

This can be used to remove B_i from the expression for V_i (equation (2)) by using

$$\frac{1}{A_i} + \frac{1}{B_i} = \frac{1}{A_i} \left(1 + \frac{A_0}{B_0} R_i \right)$$

and substituting in equation (2) giving

$$A_i = \frac{\left(1 + \frac{A_0}{B_0} R_i \right)}{\left(V_i - \frac{1}{A_0} - \frac{1}{B_0} \right)}$$

Estimating the number of controls for level i

A similar approach gives

$$B_i = \frac{\left(1 + \frac{B_0}{A_0} R_i \right)}{\left(V_i - \frac{1}{A_0} - \frac{1}{B_0} \right)}$$

Optimizing the estimates of A_i and B_i

The values p and z were calculated using the numbers in the 2×2 table of cases/controls who are exposed/unexposed. Now the estimated values of A_i and B_i can be used to calculate similar values p' and z' using

$$p' = \frac{B_0}{\sum_{i=0}^n B_i}$$

$$z' = \frac{\sum_{i=0}^n B_i}{\sum_{i=0}^n A_i}$$

The sum of squared differences between p' and p and between z' and z is calculated as

$$\left(\frac{p - p'}{p} \right)^2 + \left(\frac{z - z'}{z} \right)^2$$

Excel's Solve function is then used to bring this value as close as possible to zero by adjusting the values of A_0 and B_0 . The resulting values of A_i and B_i are our estimates of the table of (effective) numbers of cases and controls by exposure level.

As described in the documentation available on the web page www.pnlee.co.uk/software.htm, the Excel spreadsheet also outputs chi-squared and p -values for heterogeneity and trend corresponding to the table of effective numbers of subjects and based on trend coefficients entered by the user. The formulae used for the two chi-squared values are derived by conditioning on the marginal totals, and are based on the K -dimensional hypergeometric distribution (see Breslow and Day [17] formulae 4.38 and 4.39).

Note that, on some occasions, clicking the 'Solve' button may generate a message that a feasible solution could not be found. In these circumstances, a solution may sometimes be obtained either by

adjusting the precision setting of the iterative process (using a feature available on the spreadsheet) or by starting the iterative process from a different starting point. By default, the starting numbers of exposed and unexposed controls (or at-risk subjects) are set to be the numbers actually in the study. These can be altered by unprotecting the worksheet and entering alternative starting values. These actions are described in more detail in the documentation.

APPENDIX B: THE SAS IMPLEMENTATION

The SAS implementation is given as the macro RREst. The macro, which can be downloaded from www.pnlee.co.uk/software.htm along with documentation, estimates effective table frequencies from published results given as a set of measures of relative risk and confidence intervals. As for the Excel spreadsheet, it may be applied to odds ratios from case-control studies or risk ratios from cohort studies, and it handles results categorized by exposure levels as well as by categories of disease.

As an example, the macro is applied to the data taken from Smith *et al.* considered in the introduction of this paper. The initial 2×2 table of overall numbers of subjects in this study is

Exposure	Cases	Controls
Unexposed	10	22
All exposed	84	77

Two input data sets are required, one containing the odds ratios and confidence intervals and the other corresponding to this 2×2 table.

The SAS Code below reads the first input data set into SAS. In the example, the first data column ('level') is the label for the category, while 'Est', 'lower' and 'upper' are the odds ratio and confidence limits. The last column, the variable named 'Overall', defines the contrast that is to be estimated, in this instance comparing the unexposed with the pooled group of all exposed.

```
data Smith_OR;
  input level $ 1-14 Est lower upper Overall;
cards;
Never Smoked      .      .      .      0
1-200              2.82 1.00 7.93 1
More than 200     2.24 0.75 6.68 1
;
run;
```

The second input data set is created in the data step below.

```
data Smith_IniFreq;
  input Case Control;
cards;
10 22
84 77
;
run;
```

The following call requests the macro to calculate the effective frequencies, the resulting estimation of the contrast called ‘Overall’ and a related confidence interval. In this call, `type=CC` (rather than `type=prospective`) indicates that the study type is case-control, and `levels=exposure` (rather than `levels=disease`) specifies the categorization of the results in the Smith study.

```
%RREst(Smith_OR, Smith_IniFreq,
        type=CC, levels=exposure);
```

The resulting table of effective frequencies and the estimate and confidence interval for the contrast ‘Overall’ are printed to the SAS output window. The results closely agree with those given above as found using the Excel spreadsheet.

An outline of how the SAS macro proceeds in finding a solution is now given, as in Appendix A, focusing on the situation of a case-control study with results given by level of exposure. The macro solves the system of equations by converting it into an optimization task on the unit square by reparameterization. After defining $\beta_1 = (A_0^{-1} + B_0^{-1}) / V_{\min}$ and $\beta_2 = A_0 / (A_0 + B_0)$ with $V_{\min} = \min\{V_1, \dots, V_n\}$, each point (β_1, β_2) on the unit square represents a frequency table satisfying the conditions $A_0 > 0$, $B_0 > 0$, and $A_0^{-1} + B_0^{-1} < V_{\min}$ (the latter follows from formula (2)). Conversely, each such table is represented by a point (β_1, β_2) . For given values $\beta_1, \beta_2 \in (0, 1)$, A_0 and B_0 are calculated as $A_0 = B_0\beta_2 / (1 - \beta_2)$ and $B_0 = (\beta_1\beta_2 V_{\min})^{-1}$, and the table entries A_i, B_i , and the quantities \hat{p} and \hat{z} are found using the formulae given in Appendix A. The solution (β_1, β_2) yields \hat{p} and \hat{z} identical to the p and z from the initial 2×2 table. As in the Excel spreadsheet, the search for such a solution is performed with an iterative method, using the SAS procedure PROC NLIN.

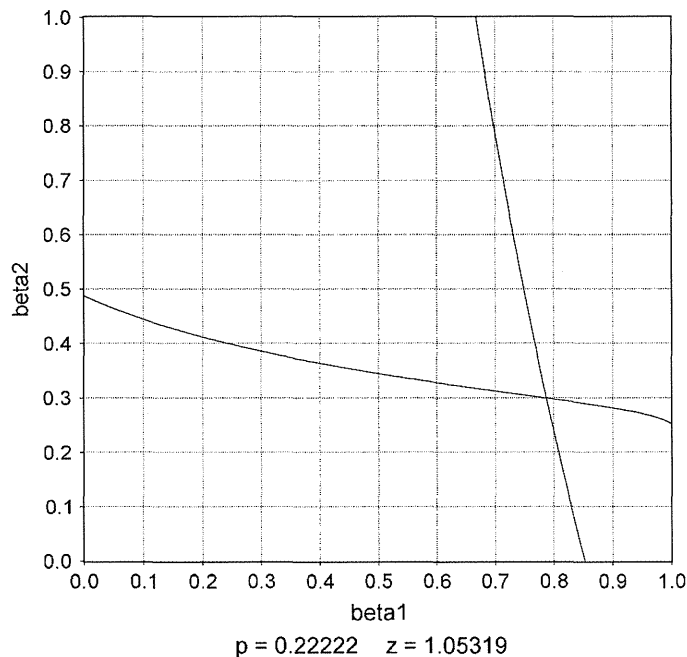


Figure B1. Solution of the optimization problem on the unit square. The solution is located at the intersection point of the two lines.

To visualize the solution, the SAS macro draws a plot of two contour lines on the unit square, one contour joining the points (β_1, β_2) where the condition $\hat{p} = p$ is met, the second analogously corresponding to the condition $\hat{z} = z$. A solution of our problem must be located at an intersection point of the two lines. In the Smith example, p and z are calculated from the initial frequencies of cases and controls as $p = 0.2222$ and $z = 1.0532$. Figure B1 shows the resulting plot with the two contours on the unit square and the solution lying at the intersection of the two lines. The contour plot helps assess the existence and uniqueness of a solution, and may be useful if the solving process fails to find a satisfactory solution.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Mrs P. Wassell and Mrs D. Morris for their patient and accurate typing of the various drafts of this paper. We are also grateful to Philip Morris International for financial support.

REFERENCES

1. Smith SJ, Deacon JM, Chilvers CED. Alcohol, smoking, passive smoking and caffeine in relation to breast cancer risk in young women. *British Journal of Cancer* 1994; **70**:112–119.
2. California Environmental Protection Agency. *Proposed Identification of Environmental Tobacco Smoke as a Toxic Air Contaminant, SRP Version, 2005*. www.arb.ca.gov/toxics/ets/finalreport/finalreport.htm.
3. Fleiss JL, Gross AJ. Meta-analysis in epidemiology, with special reference to studies of the association between exposure to environmental tobacco smoke and lung cancer: a critique. *Journal of Clinical Epidemiology* 1991; **44**:127–139.
4. Easton DF, Peto J, Babiker AGAG. Floating absolute risk: an alternative to relative risk in survival and case-control analysis avoiding an arbitrary reference group. *Statistics in Medicine* 1991; **10**:1025–1035.
5. Greenland S, Michels KB, Robins JM, Poole C, Willett WC. Presenting statistical uncertainty in trends and dose-response relations. *American Journal of Epidemiology* 1999; **149**:1077–1086.
6. Easton D, Peto J. Re: 'Presenting statistical uncertainty in trends and dose-response relations' [Letter]. *American Journal of Epidemiology* 2000; **152**:393–394.
7. Greenland S, Longnecker MP. Methods for trend estimation from summarized dose-response data, with applications to meta-analysis. *American Journal of Epidemiology* 1992; **135**:1301–1309.
8. Berlin JA, Longnecker MP, Greenland S. Meta-analysis of epidemiologic dose-response data. *Epidemiology* 1993; **4**:218–228.
9. Orsini N, Bellocco R, Greenland S. Generalized least squares for trend estimation of summarized dose-response data. *Stata Journal* 2006; **6**:40–57.
10. Fry JS, Lee PN. Revisiting the association between environmental tobacco smoke exposure and lung cancer risk. I. The dose-response relationship with amount and duration of smoking by the husband. *Indoor and Built Environment* 2000; **9**:303–316.
11. Woolf B. On estimating the relationship between blood group and disease. *Annals of Human Genetics* 1955; **19**:251–253.
12. Lee PN. Simple methods for checking for possible errors in reported odds ratios, relative risks and confidence intervals. *Statistics in Medicine* 1999; **18**:1973–1981.
13. Matos E, Vilensky M, Boffetta P, Kogevinas M. Lung cancer and smoking: a case-control study in Buenos Aires, Argentina. *Lung Cancer* 1998; **21**:155–163.
14. Fontham ETH, Correa P, Reynolds P, Wu-Williams A, Buffler PA, Greenberg RS, Chen VW, Alterman T, Boyd P, Austin DF, Liff J. Environmental tobacco smoke and lung cancer in nonsmoking women. A multicenter study. *Journal of the American Medical Association* 1994; **271**:1752–1759.
15. Katz D, Baptista J, Azen SP, Pike MC. Obtaining confidence intervals for the risk ratio in cohort studies. *Biometrics* 1978; **34**:469–474.
16. Greenland S. Multiple-bias modelling for analysis of observational data. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)* 2005; **168**:267–306.
17. Breslow NE, Day NE. The analysis of case-control studies, vol. 1. In *Statistical Methods in Cancer Research*, Davis W (ed.), vol. 32. IARC: Lyon, 1980.

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 (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日以上以上の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±2,815歩/日、女性が平均6,607±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±19.0%、女性が53.6±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

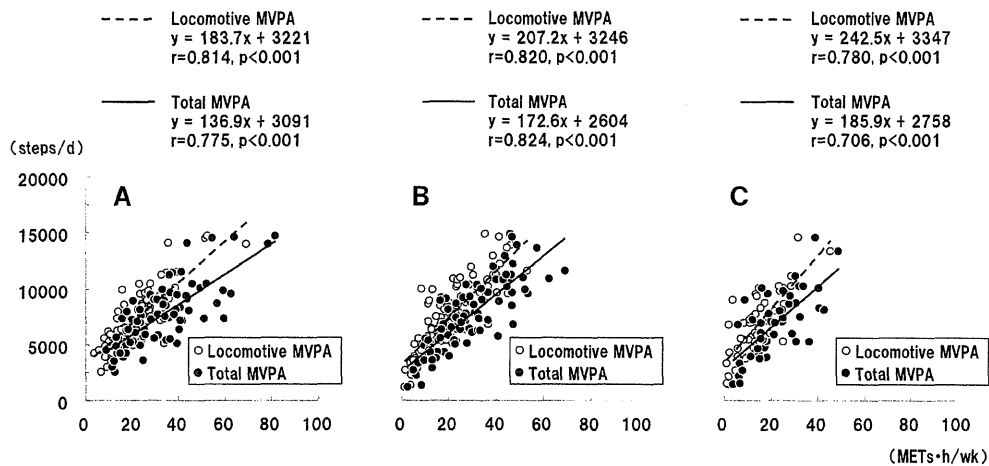


Fig 1. Relationships between daily steps and weekly MVPA in men.

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.

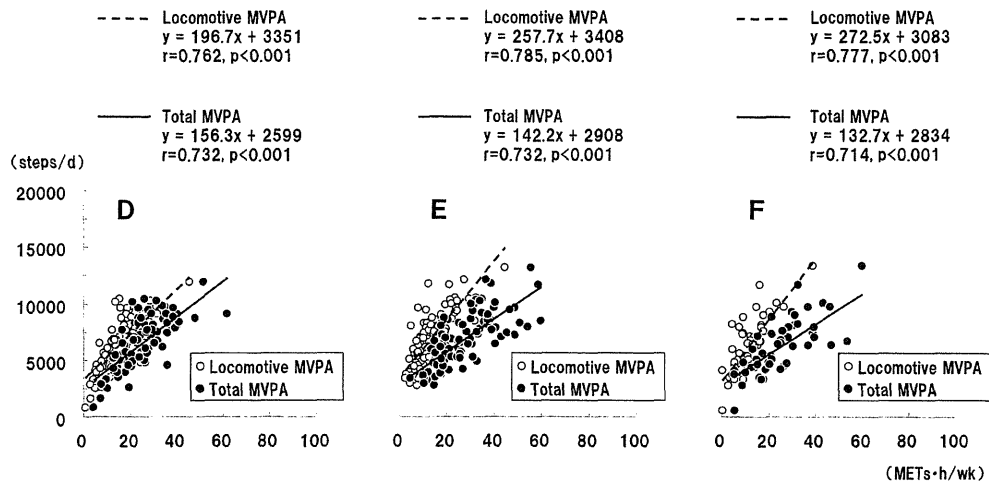


Fig 2. Relationships between daily steps and weekly MVPA in women.

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、仕事中の活動や通勤、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, Hikihara 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, Hikihara 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) Hikihara 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.

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

村上 晴香¹, 川上 諒子¹, 大森 由実², 宮武 伸行³, 森田 明美¹, 宮地 元彦¹

Translating from 23METs-h/wk as physical activity reference value for
Japanese to daily step counts

Haruka Murakami¹, Ryoko Kawakami¹, Yumi Ohmori², Nobuyuki Miyatake³,
Akemi Morita¹ and Motohiko Miyachi¹

¹独立行政法人 国立健康・栄養研究所, 〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1 (*National Institute of Health and Nutrition, 1-23-1 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8636, Japan*)

²神奈川工科大学, 〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野1030 (*Kanagawa institute of technology, 1030 Shimo-ogino, Atsugi Kanagawa 243-0292, Japan*)

³香川大学, 〒761-0793 香川県木田郡三木町池戸1750-1 (*Kagawa University, 1750-1 Ikenobe, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa 761-0793, Japan*)

Received: July 14, 2011 / Accepted: January 10, 2012

Abstract A physical activity reference value for health promotion, 23 METs-h/week was established by the Ministry of Health, Welfare, and Labour in Japan in 2006. The purpose of this study was to determine the daily step counts (steps/day) that classify adults as meeting the 23 METs-h/week reference value by using objective measurements. Objectively measured physical activity levels of 1837 Japanese adults aged from 23 - 69 yrs from both urban and rural Japanese cohorts were provided. Amount of physical activity and daily step counts were assessed using a triaxial accelerometer (Actimarker EW4800; Panasonic Electric Works). Receiver operating characteristics (ROC) curve analysis determined the optimal daily step counts (steps/day) that discriminated adults who met the reference value from those who did not. Approximately 48 % of Japanese adults met the 23 METs-h/week of physical activity reference value. ROC curve analysis found that 9341 steps/day produced 77.1 % of sensitivity and 79.5 % of specificity in all subject. When the analysis was performed in each cohort, 9980 steps/day and 8640 steps/day were indicated as the optimal daily step counts for them to meet 23 METs-h/week in urban and rural cohort, respectively. These data suggest that Japanese adults are likely to meet 23 METs-h/week of physical activity reference value if they accumulate between 8500 and 10,000 steps/day of daily step counts.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 61(2): 183-191 (2012)

Keywords : Physical activity, Reference value, Health promotion, ROC curve

緒 言

身体活動・運動習慣や食習慣などの生活習慣は、肥満や生活習慣病の発症に関わっており、多くの研究において、身体活動・運動を増大させることは、それらの発症を予防すると報告している¹⁻⁴⁾。さらに、それらを予防・改善するための身体活動・運動に関するガイドラインが、多くの国や機関から出されており⁵⁻⁷⁾、日本においても、2006年に厚生労働省から「健康づくりのための運動基準2006」(以下、運動基準)が発表され、健康づくりのための身体活動量の基準値として週23メッツ・時

が提唱された^{8,9)}。

日本における運動基準では、各運動強度の単位メッツと時間(時)の積であるメッツ・時を用いて身体活動量の基準値を示しているが、専門家には受け入れやすいものの、一般国民には理解が困難な場合が多い。身体活動量の増大をめざしたポピュレーションアプローチにおいては、身体活動量の基準値である週23メッツ・時をより平易な語句に変換し、一般国民が理解しやすい言葉で普及・啓発させることが必要である。近年では、歩数計を用いた介入研究の生活習慣病予防の有効性も示されており^{10,11)}、また身体活動ガイドラインを歩数で示すことの

重要性が提唱されている¹²⁾.

欧米においても各国のガイドラインにおいて提唱されている「中強度の身体活動を少なくとも1日30分」を、歩数で示す試みが行われてきた¹³⁻¹⁸⁾. Macfarlaneらは、15~55歳の男女49名を対象に、歩数計と加速度計を用い、中強度の身体活動30分は、歩数にすると1日8000歩に相当することを示した¹⁴⁾. また、Adamsらは、子供を対象に、推奨量である「中強度の身体活動を60分」に相当する歩数を、ROC曲線を用いて算出すると1日9930歩であることを報告している¹³⁾. 日本においても、Tanakaらにより、4~6歳の子供157名を対象に、中強度の身体活動60分に対する歩数として1日9934歩であることが示された¹⁶⁾. 歩数計は、質問紙法による身体活動量評価よりも主観が入りにくく客観性が高い。歩数計とともに最近では加速度計も使用されるが、これら2つの機器のうち、歩数計はより安価であり、使用法が簡便である^{19,20)}. また、歩数計からの歩数データは、加速度計の身体活動量データとよく相関している²¹⁾. 加えて、歩数計を用いた認知行動的介入が身体活動の増加に有効であることが示されている¹¹⁾. したがって、運動基準で示されている身体活動量の基準値である週23メッツ・時を歩数に変換することは、国民がこの基準を活用する上で有用であると思われる。

運動基準を国民に広く普及させるための「健康づくりのための運動指針2006<エクササイズガイド2006>」(以下、エクササイズガイド)では、週23メッツ・時を歩数に換算し、1日あたりおよそ8000~10,000歩と推定している⁹⁾. しかしながら、これは、週23メッツ・時=1日3.3メッツ・時が3~4メッツの強度の歩行もしくはそれと同等の身体活動を1日あたり1時間程度行うのに相当(10分あたり1000歩とすると、約6000歩に相当)し、これに加えて日常生活で意識されない間欠的な低強度の歩行による歩数が2000~4000歩であるという推定から示されたものであり、科学的根拠が不十分であると言わざるをえない。そこで本研究は、運動基準で示された身体活動の基準値週23メッツ・時をより平易な指標である歩数に変換し、運動基準ならびにエクササイズガイドのさらなる普及・啓発を促す手だてとすることを目的に行う。また、地域差や、肥満者と非肥満者、若齢者と高齢者といった集団特性の差が、これらメッツ・時と歩数との関連に違いをもたらすかについても検討することを目的とした。

研究方法

対象 本研究の対象者は、東京都を中心としたコホートであるNutrition and Exercise Intervention Study (NEXIS) (ClinicalTrials.gov Identifier : NCT00926744) に登録されている909名、および、長野県佐久市を中心とし

たコホートであるSaku Control Obesity Program(SCOP)に登録されている2175名のうち、下記の基準を満たす1837名を対象とした。NEXISコホートでは、地域住民への広告や企業等での募集により研究への参加を募り、その参加基準としては運動が禁忌でないものとした。SCOPコホートにおいては、総合病院の人間ドック受診者を対象に研究参加を募った。両コホート登録者3084名のうち、加速度計データが欠損している530名(17.2%)を除外した。また自記式の間診票により、現病歴等を聞き取り、脳血管疾患、腎臓病等の重篤な疾患を有する者(n=219名, 7.1%)、高血圧症、糖尿病、脂質異常症の服薬を行っている者(n=826名, 26.8%)も除外した。最終的に23歳から69歳までの男女1837名(NEXIS 773名, SCOP 1064名, 男性848名, 女性989名)を本研究の対象とした。

本研究を始めるにあたり、独立行政法人国立健康・栄養研究所における研究倫理審査委員会の承認を受けた。また、全ての被験者には、本研究の目的や意義、危険性について口頭および文章にて説明を行い、研究参加への同意を得た。

生活習慣病危険因子の測定 10時間の絶食を行った後、早朝に身長および体重を測定し、BMI (kg/m²) を算出した。仰臥位において十分な安静の時間を取った後、form ABI/PWV (オムロンコーリン社製、日本) により上腕血圧を測定した。また、肘正中皮静脈から採血を行った。採取した血液を3000 rpmで20分間の遠心分離を行い、血清を得た。得られた血清から、血糖値、中性脂肪、HDL-コレステロールを測定した。

身体活動量の評価 日常生活における身体活動量(メッツ・時)および歩数は、3次元加速度計(Actimarker EW4800; パナソニック社製、日本)を用いて評価した。この加速度計には3軸方向(x:上下, y:左右, z:前後)の加速度センサーが内蔵されており、各軸方向の加速度を合成した加速度値が算出された²²⁾. 活動強度は、3軸の合成加速度の標準偏差によって算出され、1分毎の加速度値(Km)は以下の式で算出された。

$$K_m = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\left(\sum_{k=1}^n x_k^2 + \sum_{k=1}^n y_k^2 + \sum_{k=1}^n z_k^2 \right) - \frac{1}{n} \left\{ \left(\sum_{k=1}^n x_k \right)^2 + \left(\sum_{k=1}^n y_k \right)^2 + \left(\sum_{k=1}^n z_k \right)^2 \right\} \right]}$$

x_i, y_i, z_iは1分毎における各軸方向の加速度を示しており、nは1分間にサンプリングされる個数である。加速度値のサンプリング周波数は20Hzであり、算出された加速度値は内蔵されたアルゴリズムによってメッツに変換され、1分毎に平均した値が時刻暦とともに内蔵メモリに蓄積された。この3次元加速度計は、それにより得られた身体活動量が、7種類の家事作業と7水準の

歩行におけるダグラスバックを用いて得られた酸素摂取量との間に高い相関 ($r=0.93$) が認められており、また、二重標識水法によって測定された総消費エネルギーとの間にも高い相関 ($r=0.84$) が認められており、妥当性が検証されたものである²³⁾。

被験者は、起床から就寝までの間、水泳や入浴のような水中での活動以外において、3次元加速度計を腰部に装着した。また、同時に身体活動の簡易な1日毎の欄を設けた記録用紙にて、その日が非日常的活動を伴ったか否か、また非装着時間の有無について記録した。非日常的活動を伴ったか否かについては、“装着期間中に、非日常的な出来事(怪我をした、風邪を引いて寝込んだ、旅行に行った)があれば特記事項の欄にご記入下さい。毎月旅行に行くなど、定期的な事柄については記入頂かなくても結構です”とし、非装着時間の有無については、“機器の着け忘れや諸事情により、活動をしていながらもかかわらず、機器を装着しなかった時間がありましたら、その時刻を記入してください”とした。この身体活動記録を元に、非日常的活動を伴った日および非装着時間があつた日を除外した。さらに、3次元加速度計に記録された1.1METs以上の加速度データが6時間以上認められる日を採用し、6時間に到達しない日を除外した。この基準を用いることで、加速度計の有効日として先行研究において多く採用されている基準である装着時間10時間以上²⁴⁾を満たしている日数は93.5%に達することを本研究の被験者から抽出した24名のデータにおいて確認した。

本研究において装着した28日間のうち、上記基準を満たす日を全て有効日とし、平日および休日を含む14日以上28日以下の日数において、3メッツ以上の強度における身体活動量(メッツ・時)(以下、中高強度身体活動量)および歩数の1日あたりの平均値を算出した。有効日が14日未満の場合には、有効日が14日を超えるよう再度装着を依頼した。7日以上歩数のデータが1ヶ月間の身体活動量を評価することが可能であると報告されているため²⁵⁾、14日以上装着期間は、1ヶ月間の身体活動を評価していると考えられる。また、1日における3メッツ以上の中高強度身体活動に費やした時間についても算出した。中高強度身体活動量については、運動基準の週23メッツ・時と比較するため、得られた1日あたりの中高強度身体活動量(メッツ・時)から週あたりの中高強

度身体活動量(メッツ・時/週)を求めた。この週あたりの中高強度身体活動量が23メッツ・時以上の者を運動基準達成者、23メッツ・時未満の者を運動基準未達成者とした。

統計解析 性別や地域における年齢や体組成、生活習慣病危険因子、身体活動量の比較には、対応のないt-testを用いた。またコホートにおける男女の度数を比較するために、 χ^2 検定を行った。中強度身体活動量と1日あたりの歩数との相関関係は、Pearsonの相関係数の検定により行い、週あたりのメッツ・時と1日あたりの歩数との関係については直線回帰分析により検討した。運動基準である週23メッツ・時に相当する1日あたりの歩数を検出するため、受診者動作特異性曲線(Receiver Operating Characteristic curve: 以下ROC曲線)を用いて検討した。連続的な任意の歩数における週23メッツ・時に対する感度および特異度を求め、ROC曲線を作成し、AUC(area under curve)を獲得した。ROC曲線の左肩ポイント(感度 = 1, 1 - 特異度 = 0)に最も近い距離にある値を求め、これをカットオフ歩数とした。左肩に最も近い距離は、 $(1 - \text{感度})^2 + (1 - \text{特異度})^2$ の最小値とした。得られたカットオフ歩数における週23メッツ・時に対する感度と特異度、陽性および陰性反応適中度を求め、そのカットオフ歩数の妥当性を検討した。

結果は、平均値±標準偏差で示し、有意水準は危険率5%未満とした。解析にはSPSS 16.0 (SPSS Japan社、日本)を用いて行った。

研究結果

被験者特性 対象者の性年代別の構成を表1に示した。平均年齢は 53.0 ± 9.9 歳であった。男性の平均年齢は 52.6 ± 10.2 歳で、女性は 53.2 ± 9.7 歳であり、男女において年齢に差は認められなかった。また対象者の勤務形態について、NEXISに関しては不明であるが、SCOPに関して常勤・自営業が63.9%と半数以上を占め、臨時・パートが7.1%、農業が7.1%、主婦・無職が21.8%だった。また、農業への従事の有無について聞いたところ37.1%の対象者が従事していた。本研究における被験者特性を表2に示した。生活習慣病危険因子においては、BMI、血糖値、中性脂肪、血圧が男性において有意に高い値であり、HDLコレステロールが女性において有意に高い値を示

Table 1. Numbers of participants by gender and age groups

	age					Total
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	
Male	5 0.6%	107 12.6%	183 21.6%	309 36.4%	244 28.8%	848 100%
Female	5 0.5%	109 11.0%	195 19.7%	375 37.9%	305 30.8%	989 100%

Table 2. The subjects characteristics according to the sex and the cohort

	Total	Male	Female	NEXIS	SCOP
N	1837	848	989	773 (246/527)	1064 (602/462)
age	53.0 ± 9.9	52.6 ± 10.2	53.2 ± 9.7	48.8 ± 10.4	55.9 ± 8.4 #
Height (cm)	162.7 ± 8.4	169.4 ± 5.9	157.0 ± 5.6 *	161.3 ± 8.3	163.7 ± 8.4 #
Weight (kg)	60.2 ± 11.0	67.3 ± 9.8	54.1 ± 7.8 *	59.0 ± 10.9	61.1 ± 10.9 #
Waist circumference (cm)	81.5 ± 8.6	83.8 ± 7.8	79.6 ± 8.9 *	80.8 ± 9.2	82.0 ± 8.2 #
BMI	22.6 ± 3.0	23.4 ± 2.9	22.0 ± 3.0 *	22.6 ± 3.2	22.7 ± 2.9
Fasting blood glucose (mg/dL)	95.4 ± 12.8	98.4 ± 13.6	93.0 ± 11.5 *	90.3 ± 10.8	99.2 ± 12.9 #
HDL cholesterol (mg/dL)	62.4 ± 15.2	56.7 ± 14.1	66.9 ± 14.6 *	64.2 ± 15.6	60.6 ± 14.7 #
Triglycerol (mg/dL)	100.0 ± 65.8	118.2 ± 78.4	84.3 ± 47.2 *	89.3 ± 55.4	107.7 ± 71.4 #
SBP (mmHg)	116.7 ± 14.7	119.8 ± 13.7	114.1 ± 14.9 *	117.2 ± 14.6	116.4 ± 14.7
DBP (mmHg)	71.1 ± 10.4	74.6 ± 9.9	68.0 ± 9.8 *	71.2 ± 10.1	71.0 ± 10.6
Daily step counts (steps/day)	9564 ± 3540	9594 ± 3630	9537 ± 3463	10517 ± 3691	8871 ± 3257 #
Amount of MVPA (METs-h/week)	25.0 ± 14.7	24.8 ± 16.4	25.2 ± 13.1	26.7 ± 14.5	23.8 ± 14.7 #

MVPA: moderate and vigorous physical activity

*: P<0.05, Male vs Female

#: P<0.05, NEXIS vs SCOP

した。いずれの生活習慣病危険因子においても、全被験者の平均値は基準値の範囲内であった。

日常生活における身体活動量 本研究における全被験者の平均歩数は1日あたり9564±3540歩（男性9594±3630歩, 女性9537±3463歩）であり、中高強度身体活動量は週25.0±14.7 メッツ・時（男性24.8±16.4 メッツ・時, 女性25.2±13.1 メッツ・時）であった（表2）。これは、平成21年に発表された国民健康・栄養調査の平均歩数を（男性7214歩, 女性6352歩）大きく上回っており、本研究の被験者は身体活動量の高い集団であると考えられる。また、NEXISとSCOPにおいて、歩数および中高強度身体活動量を比較すると、歩数は、それぞれ10517±3691歩と8871±3257歩であり（p<0.01）、中高強度身体活動量においては、週26.7±14.5 メッツ・時と週23.8±14.7 メッツ・時で、両指標ともNEXISの被験者の方が有意に高い値であった（p<0.01）（表2）。

週あたりの中高強度身体活動量と1日あたりの歩数との間には、有意な正の相関が認められた（r=0.743, p<0.01）。中高強度身体活動量の基準値である週23メッツ・時を達成している被験者の割合は、47.8%（男性42.8%, 女性52.2%, 男性vs女性：p<0.01）であった。

週23メッツ・時と歩数との関係 本研究では、週23メッツ・時に相当する1日あたりの歩数を決定するため、ROC曲線を用いてカットオフ歩数を求め、その歩数を用いた際の週23メッツ・時に対する感度および特異度、陽性および陰性反応適中度から妥当性を考慮した。全被験者におけるROC曲線を図1に示した。AUCは0.862（95%信頼区間：0.845 - 0.878）であり（p<0.01）、カットオフ値として9341歩が決定された。この9341歩における感度は77.1%、特異度79.5%、陽性反応適中度77.6%、

陰性反応適中度79.1%であった（表3）。さらに、運動基準の週23メッツ・時は、1日において3メッツ以上の中高強度身体活動量をどのくらいの時間行うことに相当するかを検討するため、全被験者を対象にROC曲線により求めたところ、1日あたり54分というカットオフポイントが得られた。

また、地域差や集団の特性の差が、週23メッツ・時に相当する歩数に違いをもたらすかを検討した。コホート別に、週23メッツ・時に相当する歩数をROC曲線により求めたところ、NEXISで9980歩（感度76.2%、特異度80.9%）、SCOPで8640歩（感度79.2%、特異度76.5%）であった。男女別では、男性で9414歩（感度80.2%、特異度80.0%）、女性で9188歩（感度77.3%、特異度77.4%）であった。さらに、本被験者を年齢により3分位（49歳以下、50-58歳、59歳以上）に分類し、カットオフ歩数を求めた。3分位に分ける際、同年齢が多く存在しており

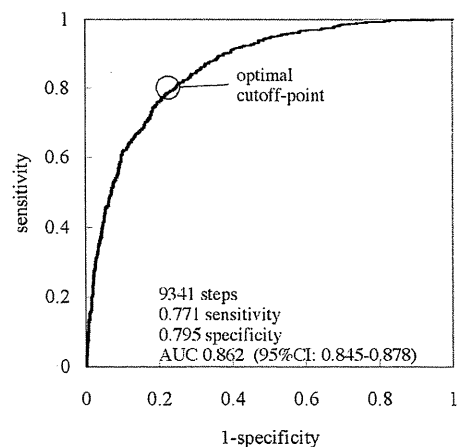


Fig 1. Receiver operating characteristic (ROC) curves showing the optimal daily step counts cutoff point for 23 METs-h/week of amount of moderate and vigorous physical activity

Table 3. Daily step counts cutoff points to identify 23METs-h/week of amount of physical activity by ROC analysis.

Category	n	Cutoff point	AUC (95%CI)	Se (%)	Sp (%)	+PV (%)	-PV (%)
All subjects	1837	9341	0.862 (0.845-0.878)	77.1	79.5	77.6	79.1
Cohorts							
NEXIS	773	9980	0.860 (0.834-0.887)	76.2	80.9	83.5	72.8
SCOP	1064	8640	0.855 (0.833-0.877)	79.2	76.5	70.9	83.5
sex							
male	848	9414	0.879 (0.856-0.902)	80.2	80.0	75.0	84.3
female	989	9188	0.851 (0.828-0.875)	77.3	77.4	78.9	75.8
age							
~49	604	9434	0.879 (0.852-0.906)	81.4	79.9	79.5	81.8
50-58	603	9187	0.854 (0.824-0.884)	78.0	77.7	71.7	82.9
59~	630	9296	0.855 (0.825-0.884)	75.2	81.7	81.8	74.9
BMI							
<18.5	101	8865	0.826 (0.745-0.906)	80.8	77.6	79.2	79.2
18.5-25	1391	9341	0.861 (0.841-0.880)	78.4	79.0	78.4	79.0
25=<	345	9004	0.873 (0.837-0.909)	77.5	78.3	71.4	83.2

AUC, area under the ROC curve; Se, Sensitivity; Sp, Specificity; +PV, positive Predictive value; -PV, negative predictive value

均等に人数を分類することが出来なかったため、人数が最も3分位に近似する年齢により分類した。49歳以下の群で9434歩（感度81.4%，特異度79.9%），50-58歳の群で9187歩（感度78.0%，特異度77.7%），59歳以上の群で9296歩（感度75.2%，特異度81.7%）であった。BMIでは、BMIが18.5未満においては8865歩（感度80.8%，特異度77.6%），18.5以上かつ25未満では9341歩（感度78.4%，特異度79.0%），25以上においては、9004歩（感度77.5%，特異度78.3%）であった。

また、週あたりのメッツ・時と1日あたりの歩数との回帰分析から週23メッツ・時に相当する歩数を求めた。独立変数に中高強度身体活動量（メッツ・時/週），従属変数に歩数（歩/日）を取り、回帰直線を引いたところ、全被験者において $y=179x-5090$ の式が得られ（図2）（ $p<0.05$ ），週23メッツ・時に相当する歩数は9206歩であった。ROC曲線の検討と同様，コホート別，性別，年齢別，

BMI別にも検討を行った（表4）。コホート別に見ると、NEXISでは9809歩，SCOPでは8746歩だった。

さらに欧米において身体活動量の基準となっている「中強度以上の身体活動を1日30分以上」について、中強度の身体活動を3メッツ以上と定義し、ROC曲線により歩数を算出したところ、7709歩（感度76.9%，特異度59.0%）であった。

考 察

本研究において、23歳から69歳までの健康な男女1837名を対象に、運動基準で提唱された身体活動量の基準値である週23メッツ・時に相当する歩数を検討したところ9341歩であることが推計された。コホート別に見ると東京都を中心とするコホートであるNEXISにおいては9980歩であり、長野県佐久市を中心とするコホートであるSCOPにおいては8640歩であった。東京都と長野県と

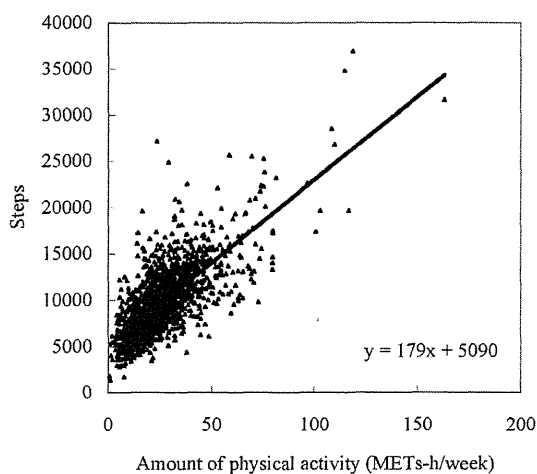


Fig 2. Relationship between amount of moderate and vigorous physical activity (METs-h/week) and daily step counts

Table 4. The regression analysis for daily step counts corresponding to 23 METs-h/week of amount of physical activity

Category	n	Equation	Steps
All subjects	1837	$y = 179x + 5090$	9206
Cohort			
NEXIS	773	$y = 191x + 5406$	9809
SCOP	1064	$y = 164x + 4982$	8746
sex			
male	848	$y = 160x + 5623$	9308
female	989	$y = 204x + 4399$	9092
age			
~50	604	$y = 170x + 5455$	9361
51-60	603	$y = 180x + 5104$	9253
61~	630	$y = 191x + 4616$	9013
BMI			
<18.5	101	$y = 167x + 5343$	9194
18.5-25	1391	$y = 181x + 5048$	9216
25=<	345	$y = 174x + 5150$	9158

いう地域の差により、週23メッツ・時を達成するための歩数に1340歩の差が認められた。また、性別や年齢、BMIによる分類において、週23メッツ・時に相当する歩数には差が認められたものの、その差は約220~480歩であり、地域による差より小さかった。ROC曲線によって求めた歩数のカットオフポイントは、回帰直線により算出した歩数と同様の傾向を示した。本研究では、地域別、集団属性別で見た場合、そのカットオフ歩数は1日8640歩~9980歩の範囲に分布した。したがって、週23メッツ・時に相当する歩数は、おおよそ1日8500~10,000歩と表現するのが妥当であると考えられる。この知見は、エクササイズガイドにおいて推奨されている歩数である1日8000歩~10,000歩とほぼ一致しており、その妥当性を支持するものであった。

我々の研究以前に、ガイドラインで提示されている身体活動の推奨量を歩数で示すことを試みた研究がいくつか行われてきている。100歩/分のペースでの歩行が、おおよそ3メッツでの強度の通常歩行であることがよく知られており²⁶⁾、中強度以上の身体活動30分は、3000歩~4000歩に直接的に歩数に変換可能なことが示唆されている^{18,26-28)}。米国の身体活動ガイドラインでは、「中強度以上の身体活動を少なくとも1日あたり30分」といった推奨量が提唱されているが、Macfarlaneら¹⁴⁾は、中強度以上の身体活動1日30分は1日8000歩に相当することを報告している。本研究において、中高強度身体活動30分に相当する歩数を算出したところ、1日7709歩という結果が得られた。これはMacfarlaneら¹⁴⁾と比較して若干低い値であった。その理由として、歩数や活動量算出の感度やアルゴリズムの違いや研究対象の民族ならびに生活環境の違いなどが推察される。また、本研究において「中強度以上の身体活動30分」を算出する際、米国の「10分以上の継続する活動のみを30分に含める」という概念は考慮されていない。したがって、「中強度以上の身体活動30分」の基準達成の判断が緩くなり、カットオフ歩数を求めた際、その歩数が低くなっている可能性が考えられる。

Bassett et al.²⁹⁾によると、米国における成人の歩数は男性が5340歩、女性が4912歩であると報告されている。米国の「中強度以上の身体活動を少なくとも1日あたり30分」といった身体活動の推奨量は約8000歩に相当し^{14,17)}、米国の歩数の現状より約2500歩~3000歩ほど多い。一方、我が国の国民健康・栄養調査の結果では男性が7321歩、女性が6267歩であり³⁰⁾、米国と比較して歩数が多いことが報告されている。運動基準である週23メッツ・時は、本研究において8500歩~10,000歩に相当し、我が国の歩数の現状よりも2500歩~3500歩ほど多い。米国も我が国も、各国民の身体活動の現状より同程度多い基準を設定していることは興味深い。このことと、身

体活動と生活習慣病リスクの低減との間に量反応関係がある⁴⁾ことを考え併せると、本研究により得られた週23メッツ・時に相当する1日当たりの歩数8500歩~10,000歩は、日本国民が生活習慣病予防の目的に目指すべき歩数として妥当であると思われる。

都心部と農村部において歩数や身体活動量を比較した研究では、都市部において歩数が多く³¹⁾、また身体活動ガイドラインの基準値に達しているものが多い³²⁾ことが報告されている。一方で、これまで一步あたりの強度といった“身体活動の質”に関して地域による差があるかを検討した研究は行われていない。本研究では、コホートや性、年齢、BMIによる集団特性の差が、カットオフ歩数に違いをもたらすかを検証した。その結果、性、年齢、BMIにおいては大きな差は見られなかったが、2つのコホートの間に約1340歩の差が認められた。週あたりの中高強度身体活動量および歩数を比較すると、東京を中心としたNEXISで有意に高いものの、カットオフ歩数は高値を示している。これらカットオフ歩数における地域差は、通勤形態の違いや農業従事の有無などの“身体活動の質”の差が影響を及ぼしている可能性が考えられる。さらにPark et al.³³⁾によると、本研究において使用した3次元加速度計は、55m/分=3.3km/時程度の遅い歩行速度において歩数を有意に過小評価することが報告された。したがって、歩行速度の遅い集団を含む場合、週23メッツ・時に相当する歩数が低く見積もられるかもしれない。一方、男女や若齢者と高齢者、非肥満者と肥満者において、週23メッツ・時に相当する歩数には地域差のような差が認められなかった。本研究において週23メッツ・時に相当する歩数に差が生じなかった理由については、脳血管疾患、腎臓病等の重篤な疾患を有する者や高血圧症、糖尿病、脂質異常症の服薬を行っている者が除外され、比較的健康的な被験者であることが考えられる。

本研究において、59歳以上を対象とした場合の週23メッツ・時に相当する歩数は9296歩であることが推計された。平成21年度の国民健康・栄養調査における歩数は、60-69歳において男性で6949歩、女性で6381歩であり、70歳以上において男性で4707歩、女性で3797歩である。本研究の60-69歳の対象者における歩数は、男性において平均9741±3434歩であり、女性で9224±3393歩であり、国民健康・栄養調査と比較して歩数が多い集団である。したがって、本研究で示された59歳以上を対象とした際の週23メッツ・時に相当する歩数9296歩は日本国民における59歳以上の集団で達成可能か否かを十分考慮する必要があると思われる。

週23メッツ・時が、3メッツ以上の中高強度身体活動量を1日あたりどのくらいの時間行うことに相当するかを検討した結果、1日あたり54分というカットオフポイ

ントが得られた。米国の身体活動ガイドライン「中強度以上の身体活動30分」と比較して、長い時間が示されたが、これには上述したカットオフ歩数と同様、「10分以上の継続」が考慮されていないことや、基準値策定のための論文の採択基準が異なることなどが考えられ、日本において示されている週23メッツ・時という基準と単純に比較することはできず、慎重な解釈が必要である。しかしながら、Masurier et al.³⁴⁾は1日10,000歩以上を達成しているグループの1日あたりの中強度身体活動の時間を算出したところ、「10分以上の継続」が考慮されていない場合においては62.1±27.7分、「10分以上の継続」を考慮した場合には30.1±21.0分であったことを報告している。本研究における週23メッツ・時は9341歩であり、「10分以上の継続」を考慮しない中高強度身体活動時間の54分は概ね妥当な数値であると思われる。

本研究には、いくつかの限界が存在する。まず1点目は、本研究において使用した3次元加速度計の歩数の正確性についてである。先に述べたようにPark et al.³³⁾は、本研究において使用した3次元加速度計は、55m/分=3.3km/時程度のゆっくりとした歩行速度において歩数を有意に過小評価することを報告している。したがって、ゆっくりとした活動が多い集団においては、活動が歩行として認識されておらず、週23メッツ・時に相当する歩数を少なく見積もる可能性が考えられる。2点目は使用する加速度計の違いに関してである。加速度計を使用して身体活動量の基準値に相当する歩数を求めようとする際、各加速度計における歩数への変換における感受性や身体活動量評価のアルゴリズムに器差があるため³⁵⁾、これらがカットオフ歩数に影響を及ぼす可能性が考えられる。最後に、集団における差異についても考慮する必要があると思われる。本研究では、NEXISおよびSCOPにおいて2つの集団を対象としたが、それら対象によりカットオフ歩数には1340歩の差が認められ、異なる集団を対象にした際には、これらカットオフ歩数に差異が生じる可能性がある。Tudor-Lockeら³⁶⁾は、推奨値や基準値に対する歩数は、地域や属性で異なっており、それらを含む範囲で提唱することが良いとしている。本研究の3つの限界を考慮すると、週23メッツ・時に相当する歩数は、おおよそ1日8500~10,000歩に相当するというように範囲を持って表現するのが妥当であろう。

我が国は歩数計が古くから普及しており、1960年代以降の万歩計という言葉に象徴されるとおり1日あたり10,000歩を基準に歩くことが“経験的に”推奨されてきた³⁶⁾。また、「すこやか生活習慣国民運動」のような厚生労働省の最近の健康づくりのためのポピュレーションアプローチにおいて、「まず1000歩増やしてみよう」といった歩数に焦点を当てたスローガンが掲げられている³⁷⁾。さらに、最近では普及率が93%となった携帯電話

に³⁸⁾、加速度センサーを活用した歩数計機能が搭載され、多くの国民が歩数を知ることが出来る環境が整ってきている。このような歴史的、社会的背景から、学問的にはメッツ・時などの単位で表現される身体活動量の概念をより平易で日本人になじみの深い歩数に換言することは、身体活動に関する認知を高めること、エクササイズガイドの普及・啓発、ひいては日本人の身体活動量増大のために、有効であると思われる。

結 論

本研究では、「健康づくりのための運動基準2006」で示された身体活動量の基準値である週23メッツ・時に相当する歩数を、23歳から69歳までの健康な男女1837名において検証した。その結果、全被験者における週23メッツ・時に相当する歩数は、1日9341歩であった。また地域別や集団の特性別に検討した結果、週23メッツ・時に相当する歩数は1日8640歩~9980歩の範囲に分布した。以上の結果から、週23メッツ・時の中強度以上の身体活動量に相当する歩数は、おおよそ1日8500~10,000歩に相当することが示唆された。

引 用 文 献

- 1) Helmrigh SP, Ragland DR, Leung RW, and Paffenbarger RS, Jr. Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 325: 147-152, 1991.
- 2) Okada K, Hayashi T, Tsumura K, Suematsu C, Endo G, and Fujii S. Leisure-time physical activity at weekends and the risk of Type 2 diabetes mellitus in Japanese men: the Osaka Health Survey. *Diabet Med* 17: 53-58, 2000.
- 3) Hu G, Barengo NC, Tuomilehto J, Lakka TA, Nissinen A, and Jousilahti P. Relationship of physical activity and body mass index to the risk of hypertension: a prospective study in Finland. *Hypertension* 43: 25-30, 2004.
- 4) Zheng H, Orsini N, Amin J, Wolk A, Nguyen VT, and Ehrlich F. Quantifying the dose-response of walking in reducing coronary heart disease risk: meta-analysis. *Eur J Epidemiol* 24: 181-192, 2009.
- 5) Organization WH. Global recommendations on physical activity for health. http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/index.html. 2010.
- 6) 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.
- 7) Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, Macera CA, and Castaneda-Sceppa C. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med*

- Sci Sports Exerc* 39: 1435-1445, 2007.
- 8) 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～. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou02/pdf/data.pdf>. 2006.
 - 9) 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指針2006～生活習慣病予防のために～<エクササイズガイド2006>. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou01/pdf/data.pdf>. 2006.
 - 10) Richardson CR, Newton TL, Abraham JJ, Sen A, Jimbo M, and Swartz AM. A meta-analysis of pedometer-based walking interventions and weight loss. *Ann Fam Med* 6: 69-77, 2008.
 - 11) Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, Gienger AL, Lin N, Lewis R, Stave CD, Olkin I, and Sirard JR. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *Jama* 298: 2296-2304, 2007.
 - 12) 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, and Blair SN. How Many Steps/day are Enough? For Adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 8: 79, 2011.
 - 13) Adams MA, Caparosa S, Thompson S, and Norman GJ. Translating physical activity recommendations for overweight adolescents to steps per day. *Am J Prev Med* 37: 137-140, 2009.
 - 14) Macfarlane DJ, Chan D, Chan KL, Ho EY, and Lee CC. Using three objective criteria to examine pedometer guidelines for free-living individuals. *Eur J Appl Physiol* 104: 435-444, 2008.
 - 15) Marshall SJ, Levy SS, Tudor-Locke CE, Kolkhorst FW, Wooten KM, Ji M, Macera CA, and 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.
 - 16) Tanaka C and 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) Tudor-Locke C, Ainsworth BE, Thompson RW, and Matthews CE. Comparison of pedometer and accelerometer measures of free-living physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 34: 2045-2051, 2002.
 - 18) Wilde BE, Sidman CL, and Corbin CB. A 10,000-step count as a physical activity target for sedentary women. *Res Q Exerc Sport* 72: 411-414, 2001.
 - 19) Freedson PS and Miller K. Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. *Res Q Exerc Sport* 71: S21-29, 2000.
 - 20) Tudor-Locke CE and Myers AM. Challenges and opportunities for measuring physical activity in sedentary adults. *Sports Med* 31: 91-100, 2001.
 - 21) Tudor-Locke C, Williams JE, Reis JP, and Pluto D. Utility of pedometers for assessing physical activity: convergent validity. *Sports Med* 32: 795-808, 2002.
 - 22) 松村吉浩, 山本松樹, 北堂正晴, 中村秀樹, 木寺和憲, and 藤本繁夫. 3軸加速度センサを用いた高精度身体活動量計. *松下電工技報* 56: 60-66, 2008.
 - 23) Yamada Y, Yokoyama K, Noriyasu R, Osaki T, Adachi T, Itoi A, Naito Y, Morimoto T, Kimura M, and 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.
 - 24) Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, and Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med Sci Sports Exerc* 37: S544-554, 2005.
 - 25) Clemes SA and Griffiths PL. How many days of pedometer monitoring predict monthly ambulatory activity in adults? *Med Sci Sports Exerc* 40: 1589-1595, 2008.
 - 26) Tudor-Locke C, Sisson SB, Collova T, Lee SM, and 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.
 - 27) Tudor-Locke C, Jones R, Myers AM, Paterson DH, and Ecclestone NA. Contribution of structured exercise class participation and informal walking for exercise to daily physical activity in community-dwelling older adults. *Res Q Exerc Sport* 73: 350-356, 2002.
 - 28) Welk GJ, Differding JA, Thompson RW, Blair SN, Dziura J, and Hart P. The utility of the Digi-walker step counter to assess daily physical activity patterns. *Med Sci Sports Exerc* 32: S481-488, 2000.
 - 29) Bassett DR, Jr., Wyatt HR, Thompson H, Peters JC, and Hill JO. Pedometer-measured physical activity and health behaviors in U.S. adults. *Med Sci Sports Exerc* 42: 1819-1825, 2010.
 - 30) Inoue S, Ohya Y, Tudor-Locke C, Tanaka S, Yoshiike N, and Shimomitsu T. Time Trends for Step-Determined Physical Activity among Japanese Adults. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1913-1919, 2011.
 - 31) Dyck DV, Cardon G, Deforche B, and De Bourdeaudhuij I. Urban-rural differences in physical activity in Belgian adults and the importance of psychosocial factors. *J Urban Health* 88: 154-167, 2010.
 - 32) Reis JP, Bowles HR, Ainsworth BE, Dubose KD, Smith S, and Laditka JN. Nonoccupational physical activity by degree of urbanization and U.S. geographic region. *Med Sci Sports Exerc* 36: 2093-2098, 2004.
 - 33) Park J, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Mekata Y, and Tabata I. Effects of walking speed and step frequency on estimation of physical activity using accelerometers. *J Physiol Anthropol* 30: 119-127, 2011.
 - 34) Le Masurier GC, Sidman CL, and Corbin CB. Accumulating 10,000 steps: does this meet current physical activity guidelines? *Res Q Exerc Sport* 74: 389-394, 2003.

- 35) Feito Y, Bassett DR, and Thompson DL. Evaluation of Activity Monitors in Controlled and Free-Living Environments. *Med Sci Sports Exerc* Epub ahead of print, 2011.
- 36) Tudor-Locke C, Hatano Y, Pangrazi RP, and Kang M. Revisiting "how many steps are enough?" *Med Sci Sports Exerc* 40: S537-543, 2008.
- 37) すこやか生活習慣国民運動実行委員会. http://www.kenkounippon21.gr.jp/sukoyaka/00_06.html. 2010.
- 38) 内閣府消費動向調査. <http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/shouhi.html>. 2011.