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 (NEX-IS) (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。また自記式の問診票により、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。

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

xi, yi, zi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、活動をしていたにもかかわらず、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 #
Hight (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にあった。

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、これまで一歩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しかを検証した。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、 $55\text{m}/\text{分} = 3.3\text{km}/\text{時}$ 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-S554, 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.