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

大島 秀武^{1,2}, 引原 有輝^{2,3}, 大河原 一憲^{2,4}, 高田 和子⁵, 三宅 理江子^{2,6},
海老根 直之⁷, 田畑 泉^{2,8}, 田中 茂穂²

Daily steps corresponding to the reference quantity of physical activity of
Exercise and Physical Activity Reference for Health Promotion 2006
(EPAR2006) assessed by accelerometer

Yoshitake Oshima^{1,2}, Yuki Hikihara^{2,3}, Kazunori Ohkawara^{2,4}, Kazuko Ishikawa-Takata⁵, Rieko Miyake^{2,6},
Naoyuki Ebine⁷, Izumi Tabata^{2,8} and Shigeho Tanaka²

¹流通科学大学サービス産業学部, 〒651-2188 兵庫県神戸市西区学園西町3-1 (Faculty of Service Industries, University of Marketing and Distribution Sciences, 3-1 Gakuen-Nishimachi, Nishi-ku, Kobe 651-2188, Japan)

²独立行政法人国立健康・栄養研究所健康増進研究部, 〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1 (Department of Health Promotion and Exercise, National Institute of Health and Nutrition, 1-23-1 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8636, Japan)

³千葉工業大学工学部体育教室, 〒275-0023 千葉県習志野市芝園2-1-1 (Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology, 2-1-1 Shibazono, Narashino, Chiba 275-0023, Japan)

⁴電気通信大学情報理工学部, 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1 (Faculty of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan)

⁵独立行政法人国立健康・栄養研究所栄養教育研究部, 〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1 (Department of Nutritional Education, National Institute of Health and Nutrition, 1-23-1 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8636, Japan)

⁶お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科, 〒112-8610 東京都文京区大塚2-1-1 (Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University, 2-1-1 Ohtsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan)

⁷同志社大学スポーツ健康科学部, 〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3 (Faculty of Health and Sports Science, Doshisha University, 1-3 Tatara-Miyakodani, Kyo-Tanabe, Kyoto, 610-0394, Japan)

⁸立命館大学スポーツ健康科学部, 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 (Faculty of Health and Sports Science, Ritsumeikan University, 1-1-1 Noji-Higashi, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan)

Received: August 29, 2011 / Accepted: January 16, 2012

Abstract The purpose of this study was to determine daily steps corresponding to the reference value for the quantity of Physical Activity and Exercise for Health Promotion 2006 (23 METs·h/wk) considering non-locomotive activities. Two hundred and thirty one men and 224 women wore a tri-axial accelerometer for two weeks. We analyzed the data in each age group (young (less than 40 years), middle-aged (40 to 59 years), and elderly (60 years or more) groups), also. There were significant relationships between daily steps and locomotive activity ($r = 0.762$ to 0.820 , $p < 0.001$) and total (locomotive and non-locomotive) physical activity ($r = 0.706$ to 0.824 , $p < 0.001$) with intensity of 3 METs or more in all groups. The daily steps corresponding to 23 METs·h/wk, calculated using regression lines between the daily steps and total physical activities with intensity of 3 METs or more in men and women were 6,534 steps/d and 6,119 steps/d. On the other hand, the daily steps corresponding to 23 METs·h/wk, calculated using regression lines between the daily steps and locomotive activities with intensity of 3 METs or more in men and women were 7,888 steps/d and 8,584 steps/d. These results suggest that non-locomotive activity should also be taken into consideration in the case of assessment of a daily physical activity.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 61(2): 193-199 (2012)

Keywords : daily steps, physical activity, Exercise and Physical Activity Reference for Health Promotion 2006, accelerometer, non-locomotive activity

緒 言

日常生活が活動的な者において、生活習慣病の発症リスクが低いことが報告されている¹⁾。適度な活動量を維持するためには、現状の身体活動量を知り、個人のライフスタイルに応じて日常生活の中に運動を取り入れてい

くことが必要である。

これまで、身体活動を定量的に評価する方法として、質問紙法、歩数計法、加速度計法、心拍数法、二重標識水法 (DLW法) などが用いられてきた²⁾。中でも歩数計は、その簡便性と指標のわかりやすさから、我が国の国民健康・栄養調査³⁾をはじめ、多くの研究で用いられて

いる。日本から発信された「1日1万歩」という目標値についても、国内外を問わず、その妥当性に関して議論がなされており⁴⁾、わが国においても、1993年に出された「健康づくりのための運動指針」では1日の合計歩数は1万歩が目標とされた⁵⁾。さらに平成12年から取り組まれてきた健康日本21においても、現状の歩数+1,000歩が1日の身体活動の目標値として掲げられている⁶⁾。

一方、2006年に厚生労働省が策定した「健康づくりのための運動基準2006～身体活動・運動・体力～（以下、運動基準2006）」⁷⁾では、生活習慣病予防の観点から、歩行に限らず、仕事や家事などの日常生活活動を含む中等度以上の活動強度の必要性を強調している。また、健康の維持・増進に必要な身体活動・運動量として、強度が3メッツ以上の身体活動を23メッツ・時/週以上、そのうち運動を4メッツ・時/週以上実践することが推奨されている。23メッツ・時/週の身体活動量とは、3メッツ以上の強度の身体活動を1日あたり約60分行うことに相当し、歩行中心の活動で考えると、約6,000歩（10分あたり1,000歩で60分）に、低強度で意識されない歩数約2,000～4,000歩を加えた1日あたり8,000～10,000歩が目安になると示されている⁷⁾。しかしながら、これはあくまでも試算したものであり、23メッツ・時/週と1日あたり8,000～10,000歩が日常生活環境下で実際に一致するかどうかは検討が必要である。

日常生活の中で、歩行は代表的な身体活動の一つであるが、歩行以外にも掃除機かけや洗濯などの家事活動のように上半身も動かす複雑な活動を行っている。運動基準2006では、体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施する運動だけではなく、これらの家事活動などをも含めた身体活動の総量についての基準値が設けられている。そのため、日常生活における身体活動量を、より正しく捉えた上で23メッツ・時/週がどの程度の歩数に相当するのかを明らかにすることが必要である。そこで本研究では、歩行以外の生活活動も評価可能な3次元加速度計を用い、性・年齢階級別に加えて、身体活動

を強度が3メッツ以上の歩行活動のみに限定した場合と歩行以外の生活活動も含めた場合の23メッツ・時/週に相当する歩数について明らかにすることを目的とした。

方 法

対象 主に京都市近郊に在住し、事前のアンケート調査により、健康診断等で医師から内科的または整形外科的な疾患によって運動制限されていないことが確認された男性231名、女性224名の計455名を対象とし、若年者群（40歳未満の男性84名、女性81名）、中年者群（40歳以上60歳未満の男性100名、女性93名）、高齢者群（60歳以上の男性47名、女性50名）の3群に分けて検討を行った（Table 1）。主な職種と人数は、男性で自営業25名、事務職106名、技能職21名、営業職41名、無職または主夫38名であり、女性で自営業12名、事務職61名、技能職31名、営業職38名、無職または主婦82名であった。

歩数および身体活動量の測定 歩数と活動量の測定には、データメモリ機能を有するオムロンヘルスケア社製の活動量計Active Style Pro（HJA-350IT）を用いた。本装置は、幅74×高さ46×奥行き34mm、質量が60gであり、腰部にクリップで装着して計測する仕様となっている。3軸の加速度データをもとに歩数と活動量をそれぞれ独自のアルゴリズムで演算するが、歩数については、加速度波形の振幅の大きさが予め決められた閾値以上になり、かつその動きが2秒間続いた場合に歩行と認識され、カウントされる⁸⁾。また、活動量の演算にあたっては、活動強度にかかわらず、加速度信号の重力加速度成分の変化から、活動時に上半身の傾斜変化がみられない歩・走行などの歩行活動と、活動時に上半身の傾斜変化を伴う荷物運びや掃除機かけなどの生活活動に分類され、それぞれの身体活動時における合成加速度と活動強度の関係式を用いて歩行活動強度および歩行以外の生活活動強度が計測されるという特徴を有している^{9,10)}。

活動量計は2週間装着してもらい、1日の歩数および

Table 1. Physical characteristics in different age groups.

	Group	N	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
Men	Young	84	31.1 ± 5.5	173.1 ± 7.2	74.2 ± 16.3	24.7 ± 4.9
	Middle-age	100	47.5 ± 5.4 *	169.9 ± 6.3 *	72.0 ± 11.8	24.9 ± 3.6
	Elderly	47	66.3 ± 4.2 *†	166.1 ± 5.9 *†	68.0 ± 9.7 *	24.7 ± 3.3
Women	Young	81	32.3 ± 5.1	159.7 ± 5.5	63.7 ± 15.6	24.9 ± 5.8
	Middle-age	93	48.7 ± 5.8 *	157.8 ± 5.0 *	63.8 ± 11.3	25.6 ± 4.1
	Elderly	50	65.0 ± 4.1 *†	153.2 ± 5.1 *†	57.5 ± 8.2 *†	24.5 ± 3.5

Values are mean ± SD.

BMI indicates body mass index.

*: Significant difference from Young group (p<0.05).

†: Significant difference from Middle-age group (p<0.05).

MVPA (moderate-to-vigorous physical activity) の指標として、強度が3メッツ以上の歩行活動量 (locomotive MVPA) と生活活動量 (non-locomotive MVPA)、その合計値 (total MVPA) を算出した。対象者には、睡眠および活動量計が水に浸かる活動 (入浴や水泳など) 以外の全ての時間に活動量計を装着するように指示した。2週間の装着後に活動量計を回収し、専用ソフトを用いて解析を行った。日々の活動量のデータは、1分ごとに加速度信号の有無を確認し、1日あたり合計10時間以上の加速度信号が検出された日を装着日とし、平日2日、休日1日の計3日以上 of 装着日があったデータを解析に採用した。

倫理面への配慮 本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所「研究倫理審査委員会-疫学研究部会」の承認を得て実施した。測定にあたって、対象者に測定の目的、利益、不利益、危険性、データの管理や公表について説明を行い、書面にて同意を得た。データは慎重に管理し、外部に流出することがないようにした。測定に伴う危険性はない。

統計処理 解析結果は、平均値±標準偏差で示した。男女間の差の検定には、対応のないt検定を用いて解析した。年齢階級別の3群間の平均値の比較には、一元配置分散分析法を用い、その後の多重比較にはTukeyのpost-hoc検定を用いた。また、歩数と活動量との関連性は、ピアソンの相関係数によって検討し、単回帰により回帰直線を求めた。解析にはSPSS15.0Jを使用し、統計学的有意水準はすべて5%未満とした。

結 果

対象者の身体特性をTable 1に示した。男女ともBMIを除くすべての指標において、年齢階級間で有意な差

が認められた ($p = 0.04 \sim p < 0.001$)。1日あたりの歩数は男性が平均 $7,293 \pm 2,815$ 歩/日、女性が平均 $6,607 \pm 2,315$ 歩/日であり、女性に比較して男性で有意に高値を示した ($p = 0.005$)。男女別年齢階級別にみたところ、男女ともに年齢階級別の3群間で有意な差は認められなかった (Table 2)。

強度が3メッツ以上の生活活動は、男性が平均 8.1 ± 7.2 メッツ・時/週、女性が平均 12.4 ± 8.5 メッツ・時/週であり、男性に比較して女性で有意に高値を示した ($p < 0.001$)。年齢階級別での検討では、女性においてのみ3群間で有意な差が認められ、若年者群で他の群よりも低値を示した。また、強度が3メッツ以上の歩行活動は、男性が平均 19.9 ± 11.6 メッツ・時/週、女性が平均 14.0 ± 7.9 メッツ・時/週であり、女性に比較して男性で有意に高値を示した ($p < 0.001$)。年齢階級別での検討では、男女ともに3群間で有意な差が認められ、男性では高齢者群で他の群よりも低値を示し、女性では若年者群で他の群よりも高値を示した。さらに、強度が3メッツ以上の生活活動と歩行活動を合計した総活動量は、男性が平均 28.0 ± 14.2 メッツ・時/週、女性が平均 26.4 ± 11.7 メッツ・時/週であり、男女間で有意な差が認められなかった。年齢階級別での検討では、男性においてのみ3群間で有意な差が認められ、高齢者群で他の群よりも低値を示した。

また、強度が3メッツ以上の総活動量に占める歩行活動の割合は、男性が平均 $70.2 \pm 19.0\%$ 、女性が $53.6 \pm 19.0\%$ であり、女性に比較して男性で有意に高値を示した ($p < 0.001$)。年齢階級別での検討では、男女ともに3群間で有意な差が認められ、男性では高齢者群で他の群よりも低値を示し、女性では若年者群で他の群よりも高値を示した。

1日あたりの歩数と強度が3メッツ以上の週あたりの総活動量との間には、男女ともに有意な相関関係が認め

Table 2. Physical activity parameter by accelerometer in different age groups.

Group		Steps (steps/d)	Total MVPA (METs·h/wk)	Non-locomotive MVPA (METs·h/wk)	Locomotive MVPA (METs·h/wk)	% Locomotive MVPA (%)
Men	Young	7393 ± 2713	31.4 ± 15.4	8.7 ± 7.8	22.7 ± 12.0	72.9 ± 16.9
	Middle-age	7430 ± 2877	28.0 ± 13.7	7.8 ± 7.5	20.2 ± 11.4	71.9 ± 19.0
	Elderly	6821 ± 2869	21.8 ± 10.9 *†	7.5 ± 5.2	14.3 ± 9.2 *†	61.9 ± 20.5 *†
	n.s.		p=0.001	n.s.	p<0.001	p=0.003
Women	Young	6565 ± 2232	25.4 ± 10.5	9.0 ± 6.1	16.3 ± 8.7	63.1 ± 18.5
	Middle-age	6806 ± 2355	27.4 ± 12.1	14.2 ± 9.0 *	13.2 ± 7.2 *	49.3 ± 16.5 *
	Elderly	6303 ± 2383	26.1 ± 12.8	14.3 ± 9.2 *	11.8 ± 6.8 *	46.3 ± 18.3 *
	n.s.		n.s.	p<0.001	p=0.002	p<0.001

Values are mean ± SD.

MVPA indicates moderate to vigorous physical activity with intensity 3 METs or more.

Locomotive MVPA indicates MVPA during locomotive activity.

Non-locomotive MVPA indicates MVPA during non-locomotive activity.

*: Significant difference from Young group ($p < 0.05$).

†: Significant difference from Middle-age group ($p < 0.05$).

られた (男性: $r = 0.770$, $p < 0.001$, 女性: $r = 0.726$, $p < 0.001$). また, 男女ともに, 1日あたりの歩数と強度が3メッツ以上の週あたりの歩行活動との間には強い相関が (男性: $r = 0.795$, $p < 0.001$, 女性: $r = 0.747$, $p < 0.001$), 生活活動との間には弱い相関 (男性: $r = 0.240$, $p < 0.001$, 女性: $r = 0.311$, $p < 0.001$) が認められた. 年齢階級別での検討では, すべての群において1日あたりの歩数と強度が3メッツ以上の週あたりの歩行活動 ($r = 0.762 \sim 0.820$, $p < 0.001$), および総活動量 ($r = 0.706 \sim 0.824$, $p < 0.001$) との間に有意な相関関係が認められた (Fig.1, 2). 一方, 1日あたりの歩数と強度が3メッツ以上の週あたりの生活活動との関係については, 男性の若年者群 ($r = 0.272$, $p = 0.012$)

および中年者群 ($r = 0.264$, $p = 0.008$), 女性の中年者群 ($r = 0.361$, $p < 0.001$) および高齢者群 ($r = 0.422$, $p = 0.002$) においてのみ有意な相関関係が認められた.

強度が3メッツ以上の週あたりの総活動量と歩数の関係によると, 健康の維持・増進に必要な身体活動推奨量である23メッツ・時/週に相当する歩数は, 男性で6,534歩/日, 女性で6,119歩/日であった. 一方, 歩行活動と判定された活動のみに限定した場合に得られる23メッツ・時/週に相当する歩数は, 男性で7,888歩/日, 女性で8,584歩/日であった.

男女別・年齢階級別でみると, 23メッツ・時/週に相当する歩数は, 歩行活動と歩数との関係から算出した場合に比べ, 総活動量と歩数の関係から算出した場合にお

Fig 1. Relationships between daily steps and weekly MVPA in men.

MVPA indicates moderate to vigorous physical activity with intensity of 3 METs or more. Locomotive MVPA indicates MVPA during locomotive activity.

A: Young group, B: Middle-age group, C: Elderly group.

Fig 2. Relationships between daily steps and weekly MVPA in women.

MVPA indicates moderate to vigorous physical activity with intensity of 3 METs or more. Locomotive MVPA indicates MVPA during locomotive activity.

D: Young group, E: Middle-age group, F: Elderly group.

いて、男性では若年者群で1,206歩、中年者群で1,437歩、高齢者群で1,889歩、それぞれ少なく、女性では若年者群で1,680歩、中年者群で3,156歩、高齢者群で3,463歩、それぞれ少なくなり、男女ともに加齢に伴って歩数の差が大きくなる傾向が認められた。

考 察

本研究は、3メッツ以上の身体活動量と歩数との関係について、歩行と歩行以外の身体活動を分離した計測が可能で加速度計を用いて得られた知見に基づいているという点に特徴がある。日常生活において、歩行以外の生活活動は、1日の身体活動が日本人の標準的なPAL（身体活動レベル）である1.75程度の生活では、2～4時間程度の普通歩行に相当する身体活動量にもなることが報告されている¹¹⁾。こういった生活活動を含めた身体活動量の推定に対して、加速度計が用いられているが、国内外において、1次元・3次元加速度計のいずれについても、歩行時に得られた加速度と活動強度の関係に基づく推定式が適用されることが多く、歩行以外の生活活動を過小評価する傾向にあった^{12,13)}。そのため、これまでも加速度センサを用いて、歩行以外の生活活動を精度よく計測しようとする試みがなされている^{14,15)}。我々も独自のアプローチにより、3次元加速度の重力加速度成分の情報に基づいて上半身の傾斜の変化をとらえ、歩行系活動に加えて日常生活活動も精度よく評価できるアルゴリズムを開発した^{9,10)}。このアルゴリズムは、活動タイプによって加速度に対する重力加速度の寄与が異なることを利用し、歩行活動による身体活動と歩行以外の生活活動による身体活動に分類するという特徴を有している⁹⁾。また、活動量計で得られた計測値の妥当性については、ダグラスバッグ法を基準として、歩行や家事などの12種類の動作において、それぞれ平均±6%以内の誤差で活動強度を推定できる¹⁰⁾。さらに、ゆっくりとした歩行でも、歩数や強度を他機種と比べても正確に評価できることも確認されている¹⁶⁾。この活動量計を用いて計測した1日の歩数と強度が3メッツ以上の週あたりの総活動量との関係式から23メッツ・時/週に相当する歩数を算出したところ、男性で6,534歩/日、女性で6,119歩/日となり、歩行中心の活動で考えた場合の目安として示されている1日あたり8,000～10,000歩⁷⁾よりも明らかに低い値が得られた。また、年齢階級別にみても23メッツ・時/週に相当する歩数には大きな差はなかった。このことから、性・年代にかかわらず、生活活動も身体活動量の増加に貢献しており、歩行活動を高く維持することだけが必ずしも運動基準を満たす条件ではないことが示唆された。

運動基準2006によれば、「3メッツ」以上の身体活動には、歩行以外に屋内の掃除、掃除機かけ、風呂掃除

といった家事活動なども含まれている⁷⁾。こういった家事活動は上半身の動作が中心となるため、歩数には反映されにくい。先行研究において、3メッツ強度の1分間あたりの歩数、即ち歩行率は、歩行活動で100歩/分前後¹⁷⁾であるのに対して、家事活動では、60歩/分程度¹⁸⁾、あるいは、それよりも少ない¹³⁾ことが報告されている。このように活動の内容によって活動強度と歩行率の関係性は異なるため、少ない歩数であっても、活発な生活活動によって身体活動量を増すことが可能であると考えられる。

本研究において、3メッツ以上の活動が歩行活動のみであると想定し、1日の歩数と強度が3メッツ以上の週あたりの歩行活動との関係から、23メッツ・時/週に相当する歩数を算出したところ、男性は7,888歩/日、女性は8,584歩/日であった。これは、歩行中心の活動の場合には、1日あたり8,000～10,000歩を目安とすることが妥当であったことを示唆している。また、23メッツ・時/週に相当するかどうかにかかわらず、1日の歩数を8,000～10,000歩に維持することが生活習慣病の予防に効果がある可能性がいくつかの論文より示唆されている¹⁹⁻²¹⁾ため、望ましい身体活動量としてのひとつの目標値にすることは有用かつ実践的であると思われる。その一方で、本研究での運動基準の目標値に相当する歩数は、現在、国民健康・栄養調査で得られている平均値に近い値であった。運動基準2006では、週あたり23メッツ・時/週が目標値として設定されている。しかしながら、この目標値は主に欧米人を対象として質問紙調査で評価した身体活動量に基づく疫学研究結果から出されたものである⁷⁾。また、目標値の設定の際にレビューされた論文で用いられた質問紙を考えると、総身体活動量というよりは、余暇時間の活動量を中心に扱っており、工作中的の活動や通勤、家事などについては部分的にしか考慮されていない⁷⁾。そのため、今後、身体活動量の目標値の妥当性について、加速度計などを用いて検証した上で歩数との関連性を調査する必要があるものと思われる。

年齢階級別に見ると、男女ともに高齢者群で歩行活動による23メッツ・時/週に相当する歩数が高値を示した。高齢者では筋力低下に伴う歩幅の減少によって歩行速度が低下することが報告されている²²⁾。歩幅が減少した状態で3メッツ強度の歩行を行うためには、歩行率を高めることが必要となり、特に高齢者では負担が大きくなる。このことは、本研究において強度が3メッツ以上の週あたりの歩行活動が男女ともに若年者群に比べて高齢者群で有意に低値であったことから明らかであり、特に歩数や歩行活動を中心とした身体活動による目標値を設定する場合には、性・年齢などを考慮する必要があると思われる。

先行研究では、成人男女92名を対象として、加速度セ

ンサを用いて歩数および強度が3メッツ以上の活動量を測定することで23メッツ・時/週に相当する歩数を算出し、10,652歩/日と本研究の結果に比較して高い値が報告されている²³⁾。また、Tudor-Lockeら²⁴⁾は、6つの研究のレビュー結果に基づき、1日あたり30分の中等度から高強度の身体活動(Moderate to vigorous physical activity: MVPA)は、7,000~8,000歩/日に相当すると報告している。先行研究において身体活動量のガイドラインに相当する歩数が、本研究の結果よりも高い傾向となっている要因の一つとして、先行研究で用いられた加速度計による活動強度の算出式が、歩行時に得られた加速度と活動強度の関係式に基づいて作成されたもの²⁵⁾であることがあげられる。加速度と活動強度の関係性は、歩行と生活活動とで異なるため、歩行時に得られた加速度と活動強度の関係式を用いると、歩行以外の生活活動を過小評価する傾向にあることが報告されている^{12,13)}。そのため、強度が3メッツ以上の歩行活動と歩行以外の生活活動を合わせた総活動量も過小評価してしまうことが推測され、それによって23メッツ・時/週に相当する歩数も大きな値となっている可能性が考えられた。

歩数と強度が3メッツ以上の歩行活動または総活動量との関係式から算出した23メッツ・時/週に相当する歩数の差についてみたところ、男女ともに大きな差が認められ、その差は女性および高齢者群で顕著であった。また、強度が3メッツ以上の総活動量に対する歩行活動の割合についても同様に男性よりも女性で小さく、男女ともに高齢者で低値を示しており、ライフスタイルの違いが、これらの結果に影響していることが示唆された。家事などの生活活動では強度の高い活動は少なく、1回の継続時間も短い場合がほとんどである。一回の身体活動の継続時間について、アメリカスポーツ医学会とアメリカ心臓学会が作成した身体活動ガイドラインでは、一回当たりの運動継続時間が10分間の場合と30分間の場合とで効果に差がないという報告に基づいて、10分以上の継続が明記されているものの²⁶⁾、わが国の運動基準2006では規定されていない。そのため、本研究のように、1分単位で活動強度を評価する方法は、運動基準2006に対応していると考えられる。先行研究では、日常生活での細切れの身体活動の蓄積と、30分以上の連続的な身体活動を比較し、同程度の運動量の実施では $\dot{V}O_2\max$ の改善効果に差がなかったこと²⁷⁾や、3分間×10回の運動は、食後高脂血症や血圧の改善に対して30分×1回の運動と同等の効果であったこと²⁸⁾が報告されている。また、運動に対するコンプライアンスについても1回にまとめて実施するよりも、複数回に分けて実施するほうが高いことが報告されている²⁹⁾。そのため、ウォーキングを中心とした身体活動のみでなく、日常生活での家事活動の増加などによって活動量を増やすことも有効かもしれない。

今後、家事活動などの歩行以外の活動によってどの程度、身体活動量を増加させることが可能か、さらに増やすことによる身体機能に対する効果はどうか、といったことを検討する必要があると思われる。

本研究の限界として、対象者が都市部の一部地域に限定されている点が挙げられる。また、事前のスクリーニングによって、医師から運動制限されていない者を抽出したため、特に高齢群においては一般集団よりも健康集団であり、相対的に身体活動量が多かった可能性が考えられる。そのため、幅広い地域の集団に対しても同様の結果が当てはまるとは限らない。今後、調査地域を拡大し、対象者をランダムに抽出した上でのさらなる検討が必要であると思われる。最後に、本研究で用いた活動量計の身体活動量は、歩行と歩行以外の身体活動量を加味したアルゴリズムで演算されたものである。そのため、本結果を他の歩行を前提にエネルギー消費量を算出した加速度計で得られた結果にあてはめることはできない。用いる歩数計および活動量計の機種によって計測アルゴリズムが異なるため、結果も異なる可能性があることに留意する必要がある。

ま と め

歩行以外の生活活動も評価可能な3次元加速度計を用い、健康の維持・増進に必要な身体活動量として推奨されている23メッツ・時/週に相当する歩数を検討した結果、男性で6,534歩/日、女性で6,119歩/日であった。一方、身体活動量を強度が3メッツ以上の歩行活動のみに限定して考えた場合、23メッツ・時/週に相当する歩数は男性で7,888歩/日、女性で8,584歩/日であった。このことから、歩行以外の生活活動も身体活動量の増加に貢献しており、身体活動量を評価する際に考慮すべきことが示唆された。

参 考 文 献

- 1) US Department of Health & Human Services. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report 2008, 2008. <http://www.health.gov/PAGuidelines/Report/>.
- 2) Montoye HJ, Kemper HCG, Saris WHM, Richard AW. Measuring physical activity and energy expenditure, Human Kinetics, Champaign, IL, 1996.
- 3) Inoue S, Ohya Y, Tudor-Locke C, Tanaka S, Yoshiike N, Shimomitsu T. Time Trends for Step-Determined Physical Activity among Japanese Adults. *Med Sci Sports Exerc*, 43: 1913-1919, 2011.
- 4) Tudor-Locke C, and Bassett DR Jr. How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med*, 34: 1-8, 2004.
- 5) 進藤宗洋, 吉田規和: 日本の厚生省の“健康づくりのための運動所要量”, pp202-208. 日本臨床増刊号「身体活動と生活習慣病」, 日本臨床社, 2000.
- 6) 健康日本21企画検討会, 計画策定検討委員会報告書:

- 健康日本21 (21世紀における国民健康づくり運動について), 健康体力づくり事業財団, 東京, 2000.
- 7) 厚生労働省運動所要量・運動指針の策定検討会. 健康づくりのための運動基準2006-身体活動・運動・体力-. 2006.
- 8) 大島秀武. 身体活動量をはかる最新技術. 体育の科学, 61: 108-112, 2011.
- 9) Oshima Y, Kawaguchi K, Tanaka S, Ohkawara K, Hiki-hara Y, Ishikawa-Takata K, and Tabata I. Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer. *Gait Posture*, 31: 370-374, 2010.
- 10) Ohkawara K, Oshima Y, Hiki-hara Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S. Real-time estimation of daily physical activity intensity by triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *Br J Nutr*, 105: 1681-1691, 2011.
- 11) Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Park JH, Tabata I, Tanaka S. How much locomotive activity is needed for an active physical activity level: analysis of total step counts. *BMC Res Notes*, 4: 512, 2011. [Epub ahead of print]
- 12) Matthews CE. Calibration of accelerometer output for adults. *Med Sci Sports Exerc*, 37: S512-S522, 2005.
- 13) Hiki-hara Y, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Validation and comparison of three accelerometers for measuring physical activity intensity during nonlocomotive activities and locomotive movements. *J Phys Act Health*, in press.
- 14) Crouter SE, Clowers KG, and Bassett DR Jr. A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. *J Appl Physiol*, 100: 1324-1331, 2006.
- 15) Staudenmayer J, Pober D, Crouter S, Bassett D, and Freedson P. An artificial neural network to estimate physical activity energy expenditure and identify physical activity type from an accelerometer. *J Appl Physiol*, 107: 1300-1307, 2009.
- 16) Park J, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Mekata Y, Tabata I. Effects of walking speed and step frequency on estimation of physical activity using accelerometers. *J Physiol Anthropol*, 30: 119-127, 2011.
- 17) 綾部誠也, 熊原秀晃, 青木純一郎, 内藤久士, 形本静夫, 田中宏暁. 歩行率による中等度身体活動時間の評価. 体力科学, 57: 453-462, 2008.
- 18) 吉武裕. 高齢者の身体活動量測定システム. 厚生省厚生科学研究補助金長寿科学総合研究, 1997.
- 19) Tudor-Locke C, Hatano Y, Pangrazi RP, and Kang M. Revisiting "how many steps are enough?". *Med Sci Sports Exerc*, 40: S537-543, 2008.
- 20) Swartz AM, Strath SJ, Bassett DR, Moore JB, Redwine BA, Groër M, and Thompson DL. Increasing daily walking improves glucose tolerance in overweight women. *Prev Med*, 37: 356-62, 2003.
- 21) Thompson DL, Rakow J, and Perdue SM. Relationship between accumulated walking and body composition in middle-aged women. *Med Sci Sports Exerc*, 36: 911-914, 2004.
- 22) 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.
- 23) 熊原秀晃, Yves Schutz, 吉岡真由美, 吉武裕, 進藤宗洋, 田中宏暁. 健康づくりのための運動基準に則した日常身体活動量評価における歩数の妥当性. 福岡大学スポーツ科学研究, 39: 101-111, 2008.
- 24) Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, Clemes SA, De Cocker K, Giles-Corti B, Hatano Y, Inoue S, Matsudo SM, Mutrie N, Oppert JM, Rowe DA, Schmidt MD, Schofield GM, Spence JC, Teixeira PJ, Tully MA, Blair SN. How Many Steps/day are Enough? For Adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8: 79, 2011. doi:10.1186/1479-5868-8-79
- 25) Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M, Yoshioka M, Yoshitake Y, Shindo M, Ishii K, and 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.
- 26) Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, and 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.
- 27) Macfarlane DJ, Taylor LH, Cuddihy TF. Very short intermittent vs continuous bout of activity in sedentary adults. *Prev Med*, 43: 332-336, 2006.
- 28) Miyashita M, Burns SF, Stensel DJ. Accumulating short bouts of brisk walking reduces postprandial plasma triacylglycerol concentrations and resting blood pressure in healthy young men. *Am J Clin Nutr*, 88: 1225-1231, 2008.
- 29) Jakicic JM, Wing RR, Butler BA, and Robertson RJ. Prescribing exercise in multiple short bouts versus one continuous bout: effects on adherence, cardiorespiratory fitness, and weight loss in overweight women. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 19: 893-901, 1995.