地域在住高齢者における活動量計で測定した歩行動作中の推定エネルギー量の基準関連妥当性の検討

The Validity of Energy Expenditure Measured by an Accelerometer of Community-dwelling Elderly during Walking Activity

新井 智之^{1,2)} 藤田 博暁^{1,2)} 丸谷 康平^{1,2)}
森田 泰裕^{2,3)} 旭 竜馬^{2,4)} 石橋 英明^{2,5)}

TOMOYUKI ARAI, RPT, PhD^{1,2)}, HIROAKI FUJITA, RPT, PhD^{1,2)}, KOHEI MARUYA, RPT, PhD^{1,2)},
YASUHIRO MORITA, RPT, MS^{2,3)}, RYOMA ASAHI, RPT, MS^{2,4)}, HIDEAKI ISHIBASHI, MD, PhD^{2,5)}

¹⁾ Department of Physical Therapy Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University: 981 Kawakado, Moroyama-cho, Iruma-gun, Saitama 350-0496, Japan TEL +81 48-295-1001 E-mail: araitm124@gmail.com

²⁾ Orthopaedic Institute for the Elderly

³⁾ Department of Rehabilitation, JCHO Tokyo Shinjuku Medical Center

⁴⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Japan University of Health Science

⁵⁾ Ina Hospital Orthopedics

Rigakuryoho Kagaku 33(3): 411-414, 2018. Submitted Nov. 24, 2017. Accepted Jan. 9, 2018.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of study was to consider the validity of energy expenditure measured by an accelerometer of community-dwelling elderly. [Subjects and Methods] The subjects were 33 community-dwelling older adults. We measured oxygen uptake using a portable expired gas analyzer and energy expenditure using a portable accelerometer during walking. The Pearson correlation test was used to examine the relationships between oxygen uptake and energy expenditure. [Results] Energy expenditure measured by the portable accelerometer moderately correlated with oxygen uptake measured by the portable expired gas analyzer. [Conclusion] This result suggests that energy expenditure measured by a portable accelerometer is a useful method for evaluating the physical activity of community-dwelling elderly.

Key words: physical activity, energy expenditure, community-dwelling elderly

要旨:〔目的〕本研究では地域在住高齢者において、活動量計によって測定された消費エネルギー (kcal) の妥当性を検討することを目的とした。〔対象と方法〕対象は地域在住中高年者 33 人 (平均年齢は 69.4 ± 5.1 歳) であった。測定は 3 段階の運動負荷による平地歩行を行った。歩行中に腰部に取り付けた活動量計により、消費エネルギーの測定を行った。また酸素摂取量の測定は、携帯型呼気ガス分析器を用い、breath-by-breath 法により計測した。解析は酸素摂取量と消費エネルギーの相関関係を分析した。〔結果〕酸素摂取量と消費エネルギーとの相関係数は、0.629 と有意な中等度の相関関係を示した。〔結語〕活動量計における消費エネルギー量の測定は、身体活動量測定としての、基準関連妥当性を有していることが示唆された。

キーワード: 身体活動量, 消費エネルギー, 地域在住高齢者

¹⁾ 埼玉医科大学 保健医療学部 理学療法学科: 埼玉県入間郡毛呂山町川角 981 (〒350-0496) TEL 048-295-1001

²⁾ 特定非営利活動法人 高齢者運動器疾患研究所

³⁾ JACO 東京新宿メディカルセンター リハビリテーション室

⁴⁾ 日本保健医療大学 保健医療学部 理学療法学科

⁵⁾ 伊奈病院 整形外科

I. はじめに

高齢化・長寿化が進む我が国においては、高齢者の介護予防や健康寿命の延伸に向けた取り組みが必要となっている。運動を含めた身体活動には、死亡率や生活習慣病を減少させ、高齢者の生活機能を高める効果があることが証明されており、身体活動量を高めることは、高齢者の健康増進に必要不可欠な要因である^{1,2)}。厚生労働省が平成25年度に作成した新健康日本21（第2次）³⁾においても、今後10年の目標として、日常生活における歩数の増加や運動習慣者の割合の増加という目標が挙げられ、身体活動を高めることの重要性が高まっている。

日常生活における身体活動量や運動強度は、動作時の酸素摂取量により規定されるものである。しかし酸素摂取量の測定は呼気ガス分析装置などの高価な機器を用いることでしか測定することができない。そのため近年では、身体活動中の加速度を測定して、エネルギー消費量を推定できる活動量計を用いる方法が広く用いられている。肺から摂取された酸素は、循環を通じて活動骨格筋まで到達し、運動の持続に必要なエネルギーに生成される⁴⁾。そのため活動量計で測定されたエネルギー消費量は、酸素摂取量と関連することが推察される。さらに活動量計は、小型で軽量であり、簡便に測定することができるため、一般住民の身体活動量を測定する方法として有用な手法であると考えられる。先行研究においても、市販の活動量計によって測定された身体活動量は、呼気ガス分析装置で測定された身体活動量との相関や一致度が高く、測定の妥当性が様々な報告されている^{5,6)}。しかし、これらの研究の対象者は、健康成人、特に大学生などの若年成人を対象に行っているものがほとんどであり^{5,6)}、高齢者において活動量計によって測定されたエネルギー消費量の基準関連妥当性を報告したものは少ない。

高齢者においては、加齢変化により身体組成に変化がみられ、筋力が減少し、体脂肪率が増加することが知られており、エネルギー代謝が低下することが知られている^{7,8)}。また呼吸循環器機能も低下し、最大酸素摂取量も加齢により低下することも知られている⁹⁾。さらに、高齢者は今までの仕事や運動習慣などの生活背景が様々であり、個人差が大きいという特徴もある¹⁰⁾。そのため、健康成人における先行研究で、活動量計で測定された身体活動量が、酸素摂取量と関連していたと報告されていたとしても、高齢者においても同様の結果となるかどうかは検討が必要であると考えられる。そこで本研究では、地域在住高齢者において、活動量計によって測定された消費エネルギー（kcal）と呼気ガス分析装置で測定された酸素摂取量との関連を調査し、その基準関連妥当性を検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象はNPO法人高齢者運動器疾患研究所が主催するロコモ予防の講習会に参加した60歳以上の地域在住中高年者のうち、本研究への参加に同意の得られた33人（男性17人、女性16人、年齢 69.4 ± 5.1 歳；平均 $\pm$ 標準偏差）とした。その他の対象者の基本属性は表1に示した。なお整形外科疾患、神経疾患、呼吸循環器疾患や腎疾患などの内科疾患の既往のある対象から除外している。

対象者全員には、本研究の趣旨と個人情報の守秘義務について説明し、口頭かつ紙面にて同意を得た。また本研究は埼玉医科大学保健医療学部倫理委員会の承認（承認番号115）を受けて実施した。

2. 方法

エネルギー消費量の測定には、活動量計（カロリズムエクスパート、タニタ社製）を用いた。この活動量計は3軸加速度を利用し、タニタ社独自の計算式で、エネルギー消費量や歩数を算出することができる。またこの活動量計は、身体の動きを読み取り、「走り」、「歩き」、「生活動作」、「安静」の4つの行動別に表示することができる。本研究においては、4つに分類された活動の中から「歩き」の項目のエネルギー消費量（kcal）を用いて、研究を行うこととした。

酸素摂取量の測定には、携帯型呼気ガス分析器（K4b2、ベルテックジャパン社製）を用いた。この呼気ガス分析器は、流量計をマスクに装着し、breath-by-breath法により酸素摂取量、二酸化炭素排出量、分時換気量などを計測できる仕組みである。なお携帯型呼気ガス分析装置については、先行研究により、測定の信頼性や妥当性が確認されている^{11,12)}。

測定の前に対象者の身長と体重を計測した。その後、対象者に携帯型呼気ガス分析装置のマスクを装着し、装置本体を左腰部にベルトで固定した。また活動量計を対象者の右腰部にクリップで固定した。

測定課題は平地歩行とし、片道30mの歩行路を5分間、連続歩行する課題とした。運動負荷は、先行研究^{13,14)}を元に、「ゆっくりとした歩行（2METs程度）」、

表1 対象者の基本属性

人数（人）	33
年齢（歳）	69.4 ± 5.1
性別（男／女） [†]	17/16
BMI（kg/m ² ）	22.9 ± 2.6

平均値 $\pm$ 標準偏差。[†]：人数，BMI：Body Mass Index.

表2 対象者の測定結果

	全対象者 (n=33)
心拍数 (beat/min)	99.1 ± 14.4
収縮期血圧 (mmHg)	160.5 ± 20.9
酸素摂取量 (ml/kg/min)	14.5 ± 2.9
歩行 (80 歩/min) の消費エネルギー (kcal)	12.5 ± 2.6
歩行 (100 歩/min) の消費エネルギー (kcal)	14.3 ± 2.7
歩行 (120 歩/min) の消費エネルギー (kcal)	17.2 ± 3.6

「普通歩行 (3METs 程度)」, 「速い歩行 (4-5METs 程度)」に相当するように歩行ピッチを決定し, 80 歩/min, 100 歩/min, 120 歩/min の3段階とした。各段階で5分間の歩行を行い, その際の酸素摂取量 (ml/kg/min) を携帯型呼気ガス分析装置で, 消費エネルギー (kcal) を活動量計により計測した。血圧は測定開始前に安静時の血圧を測定し, 歩行課題が終了した直後に, 血圧を測定した。また血圧と心拍数が安静状態に戻ったことを確認した後, 次の段階へ進むこととした。歩行ピッチの設定には, メトロノームを用い, その音に合わせて歩行するように対象者に指示した。なお安全面を考慮し, 対象者にはモニター心電図を取り付け, 運動中は心電図, 脈のモニタリングを行った。

解析では, 携帯型呼気ガス分析器で測定された酸素摂取量と活動量計から算出された消費エネルギーの相関関係をピアソンの相関係数により分析を行った。統計解析には SPSS version 21.0J for Windows を用い, 有意確率は5%とした。

III. 結 果

対象者の測定結果を表2に示す。全対象者の酸素摂取量の平均は 14.5 ± 2.9 ml/kg/min, 消費エネルギーは 14.7 ± 3.6 kcal であった。また歩行課題終了直後の全対象者の心拍数の平均は, 99.1 ± 14.4 beat/bpm, 収縮期血圧は 160.5 ± 20.9 mmHg であった。

全体対象者での酸素摂取量と消費エネルギーの散布図および相関係数を図1に示す。またピアソンの相関分析の結果, 携帯型呼気ガス分析装置で測定した酸素摂取量と活動量計で測定した消費エネルギーとの相関係数は, 全対象者で 0.629 と有意な中等度の相関関係を示した。

IV. 考 察

本研究では, 市販の活動量計で測定された消費エネルギーと携帯型呼気ガス分析装置で測定した酸素摂取量と

図1 活動量計による推定消費カロリーと酸素摂取量の関係 (全対象者)

の相関関係を検証し, 活動量計の消費エネルギーの基準関連妥当性を, 地域在住高齢者において検討することを目的としている。

本研究の結果, 活動量計で測定した消費エネルギーは, 酸素摂取量との相関係数が 0.6 以上となり, 中等度の相関関係を示す結果となった。若年成人を対象にした田嶋ら⁹⁾の研究において, 呼気ガス分析装置で得られた METS と活動量計で求められた METS の関係を調査した結果, 決定係数は $R^2=0.79$ であったと報告されている。さらに中野ら⁹⁾の若年成人を対象にした研究においては, κ 係数が 0.743 であったと報告されている。本研究では相関係数を求めているため, 単純には比較できないが, 酸素摂取量と活動量計で測定したエネルギー消費量の相関係数は 0.629 であり, 中等度の有意な相関関係を示し, 健康成人の研究と同様の結果であった。以上のことから, 活動量計で測定した消費エネルギー値は, 中等度の基準関連妥当性を有していると考ええる。

高齢者においては, 加齢とともに身体組成が変化し, 体脂肪が増加し, 骨格筋量が低下することが知られている⁷⁾。また基礎代謝量は 20 歳をすぎると, 10 年ごとに 2~3% ずつ低下することが報告されている¹⁵⁾。さらに加齢とともに呼吸循環機能も低下していく⁹⁾。加えて, 高齢者はこれらの各機能低下が, 生活様式などの個人的な背景によって左右されるため, 個人差が大きいことが特徴である¹⁰⁾。そのため, 健康成人を対象にした先行研究では, 高い基準関連妥当性を示していたが, 高齢者を対象にした本研究では, 中等度の相関関係にとどまり, 低い値となったと考えている。

本研究の運動種目は, 平地歩行であり, その運動負荷は歩行ピッチ 80 歩/min, 100 歩/min, 120 歩/min の3段階で行った。健康成人を対象にした先行研究では, 歩行ピッチと METS との間には, 決定係数 $R^2=0.71-0.91$ であり, 密接な関連があることが報告されている¹³⁾。

またこの研究において、80歩/minは2METs相当、100歩/minは3METs相当、120歩/minは4-5METs相当であることも報告されている¹³⁾。この先行研究の結果を踏まえれば、本研究では、高齢者の日常生活で必要となることが多い2-5METs相当の運動負荷において、市販の活動量計のエネルギー消費量測定の基準関連妥当性を検討したと考えられる。本研究における相関係数は0.629であったことから、高齢者における活動量計のエネルギー消費量測定は、中等度の基準関連妥当性を有していると考えられる。さらに本研究で使用した活動量計は、エネルギー消費量をkcalで表記している。kcalは酸素摂取量やMETs表記に比べて、摂取カロリーや消費カロリーという言葉として、一般住民にも馴染み深い言葉であると考えられる。以上のことから、本研究で用いた活動量計による消費エネルギー量の測定は、高齢者の身体活動量を把握する方法として有用であることが示唆された。

本研究の限界としては、運動課題が歩行だけであったことが挙げられる。そのため階段昇降、家事動作などの歩行以外の生活動作に関しては、結果が異なる可能性を含んでいる。今後は階段昇降や家事動作などのその他の生活動作においても妥当性を検討していく必要があると考える。また、本研究では、対象者が講習会参加した高齢者に限られる点も限界である。今後は安全性を考慮しながらではあるが、異なる集団における検討も必要であると考えられる。

謝辞 本研究を実施するうえで、調査にご協力いただいた埼玉県伊奈町の関係各位、および特定非営利活動法人高齢者運動器疾患研究所のスタッフの皆様に深謝致します。また本研究はJSPS科研費(JP25870680, JP15K21332)、および平成26年度長寿科学研究者支援事業助成金(研究代表者:新井智之)の助成の一部により行われた研究です。記して謝意を表します。

引用文献

- 厚生労働省:健康づくりのための身体活動基準2013. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf> (閲覧日2017年12月25日)。
- Williams PT: Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 2001, 33: 754-761.
- 厚生労働省:健康日本21(第二次)国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針. http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21.html (閲覧日2017年12月25日)。
- Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al.: 運動負荷テストとその解釈: 概要. 谷口興一(監訳), 運動負荷テストの原理とその評価法. 南江堂, 東京, 1999, pp1-9.
- 田嶋 明: 身体活動における携帯型活動量計を用いたエネルギー代謝率に関する検討. *医学検査*, 2013, 62: 401-406.
- 中野 渉, 深谷隆史, 白石英樹・他: 身体活動量計による身体活動強度と活動種類の推定妥当性について. *医療保健学研究*, 2014, 5: 89-97.
- 岩倉 浩, 細田公則, 有安宏之・他: 【加齢に伴う内分泌代謝疾患】加齢と肥満. *最新医学*, 2011, 66: 828-832.
- 杉山みち子, 三橋扶佐子, 細谷憲政・他: 携帯用簡易熱量計を用いた安静時エネルギー消費量の測定に関する研究. *栄養—評価と治療*, 2001, 18: 423-431.
- Lewis CB, Bottomley JM: 生理学における老化関連性変化. 岩本 俊・他(監訳), 高齢者リハビリテーション学大事典. 西村書店, 東京, 2011, pp25-35.
- 大内尉義: 老年疾患の成り立ちと高齢者医療の特徴. 折茂 肇・他(編), 新老年学, 第3版. 東京大学出版会, 東京, 2010, pp383-386.
- Duffield R, Dawson B, Pinnington HC, et al.: Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *J Sci Med Sport*, 2004, 7: 11-22.
- Doyon KH, Perrey S, Abe D, et al.: Field testing of VO2peak in cross-country skiers with portable breath-by-breath system. *Can J Appl Physiol*, 2001, 26: 1-11.
- Abel M, Hannon J, Mullineaux D, et al.: Determination of step rate thresholds corresponding to physical activity intensity classifications in adults. *J Phys Act Health*, 2011, 8: 45-51.
- 国立健康・栄養研究所: 改訂版「身体活動のメッツ(METs)表」. <http://www.nibiohn.go.jp/files/2011mets.pdf> (閲覧日2017年12月25日)。
- Villareal DT, Apovian CM, Kushner RF, et al. American Society for Nutrition NAASO, The Obesity Society: Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Obes Res*, 2005, 13: 1849-1863.

- 厚生労働省:健康づくりのための身体活動基準2013. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf>