

Grams L¹, Tegtbur U¹, Kück M¹, Gützlaff E¹, Marscholke M², Kerling A¹

Energieumsatzmessungen unter kontrollierten Bedingungen – Vergleich von Accelerometer, Multisensorsystem und mobiler Spiroergometrie

Energy Expenditure Measurements under Controlled Conditions – A Comparison of Accelerometry, Multisensorsystem and Mobile Spiroergometry

¹Institut für Sportmedizin, Medizinische Hochschule Hannover,

²Peter L. Reicherts Institut für Medizinische Informatik, Medizinische Hochschule Hannover

ZUSAMMENFASSUNG

Zur Erfassung körperlicher Aktivität und Quantifizierung des Energieumsatzes (EE) werden zunehmend Sensorsysteme eingesetzt. Um den praktischen Einsatz dieser zu überprüfen, ist die Zielsetzung der Studie, am Beispiel des triaxialen Beschleunigungssensors RT3* (RT3) und des Multisensorsystems SenseWear* (SW) herauszufinden, wie genau sie im Vergleich zur tragbaren Spiroergometrie Oxycon Mobile* (OM) Energieumsätze bei Alltagsaktivitäten unter kontrollierten Bedingungen erfassen. Methoden: 20 gesunde Probanden (10 männlich, 10 weiblich; Alter 25 ± 4 Jahre) absolvierten dazu eine Spiroergometrie und einen Bewegungsparcours, der die sechs Alltagsaktivitäten Liegen, Sitzende Tätigkeit, Gehen, Staub saugen, Treppe steigen und Rad fahren umfasste. Ergebnisse: Der Vergleich von RT3 zur OM zeigt für alle Aktivitäten (Liegen: -11 %, Sitzende Tätigkeit: -24 %, Gehen: +35 %, Staub saugen: -45 %, Treppe steigen: -36 %, Rad fahren: -68 %) signifikante Abweichungen ($p < 0.01$). SW hingegen berechnet für Sitzende Tätigkeit und Staub saugen weitgehend übereinstimmende EE verglichen zur OM. Bei allen weiteren ergeben sich signifikante Unterschiede (Liegen: -15 %, Gehen: +9 %, Treppe steigen: -25 %, Rad fahren: -39 %). Diskussion: RT3 zeigt abweichende Energieumsätze bei allen getesteten Aktivitäten im Vergleich zur OM. SW berechnet den Energieumsatz genauer, was auf eine bessere Aktivitätserkennung sowie eine genauere Regression durch zusätzliche Sensoren zurückzuführen ist. Mit steigendem Intensitätslevel der Aktivität nehmen die Abweichungen beider Aktivitätsmonitore zu.

Schlüsselwörter: Energieumsatz, Alltagsaktivität, Aktivitätsmonitore, Accelerometrie.

EINLEITUNG

Körperliche Aktivität ist eine Grundlage für die Aufrechterhaltung von körperlicher und geistiger Gesundheit. Entsprechende Untersuchungen haben den Schwerpunkt häufig auf die Beziehung von körperlicher Aktivität und Gesundheit gelegt, woraus sich ein Bedarf nach Methoden zur genauen Erfassung von Aktivität im Alltag und zur Quantifizierung des Energieumsatzes entwickelte (18,21).

Studien belegen die Notwendigkeit passender Werkzeuge für die praktische Umsetzung, um exakte, objektive Messungen des Aktivitätsverhaltens und des gesamten Energieumsatzes aufzuzeichnen (5,15,20). Diesbezüglich bieten Aktivitätsmonitore auf Basis der

SUMMARY

Introduction: Health enabling technologies are widely used to measure physical activities of daily living (PADL) and quantify energy expenditure (EE). Therefore, the purpose of this study was to examine how accurate the triaxial accelerometer RT3* (RT3) and the SenseWear* Armband (SW) are able to detect EE in PADL compared to the portable spirometry system Oxycon Mobile* (OM). Methods: After a spirometry VO_{2max} test, EE was measured in 20 healthy adults (10 males, 10 females; age 25 ± 4 yrs). They completed six PADL (Resting Metabolic Rate (RMR), computer work, walking, vacuuming, stair stepping and cycling) under controlled, laboratory conditions. Results: Calculations display significant differences between RT3 compared to OM EE quantifications (RMR: -11 %, computer work: -24 %, walking: +35 %, vacuuming: -45 %, stair stepping: -36 %, cycling: -68 %). SW shows similar results between computer work and vacuuming compared to OM whereas all other activities were significantly different between measurement systems (RMR: -15 %, walking: +9 %, stair stepping: -25 %, cycling: -39 %). Discussion: RT3 shows a lack of accuracy in determining EE for all activities tested compared to OM. SW, which uses further sensors to detect activity types, measures more accurately applying specific regressions for calculating EE. Increased intensity of physical activity results in underestimated EE of both sensors compared to OM.

Key Words: Energy Expenditure, PADLs, Activity Monitors, Accelerometry.

Accelerometrie eine Reihe von Vorteilen gegenüber Fragebögen oder Interviews (6,10). Sie gelten als praktische, unauffällige und relativ günstige Geräte zur Erfassung von körperlicher Aktivität, wobei neben dem Energieumsatz (14) auch Frequenz, Intensität und Dauer der Aktivität ermittelt werden. Sie sind damit gut geeignet, Fragen hinsichtlich Aktivitätsmustern zu beantworten (11).

Ziel der Studie ist es, Energieumsätze von Alltagsaktivitäten mittels eines Accelerometers und eines Multisensorsystems unter kontrollierten und standardisierten Bedingungen zu erfassen sowie hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit mit einer mobilen Spiroergometrie als Referenzmethode zu vergleichen. Zielgrößen sind die Messung des Energieumsatzes in $\text{kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ während der

Tabelle 1: Probanden.

Probanden (n=20)	Mittelwert	Standardabweichung
Alter (Jahre)	25,2	3,6
Größe (cm)	178,7	9,6
Gewicht (kg)	73,5	17,3
BMI	22,7	3,2
VO _{2max} (ml•kg ⁻¹ •min ⁻¹)	44,3	7,4
Watt / kg	3,6	0,5

definierten Aktivität sowie die Bestimmung der Abweichung zur mobilen Spiroergometrie.

MATERIAL UND METHODEN

Die offene, monozentrische prospektive Studie mit gesunden Erwachsenen wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Hannover geprüft und genehmigt. Vor Beginn der Untersuchungen gaben alle Teilnehmer ihre schriftliche Einwilligung.

Probandenbeschreibung

Das Probandenkollektiv bestand aus 20 gesunden Erwachsenen (s. Tab.1). Ausschlusskriterien waren das Vorliegen einer akuten oder chronischen Erkrankung, eine regelmäßige Medikamenteneinnahme, ein pathologisches Belastungs-EKG sowie körperliche Inaktivität.

Untersuchung 1: Spiroergometrischer Stufentest

Die Leistungsfähigkeit der Probanden wurde mittels eines Stufentests (Spiroergometrie) auf einem Fahrradergometer festgestellt. Dieser umfasste eine 3-minütige Aufwärmphase bei 20 Watt, danach eine Steigerung um 50 Watt alle 3 Minuten bis zur körperlichen Erschöpfung und eine 5-minütige Abwärmphase bei 30 Watt.

Untersuchung 2: Standardisierter Bewegungsparcours

Aktivität 1 (Liegen 15 min): Die Probanden lagen mit leicht erhöhtem Kopf und Schultern in einem abgedunkelten Raum (12). Alle externen Reize wurden vermieden. **Aktivität 2** (Sitzende Tätigkeit 15 min): Die Probanden befanden sich in sitzender Position und schrieben am PC einen fortlaufenden Text aus einem Buch ab (12). **Aktivität 3** (Gehen 6 min): Die Alltagsaktivität Gehen wurde anhand des standardisierten „6 Minutes Walking Test“ (8) durchgeführt. **Aktivität 4** (Staub saugen 15 min): Mit einem Staubsauger wurde eine 41m² große Fläche gesaugt. **Aktivität 5** (Treppe steigen 15 min): Die Probanden stiegen einen Step (Höhe: 19 cm) auf- und abwärts. Dabei wurde nach jeweils 5 Zyklen mit dem anderen Bein begonnen (9). Der Step sollte jeweils mit dem ganzen Fuß betreten werden. **Aktivität 6** (Rad fahren 15 min): Nach einer 2-minütigen Aufwärmphase bei 50 Watt folgte die 10-minütige Arbeitsphase bei 60% der im Stufentest erreichten Maximalleistung (10). Die Abwärmphase dauerte 3 min bei 50 Watt.

Die Reihenfolge der Aktivitäten wurde nach ansteigendem Energieumsatz festgelegt, um das Messergebnis der nachfolgenden Aktivitäten nicht zu beeinflussen.

Im Bewegungsparcours wurden zwei Aktivitätsmonitore und die mobile Spiroergometrie parallel eingesetzt, um den Energieumsatz bei Alltagsaktivitäten unter kontrollierten Bedingungen zu bestimmen. Vor den Messungen sollten die Probanden nicht rauchen sowie

Tabelle 2: Multi-Sensor-Parcours Vergleich von Oxycon Mobile (OM) gegen RT3 und OM gegen SenseWear (SW).

Multi-Sensor-Parcours				
	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	
(kcal•kg ⁻¹ •h ⁻¹)				
Aktivität 1: Liegen				
OM	20	1,44	0,34	
RT3	20	1,28	0,24	●●
SW	20	1,23	0,23	▲▲
Aktivität 2: Sitzende Tätigkeit				
OM	20	1,74	0,41	
RT3	20	1,33	0,34	●●
SW	20	1,92	0,53	
Aktivität 3: Gehen				
OM	20	4,87	1,30	
RT3	20	6,59	1,67	●●
SW	20	5,32	1,11	▲
Aktivität 4: Staub saugen				
OM	20	4,54	0,99	
RT3	20	2,50	0,63	●●
SW	20	4,24	0,91	
Aktivität 5: Treppe steigen				
OM	20	6,79	1,83	
RT3	20	4,34	1,38	●●
SW	20	5,06	1,22	▲▲
Aktivität 6: Rad fahren				
OM	20	10,94	3,41	
RT3	20	3,51	1,62	●●
SW	20	6,64	2,17	▲▲
●●	p<0,01 RT3 vs. OM			
▲	p<0,05 SW vs. OM			
▲▲	p<0,01 SW vs. OM			

4 Stunden vorher keine Nahrung zuführen und auf den Stoffwechsel wirkende Getränke verzichten, um die Beeinflussung des Energieumsatzes durch nahrungsabhängige Thermogenese gering zu halten (19). Zwischen den Tätigkeiten wurde eine Pause von 5 min sitzend eingehalten. Bei den Aktivitäten Gehen, Staub saugen und Treppe steigen bekamen die Probanden den Hinweis, diese Tätigkeiten in einem für sie individuellen „Alltags-Tempo“ durchzuführen. Für die Auswertung wurden aufgrund des „VO₂-steady state“ bei Aktivitäten von 15 min Dauer die Werte der dritten bis zwölften Minute herangezogen (15). Bei der Tätigkeit Gehen wurden die zweite bis sechste Minute zur Auswertung genommen.

Oxycon Mobile (OM)

OM ist ein drahtloses, tragbares, computerisiertes Spiroergometriesystem (Firma Viasys Healthcare, Deutschland), das jeden Atemzug während der Untersuchung (breath by breath) aufzeichnet und analy-

siert. Jeder Messung geht dabei eine 20-minütige Aufwärmphase und eine Kalibrierung voraus.

SenseWear (SW)

SW ist ein Aktivitätsmonitor (Firma Bodymedia, Deutschland), der die kontinuierliche Aufzeichnung physiologischer Parameter ermöglicht (2). Es beinhaltet einen zweiaxialen Beschleunigungssensor (longitudinal und transversal), zwei Temperatursensoren (Körpertemperatur und körpernahe Temperatur), einen Wärmeflussensor sowie einen Galvanic-Skin-Response-Sensor zur Messung der Leitfähigkeit der Haut. Mit Hilfe dieser Sensoren erfolgt eine Kontextregistrierung zur Erkennung der durchgeführten Aktivität sowie die Berechnung des EE über eine kontextspezifische lineare Regression (Software Version 6.1) (2). SW wird laut Hersteller unabhängig von der dominanten Hand am rechten Oberarm platziert. Jedes Gerät wurde vor Gebrauch mit den persönlichen Daten der Probanden initialisiert (Name, Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht, Rechts- Linkshändigkeit, Raucher/ Nichtraucher).

Beschleunigungssensor RT3

Der Beschleunigungssensor RT3 (Firma Stayhealthy Inc, USA) erfasst Beschleunigungen in drei Achsen (orthogonale Achsen: Vertikal X, Anteriorposterior Y und Mediolateral Z) und wird laut Hersteller auf Hüfthöhe getragen (22). Für jede dieser Achsen werden die Beschleunigungen in activity counts umgewandelt und über eine lineare Re-

gression als EE ausgegeben (Software Version 1.2). Vor jeder Messung wurde der Sensor mit den persönlichen Daten (Name, Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht) der Probanden programmiert.

Statistik

Der Vergleich der drei Sensorsysteme erfolgte über eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Faktor Sensorsystem und dem nicht messwiederholten Faktor Geschlecht (SPSS Version 15). Dabei wurden die Korrekturen nach Greenhouse-Geisser und Bonferroni angewendet. Als Signifikanzniveau gilt $p < 0,05$. Die Normalverteilung wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests überprüft.

Für die graphische Darstellung des Vergleichs der Sensorsysteme wurden Bland-Altman-Diagramme mit der mobilen Spiroergometrie als Referenzmethode gewählt.

ERGEBNISSE

Stufentest

Die Ergebnisse der Spiroergometrie sind in Tab. 1 aufgeführt.

Bewegungsparcours

Die Ergebnisse des Bewegungsparcours sind tabellarisch in Tab. 2 dargestellt. Aufgrund der Zielsetzung und der geringen Probanden-

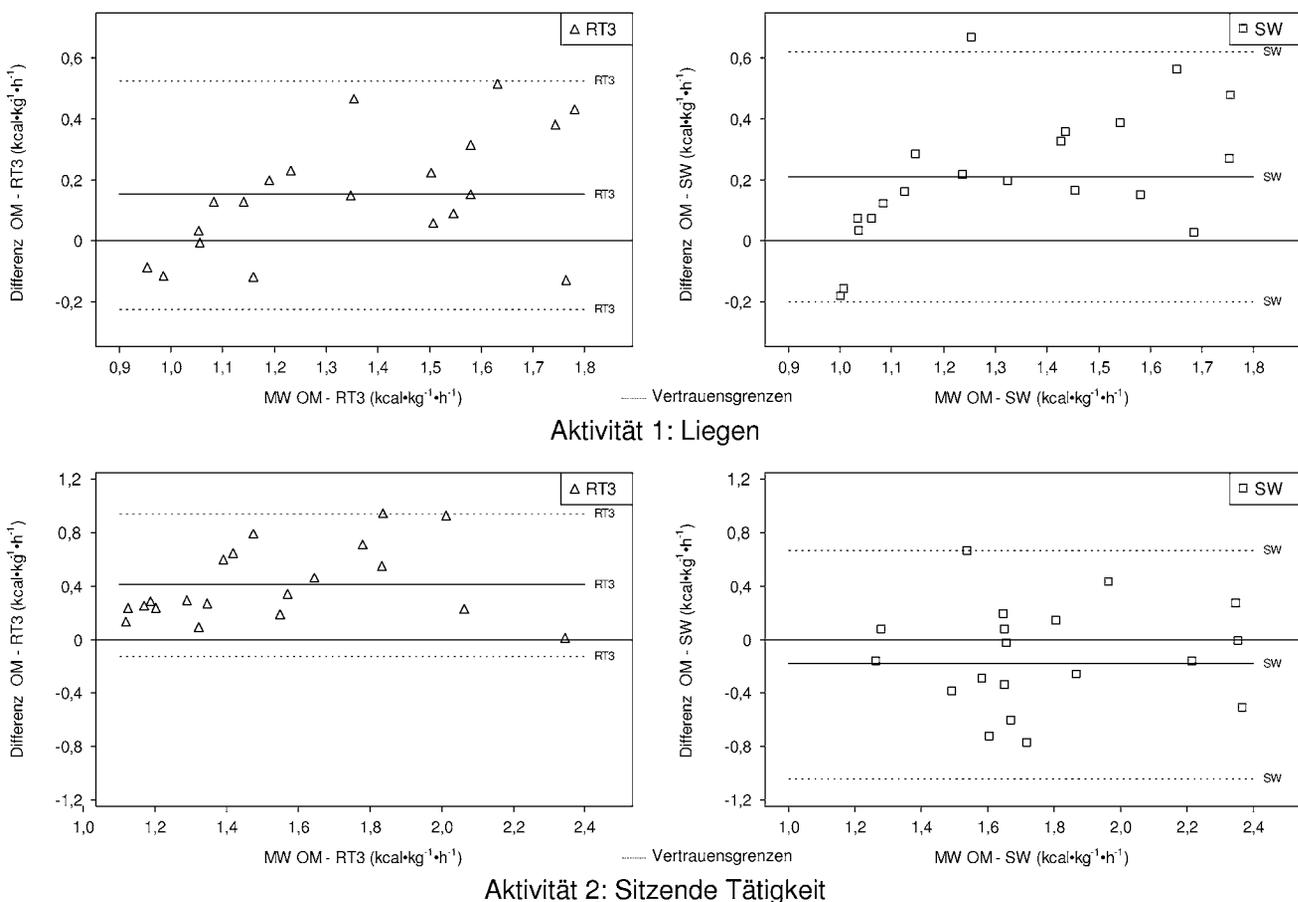


Abbildung 1a: Bland-Altman-Diagramme der Aktivitäten Liegen und Sitzende Tätigkeit.

anzahl wird trotz signifikanter Geschlechtsunterschiede die untersuchte Probandengruppe als eine Gruppe betrachtet.

Bei der Aktivität Liegen sind die Energieumsätze (EE) von RT3 und von SW geringer als der EE der OM (RT3: $1,28 \pm 0,24 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; SW: $1,23 \pm 0,23 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; OM: $1,44 \pm 0,34 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). RT3 zeigt beim Sitzen ebenfalls einen niedrigeren EE als OM und SW (RT3: $1,33 \pm 0,34 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; SW: $1,92 \pm 0,93 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $p > 0,05$; OM: $1,74 \pm 0,41 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Beide Sensoren berechnen beim Gehen höhere EE als OM (RT3: $6,59 \pm 1,67 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; SW: $5,32 \pm 1,11 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; OM: $4,87 \pm 1,30 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Beim Staub saugen ermittelt RT3 einen niedrigeren EE als OM und SW (RT3: $2,50 \pm 0,63 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; SW: $4,24 \pm 0,91 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, $p > 0,05$; OM: $4,54 \pm 0,99 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Die Aktivität Treppe steigen ergibt sowohl für RT3, als auch für SW niedrigere EE als OM (RT3: $4,34 \pm 1,38 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; SW: $5,06 \pm 1,22 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; OM: $6,79 \pm 1,83 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Beim Rad fahren liegen der EE des RT3 und des SW erheblich unter dem Vergleichswert der OM (RT3: $3,51 \pm 1,62 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; SW: $6,64 \pm 2,17 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; OM: $10,94 \pm 3,41 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

In den Abb. 1a-1c ist der Vergleich der Messgenauigkeit von RT3 und SW im Vergleich zur OM für die gemessenen Aktivitäten mit Bland-Altman-Diagrammen dargestellt, die die beiden Sensoren mit ihren jeweiligen Abweichungen zur OM zeigen. Auffällig ist die gute Übereinstimmung bei der Aktivität Sitzende Tätigkeit bei SW und die enormen Abweichungen beider Sensoren beim Rad fahren (Abb. 1c).

DISKUSSION

Die über die Oxycon Mobile (OM) gemessenen Energieumsätze zeigen eine hohe Übereinstimmung ($\pm 5\%$) mit Werten des Compendium of Physical Activity (1), sodass der Bewegungsparcours für das untersuchte Probandenkollektiv die differenzierte Erfassung von Energieumsätzen von Alltagsaktivitäten mittels tragbarer Spiroergometrie ermöglicht. Der Vergleich von Energieumsätzen bei Alltagsaktivitäten zwischen modernen Sensortechnologien und indirekter Kalorimetrie zeigt abhängig von Aktivität, Intensität und Geschlecht individuelle Unterschiede.

Da keine einzelne Regression zur Berechnung des Energieumsatzes alle Alltagsaktivitäten abdeckt, kommt der Erkennung der zureichenden Aktivität eine hohe Bedeutung zu, sodass eine auf diese abgestimmte Regression herangezogen wird. Durch die zusätzlichen Sensoren hat SenseWear (SW) hier Vorteile gegenüber dem reinen Beschleunigungssensor RT3. So kann der Galvanic-Skin-Response-Sensor Änderungen der Leitfähigkeit der Haut hervorgerufen durch Schweiß feststellen und damit einen zusätzlichen Indikator für die Intensität der Aktivität liefern. Auch die über die Temperatursensoren ermittelte, vom Körper produzierte, Wärme fließt in diese Erkennung mit ein (3). Infolgedessen können Aktivitäten mit gleichen Beschleunigungen aber unterschiedlichen EE, wie z.B. Gehen auf einer Ebene und Gehen mit Anstieg, oder mit unterschiedlichen Beschleunigungen aber gleichen EE, wie z.B. Ge-

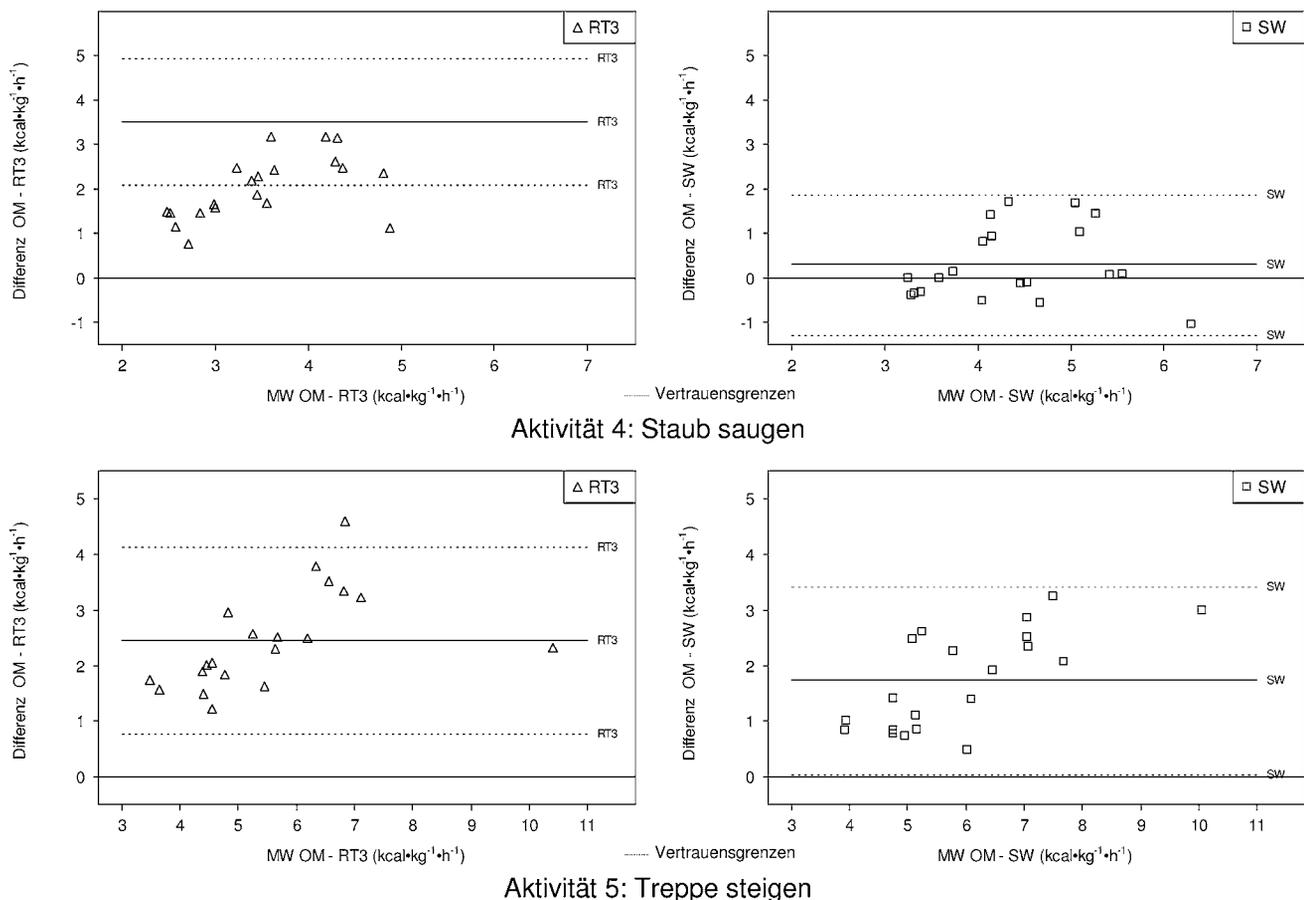


Abbildung 1b: Bland-Altman-Diagramme der Aktivitäten Staub saugen und Treppe steigen.

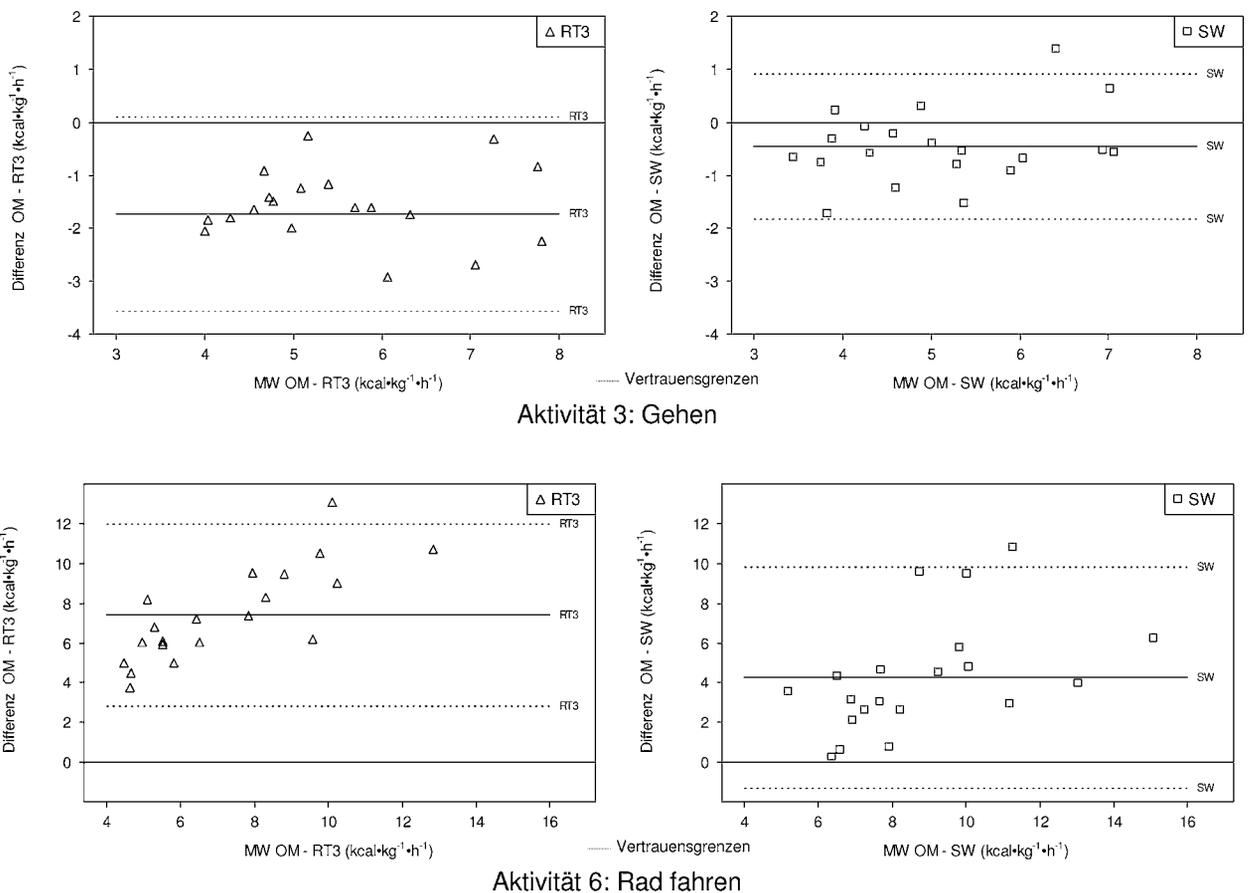


Abbildung 1c: Bland-Altman-Diagramme der Aktivitäten Gehen und Rad fahren.

hen und Staub saugen, vom RT3 nicht unterschieden werden (24). Im Vergleich dazu kann SW durch die zusätzlichen Sensoren diese Aktivitäten differenzieren. RT3 als reiner Beschleunigungssensor hingegen kann Aktivitäten mit wenig oder gar keiner Bewegung bzw. mit Beschleunigung in nur einer Richtung schwer erfassen (6,10,14). Er wird laut Hersteller an der Hüfte getragen, sodass eine Bewegungserfassung des Oberkörpers ohne Beschleunigung des Körpers in vertikaler oder horizontaler Richtung schwierig erscheint (22,26). Bei Aktivitäten wie z.B. Heben von Gewichten kann die Position des SW am Oberarm zusätzlich zu den Sensoren von Vorteil sein.

Die Abweichungen beider Sensorsysteme nehmen mit steigendem Aktivitätslevel zu (3). Auffällig dabei ist, dass sich beim SW erst bei intensiveren Aktivitäten wie Treppen steigen oder Rad fahren signifikante Unterschiede ergeben. Möglicherweise passen die den Berechnungen zugrundeliegenden Regressionen nicht optimal zum untersuchten Kollektiv. Im Gegensatz dazu weicht RT3 für alle Aktivitäten signifikant von OM ab. Der niedrigere Energieumsatz der Aktivität Sitzende Tätigkeit beim RT3 im Vergleich zur OM lässt sich dadurch erklären, dass durch fehlende Beschleunigung die Aktivität „Sitzen“ nicht erkannt wird und somit annähernd der Ruheumsatz berechnet wird. Im Gegensatz dazu kann SW durch die Position am Arm und die zusätzlichen Sensoren der Aktivität die passende Regression zuordnen. Bei Messungen im Alltag würde dies beim RT3 einen geringeren Energieverbrauch suggerieren und entsprechend in einem fehlerhaften Gesamtenergieumsatz resultieren. Dies bedeutet für eine Person mit 70kg einen Minderver-

brauch von -29kcal/h; SW weicht hierbei lediglich um -13kcal/h ab. Auch bei der Aktivität Rad fahren zeigen sich für den RT3 erheblich größere Differenzen im Alltag als für SW (RT3 -520kcal/h, SW -301kcal/h). Hier scheinen die zusätzlichen Sensoren des SW zumindest gegenüber RT3 eine höhere Intensität zu ermitteln, wobei diese immer noch deutlich unter OM liegt. Die Aktivitäten Gehen sowie Staub saugen und Treppe steigen fallen laut WHO in einen Bereich moderater Aktivität (3 bis 6 METs). Dabei wird Gehen ein großer Stellenwert hinsichtlich des Erreichens der empfohlenen 30 min moderater körperlicher Aktivität pro Tag zugesprochen. Zu hohe Berechnungen beim Gehen von RT3 und SW sind in der Literatur ebenfalls zu finden (10,14,24,25). Beim RT3 weichen hier die Ergebnisse um +120kcal/h und beim SW um +32kcal/h ab.

Abschließend kann fest festgestellt werden, dass Aktivitätsmonitore die Erfassung körperlicher Aktivität im Alltag und unter kontrollierten Bedingungen ermöglichen und durch fortlaufende Datenerfassung Vorteile gegenüber Aktivitäts-Fragebögen oder -Interviews bieten. Unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen kann durch die Untersuchung von Alltagsaktivitäten mit Hilfe von modernen Sensortechnologien ein guter Eindruck gewonnen werden, mit welcher durchschnittlichen Intensität körperliche Aktivitäten ausgeführt werden. Da bei Interventionsprogrammen zur Gewichtsreduktion Inaktivität eine wesentliche Rolle spielt, sollte von den beiden untersuchten Aktivitätsmonitoren eher SW in der Praxis genutzt werden, weil es Energieumsatzberechnungen mit hoher Genauigkeit bei Aktivitäten mit niedriger bis mittlerer Intensität ermöglicht.

Zum anderen ist Grundlage einer optimalen Intervention die initial durchgeführte Bestimmung von Energieverbrauch sowie Energiezufuhr. Dies gilt insbesondere, wenn eine Bewertung der Energiezufuhr anhand einer Ernährungsanalyse im Rahmen eines Gesundheitsprogramms durchgeführt wird. Um dies zu erreichen, müssen die spezifischen Regressionen für Alltagsaktivitäten noch verbessert werden. Durch die Verwendung von Entscheidungsbäumen (4), Neuronalen Netzen (23) oder Hidden Markov Modellen (21) kann eine Verbesserung sowohl der Erkennung von Alltagsaktivitäten bei reinen Beschleunigungssensoren als auch der Regression erreicht werden. Nachteile für die Praxis sind dabei aber die zur Anpassung nötigen großen Datenmengen und das Fehlen einer sofortigen Ausgabe des EE.

Die divergenten Energieumsätze der Sensorsysteme zur OM bedürfen vorsichtiger Interpretation aufgrund der wenigen Studienteilnehmer. Diesbezüglich sind weitere Studien zur Verifizierung der Ergebnisse mit höherer Probandenzahl geplant. Der Vergleich von OM, SW und RT3 unter realen und standardisierten Bedingungen stellt ein ebenso interessantes Themenfeld dar, wie auch die Untersuchung weiterer Kollektive. Ziel weiterführender Studien sollte es sein, mittels moderner Gesundheitstechnologien Daten zu erheben, um daraus präventive und rehabilitative Maßnahmen zu entwickeln, die einem zunehmend inaktiven Lebensstil entgegen wirken.

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

LITERATUR

- AINSWORTH BE, HASKELL WL, WHITT MC, IRWIN ML, SWARTZ AM, STRATH SJ, O'BRIEN WL, BASSETT DR, SCHMITZ KH, EMBLAINCOURT PO, JACOBS DR, LEON AS: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000) 498-504.
- ANDRE D, TELLER A: Health Care. Anywhere Today. *Stud Health Technol Inform* 118 (2005) 89-110.
- ARVIDSSON D, SLINDE F, LARSSON S, HULTHEN L: Energy cost of physical activities in children: validation of SenseWear Armband. *Med Sci Sports Exerc* 39 (2007) 2076-2084.
- BONOMI AG, GORIS AH, YIN B, WESTERTERP KR: Detection of type, duration, and intensity of physical activity using an accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 41 (2009) 1770-1777.
- BROOKS AG, WITHERS RT, GORE CJ, VOGLER AJ, PLUMMER J, CORMACK J: Measurement and prediction of METs during household activities in 35-45-year-old females. *Eur J Appl Physiol* 91 (2004) 638-648.
- CAMPBELL KL, CROCKER PRE, MCKENZIE D: Field evaluation of energy expenditure in woman using Tritrac accelerometers. *Med Sci Sports Exerc* 34 (2002) 1667-1674.
- DUNCAN GE, LESTER J, MIGOTSKY S, GOH J, HIGGINS L, BORRIELLO G: Accuracy of a novel multi-sensor board for measuring physical activity and energy expenditure. *Eur J Appl Physiol* (2011) Jan 20 [Epub ahead of print].
- ENRIGHT PL: The six-minute walk test. *Respir Care* 48 (2003) 783-785.
- FEHLING PC, SMITH DL, WARNER SE, DALSKY GP: Comparison of accelerometers with oxygen consumption in older adults during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 31 (1999) 171-175.
- FRUIN ML, RANKIN JW: Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 36 (2004) 1063-1069.
- GARATACHEA N, TORRES LUQUE G, GONZALEZ GALLEGUO J: Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometer in older adults. *Nutr Hosp* 25 (2010) 224-230.
- HARREL JS, MCMURRAY RG, BAGGETT CD, MICHAEL L, PEARCE PF, BANGDIWALA S: Energy Cost of Physical Activities in Children and Adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 37 (2005) 329-336.
- HUSSEY J, BENNETT K, DWYER JO, LANGFORD S, BELL C, GORMLEY J: Validation of the RT3 in the measurement of physical activity in children. *J Sci Med Sport* 12 (2009) 130-133.
- JACOBI D, PERRIN AE, GROSMAN N, DORÉ MF, NORMAND MF, OPPERT JM, SIMON C: Physical activity related energy expenditure with the RT3 and TriTrac accelerometers in overweight adults. *Obesity (Silver Spring)* 15 (2007) 950-956.
- JAKICIC JM, MARCUS M, GALLAGHER KI, RANDALL C, THOMAS E, GROSS FL, ROBERTSON RJ: Evaluation of the SenseWear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 36 (2004) 897-904.
- JAKICIC JM, WINTERS C, LAGALLY K, HO J, ROBERTSON RJ, WING RR: The accuracy of the TriTrac-R3D accelerometer to estimate energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 31 (1999) 747-754.
- JEROME GJ, YOUNG DR, LAFERRIERE D, CHEN C, VOLLMER WM: Reliability of the RT3 accelerometers among overweight and obese adults. *Med Sci Sports Exerc* 41 (2009) 110-114.
- MONTOYE HJ: Introduction: evaluation of some measurements of physical activity and energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000) 349-441.
- MÜLLER M, BOSY-WESTPHAL A, DILBA B, BADER N, KORTH O: Energieverbrauch und Energiebedarf gesunder Menschen. *Aktuel Ernähr Med* 31 (2006) 98-109.
- MÜLLER C, WINTER C, ROSENBAUM D: Aktuelle objektive Messverfahren zur Erfassung körperlicher Aktivität im Vergleich zu subjektiven Erhebungsmethoden. *Dtsch Z Sportmed* 61 (1) (2010) 11-17.
- POBER DM, STAUDENMAYER J, RAPHAEL C, FREEDSON PS: Development of novel techniques to classify physical activity mode using accelerometers. *Med Sci Sports Exerc* 38 (2006) 1626-1634.
- POWELL SM, ROWLANDS AV: Intermonitor variability of the RT3 accelerometer during typical physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 36 (2004) 324-330.
- STAUDENMAYER J, POBER D, CROUTER S, BASSETT D, FREEDSON P: An artificial neural network to estimate physical activity energy expenditure and identify physical activity type from an accelerometer. *J Appl Physiol* 107 (2009) 1300-1307.
- TROST SG, MCIVER KL, PATE RR: Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc* 37 (2005) 531-543.
- WELK GJ, BLAIR SN, WOOD K, JONES S, THOMPSON RW: A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000) 489-497.
- WITHERS R T, BROOKS AG, GUNN SM, PLUMMER JL, GORE CJ, CORMACK J: Self-selected exercise intensity during household/garden activities and walking in 55 to 65-year-old females. *Eur J Appl Physiol* 97 (2006) 494-504.

Korrespondenzadresse:

Lena Grams (M.A.)

Institut für Sportmedizin

Medizinische Hochschule Hannover

Carl-Neuberg-Str. 1

30625 Hannover

E-Mail: grams.lena@mh-hannover.de