高齢者の身体活動基準に相当する1日あたりの歩数

大須賀 洋祐^{1,2}, 藪下 典子¹, 清野 諭³, 大久保 善郎^{2,4}, 鄭 松伊¹,
根本 みゆき^{2,5}, フィゲロア ラファエル⁴, 田中 喜代次¹

Translating physical activity reference value for older adults to the number of steps per day

Yosuke Osuka^{1,2}, Noriko Yabushita¹, Satoshi Seino³, Yoshiro Okubo^{2,4}, Songee Jung¹,
Miyuki Nemoto^{2,5}, Rafael Figueroa⁴ and Kiyoji Tanaka¹

¹筑波大学体育系, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Faculty of Health & Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

²日本学術振興会, 〒102-8472 東京都千代田区一番町8番地 (*Japan Society for the Promotion of Science, 8 Ichibancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8472, Japan*)

³東京都健康長寿医療センター研究所, 〒173-0015 東京都板橋区栄町35-2 (*Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology, 35-2 Sakae-cho, Itabashi-ku, Tokyo 173-0015, Japan*)

⁴筑波大学大学院人間総合科学研究科, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

⁵筑波大学医学医療系, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Faculty of Medicine, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

Received: October 14, 2014 / Accepted: February 9, 2015

Abstract Although the physical activity reference value for older adults (10 METs*hour/week) has been promoted by Japan Ministry of Health, Welfare, and Labour since 2013, little is known about how many steps/day cut-off values that optimally identify meeting the reference value according to the differences of age, sex, medical history, and joint pain. The purpose of this study were 1) to determine the steps/day that optimally identify meeting the reference value, and 2) to identify the differences by the effects of age, sex, medical history, and joint pain on cut-off values. This study included 583 community-dwelling older Japanese adults (aged 73.2 ± 5.4 years; 153 men, 430 women). A uniaxial accelerometer survey was conducted to estimate the total physical activity volume and steps/day. Receiver operating characteristic (ROC) analyses were used to detect steps/day cut-off values for meeting the reference value among all participants and stratified by age, sex, medical history, and joint pain. The optimal cut-off value (AUC (area under the ROC curve), sensitivity, and specificity) for the reference value was 4376 steps/day (0.99, 95.2%, and 97.2%) in all participants. Differences among the cut-off values according to age, sex, medical history, and joint pain ranged from 39 to 169 steps/day. These results suggest that step counts has satisfactory validity to represent the reference value in older adults, and the effects of age, sex, medical history, and joint pain on cut-off values were considerably small. Therefore, this step-count level may be a useful indicator for modifying the daily-life activities of older adults.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 64(2): 243-250 (2015)

Keywords : older adults, physical activity reference value, step count

緒 言

身体活動と健康利益は量・反応関係にあり, 適切な身体活動の実践は, 体力の向上や慢性疾患のリスク抑制に有効であることが多数報告されている^{1,2)}. そのようなエビデンスに基づき, 身体活動に関するガイドラインが, 世界保健機構³⁾をはじめ, 欧米諸国を中心に策定されてきた⁴⁻⁷⁾. 我が国では, 2006年に“健康づくりのための運

動基準2006(以下,「運動基準2006」)が策定され⁸⁾, 国民の健康づくりに推奨される運動所要量が明確に示された. 2013年には“健康づくりのための身体活動基準2013(以下,「身体活動基準2013」)が策定され⁹⁾, 高齢者が生活機能を保持していく上で推奨される身体活動の基準値が初めて検討された. 基準値は, “強度を問わず, 身体活動を10メッツ・時/週実践する”とされ, この基準値を満たす集団は, 最も身体活動量が少ない集団と比較し

て、骨粗鬆症による骨折や認知症等の発症リスクが約21%低いことが示されている⁹⁾。

「10メッツ・時/週」という標記は、運動疫学研究の専門家であれば、具体像を容易に把握できるものの、介護予防事業などを担う現場の担当者は、具体的な活動内容を瞬時に把握することは難しい¹⁰⁾。メッツ等の専門用語を初めて耳にする地域高齢者であれば、さらに理解し難い標記であろう。介護予防事業の現場では、基準値を別の表現に置き換えて分かり易く説明することの方が、専門用語を地域高齢者に時間をかけて説明することよりも、国民への浸透性は高いと考えられる。“基準値の普及・啓発促進”という観点から鑑みても、基準値をより簡便な表現に置き換えることは、重要な検討事項であろう^{10,11)}。

高齢者の身体活動を簡便にモニタリング可能な評価指標の1つに歩数がある¹¹⁾。歩数は古くから国民の行動指標として浸透しており、「1日1万歩」などのスローガンを耳にする機会も多い¹²⁾。高齢者の身体活動の内訳は、低～中強度の生活活動や歩行活動が中心¹³⁾と考えられるため、基準値を歩数で示す妥当性は、他の年代と比較して高いと考えられる。歩数計は、1台あたり数千円と安価であることに加え、最近では携帯電話やスマートフォンにも歩数を計測するセンサーが組み込まれている場合が多い。基準値を歩数に置き換えることで、基準値の充足の有無を日常的に評価・修正できる機会も増加すると考えられる。

このような理由から、アメリカスポーツ医学会¹⁴⁾や世界保健機構³⁾が提唱する基準値に相当する歩数が、幼児^{15,16)}や青年・成人^{15,17-20)}、高齢者²¹⁾を対象に国外で検討されてきた。我が国でも、運動基準2006(3メッツ以上の身体活動を23メッツ・時/週)に相当する歩数が検討されている^{10,22)}。しかし、身体活動基準2013における高齢者の基準値(10メッツ・時/週)に相当する歩数を検討した研究は見当たらない。大島ら²²⁾は、運動基準2006に相当する歩数を年齢階級別に検討した結果、高齢者群(60歳以上)は、中年者群(40-59歳)や若年者群(40歳未満)と比較して、歩行活動による基準値に相当する歩数が高値を示したと報告している。これは加齢に伴う歩行率(単位時間あたりの歩数)の増加²³⁾によって基準値に相当する歩数も増加することが原因であると推察されている²²⁾。したがって、高齢期では歩行率に関連しうな特性(年齢や性、疾患・関節痛の有無)によって、基準値に相当する歩数も異なる可能性がある。そこで本研究の目的は、1) 1軸加速度計から日常的な身体活動量を推量し、高齢者の基準値に相当する1日あたりの歩数を検討することと、2) 年齢(前期・後期高齢者)、性(男性・女性)、疾患・関節痛の有無によってカットオフ値が異なるかを検討することとした。

方 法

対象者 対象者は、要支援・要介護の非認定者で、2010-2013年の茨城県八千代町の二次予防事業と茨城県阿見町、千葉県袖ヶ浦市、福島県会津美里町、神奈川県横浜市の一次予防事業、および筑波大学で開催した体力測定・活動量チェックイベントに参加した65歳以上の高齢者822名とした。測定会は、身体活動量の季節変動を考慮し、真夏および真冬を避けた期間に開催した。対象者は、新聞の取材記事や、各自治体の広報誌、自治体職員による参加奨励などを通して募集し、すべての対象者に研究の目的や身体活動・質問紙調査内容を説明し、随時、測定を拒否できることを確認した。研究での測定データ使用に関する説明を個別に口頭でおこない、書面にてデータ使用の同意を得た。対象者のうち、1) 加速度計データの分析条件(後述記載)を満たさなかった者166名(20.2%)、2) 質問紙に欠損のあった者73名(8.9%)を除外し、最終的に583名(70.9%、男性153名、女性430名、73.2±5.4歳)を分析の対象とした。本研究は、筑波大学大学院人間総合科学研究科研究倫理委員会の承認を受けた(承認日2008年9月18日、承認番号696)。

測定項目および測定方法

1. 基本情報および健康関連情報、形態指標

疾患(脳血管疾患、高血圧、糖尿病、心疾患、骨粗鬆症、呼吸器疾患)、関節痛(股関節痛、膝痛、腰痛、足関節痛)、および服薬の有無など、対象者の健康関連情報をインタビュー形式で聴取した。疾患は、過去1年間に医師に診断された疾患とし、関節痛は本人が自覚症状を有するものとした。服薬状況は、現在服用している薬の有無を聴取した。薬は、医師から処方された医療用医薬品とし、薬局等で購入した一般用医薬品や医薬部外品、サプリメントは除外するものとした。

形態指標として、身長は身長計(YG-200、ヤガミ社製)を用いて0.1 cm単位で、体重は体重計(Digital Bathroom Scale HD-316、TANITA社製)を用いて0.1 kg単位で測定した。Body mass index (BMI) は、体重(kg)を身長(m)の2乗で除すことにより算出した。

2. 歩数と総身体活動量の測定

一軸加速度計(Lifecorder、スズケン社製)を用いて1日あたりの歩数(歩/日)と1週間あたりの総身体活動量(メッツ・時/週)を計測した。本研究で使用する一軸加速度計は、4秒ごとの歩行強度を、「0(非装着時または非感知時)」、「0.5(微小活動時)」、「1(1.8メッツ)」、「2(2.3メッツ)」、「3(2.9メッツ)」、「4(3.6メッツ)」、「5(4.3メッツ)」、「6(5.2メッツ)」、「7(6.1メッツ)」、「8(7.1メッツ)」、「9(8.3メッツ)」の11段階で感知することが出来

る²⁴⁾。総身体活動量は、加速度計で感知される歩行強度「2」から「9」のメッツ値と総感知数（感知数×4秒）を積算し、週あたりの平均積算値から推量した。測定期間は、配布日の翌日から7日間とし、入浴および入水時以外の起床から就寝まで装着し、出来る限り日常生活を送るよう促した。装着部位は、身体の前・腰部とし、ベルトまたはズボンの裾をクリップで挟み装着するよう教示した。分析対象者は、最低5日/週以上の装着期間かつ10時間/日以上装着時間の条件を満たす者とした²⁵⁾。装着時間は、24時間－非装着時間とし、非装着時間は、加速度計で感知される強度「0」が20分以上継続した場合のみ加算した²⁵⁾。

統計解析 各項目の統計値は、平均値±標準偏差または該当者数（%）から示した。高齢者の特性によって、一軸加速度計から推定された基準値充足者の割合が異なるか、 χ^2 検定から割合を比較した。一軸加速度計から推量された総身体活動量と歩数との関連性は、Pearsonの積率相関係数（ r ）から検討した。一軸加速度計から推定された基準値の充足に対する歩数の判別力は、receiver operating characteristic (ROC) 曲線下面積（area under the ROC curve: AUC）とその95%信頼区間（95% confidence interval: 95% CI）から評価した。AUCは、正確性を有しない（AUC=0.5）、低い正確性を有する（ $0.5 < \text{AUC} \leq 0.7$ ）、中程度の正確性を有する（ $0.7 < \text{AUC} \leq 0.9$ ）、高い正確性を有する（ $0.9 < \text{AUC} < 1.0$ ）、完全な正確性を有する（AUC=1.0）によって分類される²⁶⁾。基準値の充足に対する1日あたりの歩数の最適なカットオフ値は、ROC曲線上で感度と特異度の和（Youden index）が最大値となる地点とした。ROC解析は、年齢（前期・後期高齢者）や性（男性・女性）、疾患の有無（疾患なし・あり（ ≥ 1 ））、関節痛の有無（関節痛なし・あり（ ≥ 1 ））から層別化して分析し、基準値に相当する歩数のカットオフ値をそれぞれ算出した。すべての統計処理には統計解析ソフトIBM SPSS Statistics Version 21を用い、統計的有意水準は5%とした。

結 果

Table 1に、対象者の基本的特徴に関する統計値を示した。一軸加速度計から推定された基準値の充足者は476名（81.6%）であった。高齢者の特性によって基準値の充足者の割合が異なるか検討したところ、性によって有意な差はみられなかったものの（男性123名（80.4%）、女性353名（82.1%）、 $P=0.629$ ）、年齢、疾患の有無、関節痛の有無によって有意な差がみられた（75歳未満331名（89.0%）、75歳以上145名（68.7%）： $P<0.001$ 、疾患なし240名（87.3%）、疾患あり236名（76.6%）： $P=0.001$ 、関節痛なし289名（85.5%）、関節痛あり187名（76.3%）：

$P=0.007$ ）。

一軸加速度計から推量された総身体活動量と歩数との関連を散布図から示した（Fig. 1）。1週間あたりの総身体活動量と1日あたりの歩数との関連度を示す積率相関係数 r に、有意な相関性がみられた（ $r=0.98$, $P<0.001$ ）。

Table 2に、一軸加速度計から推定された基準値の充足に対する歩数の判別力および最適なカットオフ値を、年齢や性、疾患・関節痛の有無別に示した。AUCは、すべての分析で0.99以上であり、極めて高い判別力を示した。全対象者の基準値に相当するカットオフ値は、4376歩/日を示した。カットオフ値の感度と特異度は、高い正確度を有していた（感度：95.2%、特異度：97.2%）。高齢者の特性によってカットオフ値が異なるか検討したところ、年齢によるカットオフ値の差は169歩/日、性による差は152歩/日、疾患の有無による差は39歩/日、関節痛の有無による差は43歩/日であった。

考 察

本研究は、一軸加速度計から推量された1週間あたりの総身体活動量と1日あたりの歩数との関連から、高齢者の基準値（10メッツ・時/週）に相当する1日あたりの歩数を算出し、年齢や性、疾患・関節痛の有無によってカットオフ値が異なるか検討した。その結果、一軸加速度計から推定された基準値に相当する歩数は、4376歩/日であった。また、年齢や性、疾患・関節痛の有無から層別化して、基準値に相当する歩数を検討した結果、疾患や関節痛の有無によるカットオフ値の差の程度は、極めて軽微（39～43歩/日）であったが、年齢と性で層別化して分析した結果、カットオフ値に若干の差（152～169歩/日）がみられた。

基準値を歩数に置き換える妥当性 村上ら¹⁰⁾は、若年～中年（23～69歳）の日本人1837名を対象に、運動基準2006に相当する1日あたりの歩数を3軸加速度計から検討している。その結果、基準値の充足に対する歩数の判別力（AUC）は、0.86であったと報告している。Rowe et al.²¹⁾は、60歳以上のアメリカ人高齢者を対象に、アメリカスポーツ医学会が提唱する身体活動の推奨値（中高強度身体活動を1日あたり30分実践する）を1軸加速度計から推定し、1日あたりの歩数に置き換えている。推奨値の充足に対する歩数の判別力（AUC）は、0.90～0.93であり、本研究（0.99）と同様、高い判別力を有していた。高年齢層が、若年～中年層を対象とした研究よりも高い判別力を有している背景には、高齢者の身体活動の内訳が、若年者や中年者のそれと異なるためと考えられる。高齢者の1日に占める中高強度身体活動時間の割合は、2%未満と報告されており、若年者と比較して著しく少ない^{13,27,28)}。そのため、高齢者ではその他の世代と比較

Table 1. Characteristics of the study participants, n (%) or mean $\pm$ standard deviation

Characteristics	All participants (n = 583)
Age, year	73.2 $\pm$ 5.4
Gender, men/women	153/430
Body height, cm	152.9 $\pm$ 8.1
Body weight, kg	55.0 $\pm$ 9.1
Body mass index, kg/m ²	23.5 $\pm$ 3.2
Medication use, n (%)	412 (70.7)
Medical history, n (%)	
Stroke	14 (2.4)
Hypertension	227 (38.9)
Diabetes	44 (7.5)
Heart disease	49 (8.4)
Respiratory disease	14 (2.4)
Osteoporosis	44 (7.5)
Number of medical history	0.7 $\pm$ 0.7
Joint pain, n (%)	
Low back pain	146 (25.0)
Hip pain	21 (3.6)
Knee pain	131 (22.4)
Ankle pain	9 (1.5)
Number of joint with pain	0.5 $\pm$ 0.7
Physical activity	
Total physical activity, METs*hour/week	19.7 $\pm$ 10.9
Step counts, steps/day	6991 $\pm$ 3220
Wear time, min/day	877.6 $\pm$ 89.3

Note : METs: metabolic equivalents

して、総身体活動量を歩数から容易に説明できたと考えられる。本研究の結果から、一軸加速度計から推量された総身体活動量に対する歩数の回帰式の説明率は、極めて高値を示しており ($R^2=0.96$, $P<0.001$), 基準値を歩数に置き換える妥当性は、回帰式の精度からみても高いと考えられる。次にカットオフ値の妥当性について考察する。Tudor-Locke et al.²⁹⁾は、18~39歳のアメリカ人50名を対象に、3メッツの強度でトレッドミルを30分歩いた際の歩数を計測した結果、約3000歩であったと報告している。本研究と年齢が異なる対象集団であるものの、この結果を基準値 (10メッツ・時/週) に当てはめると、2857歩/日 (約20000歩/週) の歩行活動に相当する。高齢者の日常生活が座位中心であり、中強度以上の生活活動 (家事をする、ベッドから移動する、玄関に新聞を取りに行くなど) が、20分程度³⁰⁾ (1500~2000歩/日程度) と仮定すると、歩行活動 (2857歩/日) を加算した値 (4357~4857歩/日) は、本研究から算出したカットオフ値 (4376歩) と概ね一致する。したがって、基準値に相当する歩数は、高齢者の基準値に相当する身体活動の内訳を概ね反映しているものと考えられ、内容的な妥

当性を有していると推察される。また、基準値に相当する歩数の感度と特異度は、先行研究のそれらと比較しても、同等あるいは高く^{10,15,17,20)}、カットオフ値そのものの外的な妥当性も、良好であると推察される。

高齢者の特性がカットオフ値に及ぼす影響 カットオフ値が、高齢者の特性によって異なるか検討したところ、疾患や関節痛の有無によるカットオフ値の差は、ほとんどみられなかったものの、年齢と性によるカットオフ値に、若干の差がみられた。Adams et al.¹⁵⁾は、アメリカ人児童915名 (6~11歳) と青年1302名 (12~17歳) を対象に、推奨身体活動量 (中高強度身体活動時間: 60分/週以上) に相当する歩数が、「年齢 (児童と青年)」および「性」によって異なるか、ROC解析から検討している。その結果、「児童と青年」および「青年の男女」に1000~2500歩/日の差がみられたと報告している。また、大島ら²²⁾は、成人の日本人455名を対象とし、運動基準2006に相当する歩数を若年者 (40歳未満) と中年者 (40~59歳)、高齢者 (60歳以上) 別に検討している。その結果、高齢者群では歩行活動によるカットオフ値が高値を示し

Fig. 1 Scatter diagram of METs*hours/week and step counts

Table 2. Cut-off values of step counts for meeting the 10 METs*hour/week recommendation

	N	Cut-off values	AUC	95% confidence interval	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Youden index
All participants	583	4376	0.993	0.988-0.998	95.2	97.2	1.924
Age							
65-74 years	372	4259	0.990	0.988-1.000	97.0	95.1	1.921
75-89 years	211	4428	0.991	0.982-1.000	93.8	98.5	1.923
Gender							
Men	153	4224	0.993	0.984-1.000	96.7	96.7	1.934
Women	430	4376	0.993	0.988-0.998	95.5	97.4	1.929
Number of medical histories							
0	275	4403	0.995	0.990-1.000	95.0	100.0	1.950
≥ 1	308	4364	0.991	0.984-0.999	95.3	2.0	1.911
Number of joint pains							
0	338	4345	0.990	0.982-0.999	96.2	93.9	1.901
≥ 1	245	4388	0.995	0.990-1.000	94.1	100.0	1.941

Note : METs: metabolic equivalents, AUC: area under the curve

たことから、歩行活動を中心とした基準値を設定する際は、性・年齢などを考慮すべきであると主張している。その理由は、年齢や性によって歩行率（単位時間あたりの歩数）が異なり、カットオフ値にも影響すると考えられるからである。歩行の際、一定の歩幅を確保するためには、遊脚時に軸足と体幹を支える筋（大腿四頭筋）と脚を前方に降り出す筋（大腰筋）が動員されることが重要である³¹⁾。この大腿四頭筋と大腰筋の横断面積は、加齢に伴い縮小し、男性よりも女性が小さい³¹⁾。このような理由から、同等の身体活動量（10メッツ・時/週）であっても、年齢・性によって歩幅が異なるため、カットオフ値に僅かな差がみられたと推察される。疾患や関節痛の

有無によってカットオフ値に顕著な差がみられなかった要因については、疾患や関節痛の程度が反映されていないことが影響していると推察される。痛みの程度が大きい場合、歩行率が増加することが考えられるため、異なるカットオフ値が算出されるかもしれない。したがって、高齢者の特性を考慮した基準値に相当する歩数を示す場合、水準（ポイント）よりも層（範囲）で示した方が適切かもしれない。

カットオフ値の捉え方と研究結果の一般化可能性 高齢者の特性を考慮すると、基準値に相当する歩数は、4224～4428歩/日の範囲に位置することとなる。国民健康栄

養調査の結果(男性60-69歳:7303歩/日, 男性70歳以上:5223歩/日, 女性60-69歳:6644歩/日, 女性70歳以上:4285歩/日)³²⁾と照らし合わせてみると, 基準値に相当する歩数は, 国民平均値をやや下回っていることがわかる. Tudor-Locke et al.¹¹⁾は, 高齢期の公衆健康推奨値を歩数に換算するシステマティックレビューをおこない, 65歳以上の健康な高齢者では, 7500歩/日以上実践することを推奨している. また, Rowe et al.²¹⁾は, アメリカスポーツ医学会が提唱する高齢者のための身体活動推奨値(中高強度身体活動を1日あたり30分実践する)を1軸加速度計から推定し, 1日あたりの歩数に置き換えた歩数は, 6200~6800歩/日であったと報告している. 本研究から示されたカットオフ値は, いずれの先行研究と比較しても低値を示している. したがって, 本研究から示された歩数を「目標値」としてそのまま活用するのは現実的ではない. そもそも基準値が検討された状況を振り返ってみると, 基準値に相当する身体活動量は生活機能の低下に関連する疾患リスクが, “身体活動量が最も低値である群と比較して有意に低下し始めた閾値”と定義されている⁹⁾. したがって, 本研究で示された基準値に相当する歩数は, 健康な高齢者への目標値というよりは, 最低限実践すべき身体活動量として捉え, 警告域として利用の方が有益かもしれない. あるいは, 推奨値に相当する歩数(7500歩/日)が達成困難な集団(後期高齢者や有疾患者, 関節痛保持者)に啓発値として示す方が健康支援現場では適切かもしれない.

研究の限界 本研究は方法論的な限界をいくつか有するため, 研究結果を一般化する上で以下の2つの注意点が存在する. 第1に, 本研究では高齢者を対象とした先行研究^{21,22)}と比較して大規模に, 基準値と歩数との関連性を検討することが可能であった. しかし, 本研究の対象者は, 5つの自治体による一次予防事業・二次予防事業および筑波大学で開催された測定会に参加した住民であり, 要支援・要介護の高齢者は対象としていない. そのため, 本研究で得られた結果が, 必ずしも幅広い地域やライフスタイルの異なる集団に適用されるとは限らない. 特に身体的な虚弱化が著しい集団(要支援・要介護高齢者)に対して本研究結果を適用することは出来ない. 第2に, 本研究では限られた加速度計を用いて検討している. 本研究で用いた加速度計の活動強度の算出式は, 主に歩行時に得られた加速度信号と活動強度(メッツ)との関係に基づいて作成されているため²⁴⁾, 加速度計から推量された総身体活動量と歩数が極めて高い相関性を有していたのは, 加速度計内の演算を考慮すると当然の結果と考えられる. しかし, 高齢者の身体活動の内訳には, 歩行活動だけでなく, 掃除や洗濯などの生活活動も多く含まれる^{33,34)}. 加速度信号と活動強度の関係は, 歩行活

動と生活活動では異なるため, 本研究で用いた加速度計から生活活動を評価すると過小評価することが指摘されており³⁵⁾, その傾向は, 特に高齢者で顕著であることが報告されている³⁶⁾. 高齢者の身体活動の内訳が, 生活活動が中心であることを仮定すると, 真の総身体活動量とそれに相当する歩数を過小評価した可能性を否めない. したがって, 今後は, 生活活動を推定可能な3軸加速度計や二重標識水法を用いて基準値に相当する歩数を検討することや, 生活活動も含めた様々な身体活動時に相当する歩数を検討するために, 呼気ガス分析装置を用いた研究も必要であろう.

結 語

一軸加速度計から推定された基準値(10メッツ・時/週)に相当する歩数は, 4376歩/日であった. このカットオフ値は, 高齢者の特性によって多少のバラツキ(39~160歩/日)がみられるものの, 基準値の充足の有無を, 簡便かつ日常的に評価・修正できる代替法としての活用が期待される. 今後は, 測定プロトコルが厳密に設定された条件下における身体活動量測定から, 生活活動時に相当する歩数について検討する必要がある.

利益相反自己申告: 申告すべきものはなし

謝 辞

本研究は, 日本学術振興会特別研究員奨励費「研究課題: 高齢期の体力保持に推奨される運動量および身体活動量」の助成を受けておこなったものである. 本研究は, 研究にご参加いただいた対象者をはじめ, 各自治体および施設職員の方々, 筑波大学田中研究室の大学院生の協力によって遂行できた. ここに記して感謝の意を記す.

参 考 文 献

- 1) Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1423-1434, 2007.
- 2) Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, Macera CA, Castaneda-Sceppa C. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 116: 1094-1105, 2007.
- 3) World Health Organization. Global Recommendation on Physical Activity for Health, 2010. http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979_eng.pdf.
- 4) United States Department of Health and Human Services. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans, 2008. <https://www.gov.uk/government/uploads/sys->

- tem/uploads/attachment_data/file/216370/dh_128210.pdf.
- 5) Australian Government Department of Health. Australia's Physical Activity & Sedentary Behaviour Guidelines, 2013. [http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/content/F01F92328EDADA5BCA257BF0001E720D/\\$File/brochure%20PA%20Guidelines_A5_18-64yrs.PDF](http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/content/F01F92328EDADA5BCA257BF0001E720D/$File/brochure%20PA%20Guidelines_A5_18-64yrs.PDF).
 - 6) Canadian Society for Exercise Physiology. Canadian Physical Activity Guidelines, 2012. http://www.csep.ca/cmfiles/Guidelines/MS_InfoSheet.pdf.
 - 7) United Kingdom Department of Health. Start active, stay active, 2011. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/216370/dh_128210.pdf.
 - 8) 厚生労働省. 健康づくりのための運動基準2006－身体活動・運動・体力－報告書, 2006. <http://www0.nih.go.jp/eiken/programs/pdf/kijun2006.pdf>.
 - 9) 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準2013, 運動基準・運動指針の改定に関する検討会, 2013. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf>.
 - 10) 村上晴香, 川上諒子, 大森由実, 宮武伸行, 森田明美, 宮地元彦: 健康づくりのための運動基準2006における身体活動量の基準値－週23メッツ・時と1日あたりの歩数との関連－, 体力科学, 61: 183-191, 2012.
 - 11) Tudor-Locke C, Craig CL, Aoyagi Y, Bell RC, Croteau KA, De Bourdeaudhuij I, Ewald B, Gardner AW, Hatano Y, Lutes LD, Matsudo SM, Ramirez-Marrero FA, Rogers LQ, Rowe DA, Schmidt MD, Tully MA, Blair SN. How many steps/day are enough? For older adults and special populations. *Int J Behav Nutr Phys Act* 8: 80, 2011.
 - 12) Tudor-Locke C, Hatano Y, Pangrazi RP, Kang M. Revisiting "how many steps are enough?" *Med Sci Sports Exerc* 40: S537-543, 2008.
 - 13) Arnardottir NY, Koster A, Van Domelen DR, Brychta RJ, Caserotti P, Eiriksdottir G, Sverrisdottir JE, Launer LJ, Gudnason V, Johannsson E, Harris TB, Chen KY, Sveinsson T. Objective measurements of daily physical activity patterns and sedentary behaviour in older adults: Age, Gene/Environment Susceptibility-Reykjavik Study. *Age Ageing* 42: 222-229, 2013.
 - 14) Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 41: 1510-1530, 2009.
 - 15) Adams MA, Johnson WD, Tudor-Locke C. Steps/day translation of the moderate-to-vigorous physical activity guideline for children and adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act* 10: 49, 2013.
 - 16) Tanaka C, Tanaka S. Daily physical activity in Japanese preschool children evaluated by triaxial accelerometry: the relationship between period of engagement in moderate-to-vigorous physical activity and daily step counts. *J Physiol Anthropol* 28: 283-288, 2009.
 - 17) Adams MA, Caparosa S, Thompson S, Norman GJ. Translating physical activity recommendations for overweight adolescents to steps per day. *Am J Prev Med* 37: 137-140, 2009.
 - 18) Marshall SJ, Levy SS, Tudor-Locke CE, Kolkhorst FW, Wooten KM, Ji M, Macera CA, Ainsworth BE. Translating physical activity recommendations into a pedometer-based step goal: 3000 steps in 30 minutes. *Am J Prev Med* 36: 410-415, 2009.
 - 19) Macfarlane DJ, Chan D, Chan KL, Ho EY, Lee CC. Using three objective criteria to examine pedometer guidelines for free-living individuals. *Eur J Appl Physiol* 104: 435-444, 2008.
 - 20) Laurson KR, Eisenmann JC, Welk GJ, Wickel EE, Gentile DA, Walsh DA. Evaluation of youth pedometer-determined physical activity guidelines using receiver operator characteristic curves. *Prev Med* 46: 419-424, 2008.
 - 21) Rowe DA, Kemble CD, Robinson TS, Mahar MT. Daily walking in older adults: day-to-day variability and criterion-referenced validity of total daily step counts. *J Phys Act Health* 4: 434-446, 2007.
 - 22) 大島秀武, 引原有輝, 大河原一憲, 高田和子, 三宅理江子, 海老根直之, 田畑 泉, 田中茂穂: 加速度計で求めた「健康づくりのための運動基準2006」における身体活動の目標値 (23メッツ・時/週) に相当する歩数, 体力科学, 61: 193-199, 2012.
 - 23) Murray MP, Kory RC, Clarkson BH. Walking patterns in healthy old men. *J Gerontol* 24: 169-178, 1969.
 - 24) Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M, Yoshioka M, Yoshitake Y, Shindo M, Ishii K, Tanaka H. The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br J Nutr* 91: 235-243, 2004.
 - 25) Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med Sci Sports Exerc* 37: S544-554, 2005.
 - 26) Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240: 1285-1293, 1988.
 - 27) Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 40: 181-188, 2008.
 - 28) Davis MG, Fox KR, Hillsdon M, Sharp DJ, Coulson JC, Thompson JL. Objectively measured physical activity in a diverse sample of older urban UK adults. *Med Sci Sports Exerc* 43: 647-654, 2011.
 - 29) Tudor-Locke C, Sisson SB, Collova T, Lee SM, Swan PD. Pedometer-determined step count guidelines for classifying walking intensity in a young ostensibly healthy population. *Can J Appl Physiol* 30: 666-676, 2005.
 - 30) Tanaka C, Fujiwara Y, Sakurai R, Fukaya T, Yasu-

- naga M, Tanaka S. Locomotive and non-locomotive activities evaluated with a triaxial accelerometer in adults and elderly individuals. *Aging Clin Exp Res* 25: 637-643, 2013.
- 31) 金 俊東, 久野譜也, 相馬りか, 増田和実, 足立和隆, 西嶋尚彦, 石津政雄, 岡田守彦: 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響, 体力科学, 49: 589-596, 2000.
- 32) 厚生労働省. 平成24年国民健康栄養調査, 2012. <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushin-ka/0000032813.pdf>.
- 33) Yasunaga A, Park H, Watanabe E, Togo F, Park S, Shephard RJ, Aoyagi Y. Development and evaluation of the physical activity questionnaire for elderly Japanese: the Nakanojo study. *J Aging Phys Act* 15: 398-411, 2007.
- 34) Washburn RA. Assessment of physical activity in older adults. *Res Q Exerc Sport* 71: S79-88, 2000.
- 35) Hikiyama Y, Tanaka C, Oshima Y, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Tanaka S. Prediction models discriminating between nonlocomotive and locomotive activities in children using a triaxial accelerometer with a gravity-removal physical activity classification algorithm. *PLoS One* 9: e94940, 2014.
- 36) Yamada Y, Yokoyama K, Noriyasu R, Osaki T, Adachi T, Itoi A, Naito Y, Morimoto T, Kimura M, Oda S. Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. *Eur J Appl Physiol* 105: 141-152, 2009.