Circulation* 120, 1640–1645.
- Buis, L.R., Poulton, T.A., Holleman, R.G., Sen, A., Resnick, P.J., Goodrich, D.E., Palma-Davis, L., Richardson, C.R., 2009. Evaluating Active U: An Internet-mediated physical activity program. *BMC Public Health* 9, 331.
- Carr, L.J., Barteel, R.T., Dorozynski, C., Broomfield, J.F., Smith, M.L., Smith, D.T., 2008. Internet-delivered behavior change program increases physical activity and improves cardiometabolic disease risk factors in sedentary adults: Results of a randomized controlled trial. *Prev. Med.* 46, 431–438.
- Carr, L.J., Barteel, R.T., Dorozynski, C.M., Broomfield, J.F., Smith, M.L., Smith, D.T., 2009. Eight-month follow-up of physical activity and central adiposity: Results from an Internet-delivered randomized control trial intervention. *J. Phys. Act. Health* 6, 444–455.
- Dickhuth, H.H., Huonker, M., Münzel, T., Drexler, H., Berg, A., Keul, J., 1991. Individual anaerobic threshold for evaluation of competitive athletes and patients with left ventricular dysfunction. In: Bachl, N., Graham, T.E., Löllgen, H. (Eds.), *Advances in ergometry*. Springer, New York, pp. 173–179.
- Franco, O.H., de, L.C., Peeters, A., Jonker, J., Mackenbach, J., Nusselder, W., 2005. Effects of physical activity on life expectancy with cardiovascular disease. *Arch. Intern. Med.* 165, 2355–2360.
- Graham, I., Atar, D., Borch-Johnsen, K., Boysen, G., Burell, G., Cifkova, R., Dallongeville, J., De, B.G., Ebrahim, S., Gjelsvik, B., Herrmann-Lingen, C., Hoes, A., Humphries, S., Knapp, M., Perk, J., Priori, S.G., Pyörälä, K., Reiner, Z., Ruilope, L., Sans-Menendez, S., Scholte op, R.W., Weisberg, P., Wood, D., Yarnell, J., Zamorano, J.L., Walma, E., Fitzgerald, T., Cooney, M.T., Dudina, A., Vahanian, A., Camm, J., De, C.R., Dean, V., Dickstein, K., Funck-Brentano, C., Filippatos, G., Hellemans, I., Kristensen, S.D., McGregor, K., Sechtem, U., Silber, S., Tendera, M., Widimsky, P., Zamorano, J.L., Hellemans, I., Altiner, A., Bonora, E., Durrington, P.N., Fagard, R., Giampaoli, S., Hemingway, H., Hakansson, J., Kjeldsen, S.E., Larsen, M.L., Mancia, G., Manolis, A.J., Orth-Gomer, K., Pedersen, T., Rayner, M., Ryden, L., Sammut, M., Schneiderman, N., Stalenhoef, A.F., Tokgozoglu, L., Wiklund, O., Zampelas, A., 2007. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Executive summary. *Eur. Heart J.* 28, 2375–2414.
- Haskell, W.L., Lee, I.M., Pate, R.R., Powell, K.E., Blair, S.N., Franklin, B.A., Macera, C.A., Heath, G.W., Thompson, P.D., Bauman, A., 2007. Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 116, 1081–1093.
- Haslam, D.W., James, W.P., 2005. Obesity. *Lancet* 366, 1197–1209.
- Hurling, R., Catt, M., Boni, M.D., Fairley, B.W., Hurst, T., Murray, P., Richardson, A., Sodhi, J.S., 2007. Using internet and mobile phone technology to deliver an automated physical activity program: Randomized controlled trial. *J. Med. Internet Res.* 9, e7.
- Karvonen, M., Kentala, E., Mustala, O., 1957. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.* 35, 307–315.
- Knebel, U., Esch, S., Pressler, A., Leimeister, J.M., Krcmar, H., 2009. Online, Set, Go - Design and empirical test of an IT-based physical activity intervention. In: Newell, S., Whitley, E., Pouloudi, N., Wareham, J., Mathiassen, L. (Eds.), *Information systems in a globalising world: Challenges, ethics and practices*, pp. 1518–1530.
- Knowler, W.C., Barrett-Connor, E., Fowler, S.E., Hamman, R.F., Lachin, J.M., Walker, E.A., Nathan, D.M., 2002. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J. Med.* 346, 393–403.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., Sone, H., 2009. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: A meta-analysis. *JAMA* 301, 2024–2035.

- LaMonte, M.J., Barlow, C.E., Jurca, R., Kampert, J.B., Church, T.S., Blair, S.N., 2005a. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: A prospective study of men and women. *Circulation* 112, 505–512.
- LaMonte, M.J., Blair, S.N., Church, T.S., 2005b. Physical activity and diabetes prevention. *J. Appl. Physiol.* 99, 1205–1213.
- Marcus, B.H., Ciccolo, J.T., Sciamanna, C.N., 2009. Using electronic/computer interventions to promote physical activity. *Br. J. Sports Med.* 43, 102–105.
- Marcus, B.H., Williams, D.M., Dubbert, P.M., Sallis, J.F., King, A.C., Yancey, A.K., Franklin, B.A., Buchner, D., Daniels, S.R., Claytor, R.P., 2006. Physical activity intervention studies: what we know and what we need to know: A scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity); Council on Cardiovascular Disease in the Young; and the Interdisciplinary Working Group on Quality of Care and Outcomes Research. *Circulation* 114, 2739–2752.
- Minderico, C.S., Silva, A.M., Keller, K., Branco, T.L., Martins, S.S., Palmeira, A.L., Barata, J.T., Carnero, E.A., Rocha, P.M., Teixeira, P.J., Sardinha, L.B., 2008. Usefulness of different techniques for measuring body composition changes during weight loss in overweight and obese women. *Br. J. Nutr.* 99, 432–441.
- National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel, 2002. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation* 106, 3143–3421.
- Shephard, R.J., 1988. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med.* 5, 185–195.
- Siegel, L.C., Sesso, H.D., Bowman, T.S., Lee, I.M., Manson, J.E., Gaziano, J.M., 2009. Physical activity, body mass index, and diabetes risk in men: A prospective study. *Am. J. Med.* 122, 1115–1121.
- Slootmaker, S.M., Chinapaw, M.J., Schuit, A.J., Seidell, J.C., Van, M.W., 2009. Feasibility and effectiveness of online physical activity advice based on a personal activity monitor: Randomized controlled trial. *J. Med. Internet Res.* 11, e27.
- Spittaels, H., De, B.I., Brug, J., Vandelanotte, C., 2007a. Effectiveness of an online computer-tailored physical activity intervention in a real-life setting. *Health Educ. Res.* 22, 385–396.
- Spittaels, H., De, B.I., Vandelanotte, C., 2007b. Evaluation of a website-delivered computer-tailored intervention for increasing physical activity in the general population. *Prev. Med.* 44, 209–217.
- Toft, U.N., Kristoffersen, L.H., Aadahl, M., von Huth, S.L., Pisinger, C., Jorgensen, T., 2007. Diet and exercise intervention in a general population—mediators of participation and adherence: The Inter99 study. *Eur. J. Public Health* 17, 455–463.
- Tuomilehto, J., Lindstrom, J., Eriksson, J.G., Valle, T.T., Hamalainen, H., Ilanne-Parikka, P., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Laakso, M., Louheranta, A., Rastas, M., Salminen, V., Uusitupa, M., 2001. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J. Med.* 344, 1343–1350.
- van den Berg, M.H., Schoones, J.W., Vliet Vlieland, T.P., 2007. Internet-based physical activity interventions: A systematic review of the literature. *J. Med. Internet Res.* 9, e26.
- van Wier, M.F., Ariens, G.A., Dekkers, J.C., Hendriksen, I.J., Smid, T., Van, M.W., 2009. Phone and e-mail counselling are effective for weight management in an overweight working population: A randomized controlled trial. *BMC Public Health* 9, 6.
- Vandelanotte, C., Spathonis, K.M., Eakin, E.G., Owen, N., 2007. Website-delivered physical activity interventions a review of the literature. *Am. J. Prev. Med.* 33, 54–64.
- Verheijden, M.W., Jans, M.P., Hildebrandt, V.H., Hopman-Rock, M., 2007. Rates and determinants of repeated participation in a web-based behavior change program for healthy body weight and healthy lifestyle. *J. Med. Internet Res.* 9, e1.
- Wanner, M., Martin-Diener, E., Braun-Fahrlander, C., Bauer, G., Martin, B.W., 2009. Effectiveness of active-online, an individually tailored physical activity intervention, in a real-life setting: Randomized controlled trial. *J. Med. Internet Res.* 11, e23.
- Ware, L.J., Hurling, R., Bataveljic, O., Fairley, B.W., Hurst, T.L., Murray, P., Rennie, K.L., Tomkins, C.E., Finn, A., Cobain, M.R., Pearson, D.A., Foreyt, J.P., 2008. Rates and determinants of uptake and use of an internet physical activity and weight management program in office and manufacturing work sites in England: Cohort study. *J. Med. Internet Res.* 10, e56.