

## 日本人を対象とした身体活動量の質問表の精度と身体活動レベルに影響する 活動内容の検討

研究分担者	高田和子	(独)国立健康・栄養研究所
研究分担者	田畑泉	(独)国立健康・栄養研究所
研究協力者	内藤義彦	武庫川女子大学
研究協力者	海老根直之	同志社大学
研究代表者	田中茂穂	(独)国立健康・栄養研究所

本研究では、日本人のために開発された身体活動量質問票による1日の身体活動量の評価の精度を確認するとともに、各身体活動レベルを特徴づける生活内容について明らかにすることを目的とした。

20～83歳の健康な成人（学生を除く）226名（男性108名、女性118名）を対象に、二重標識水（doubly labeled water: DLW）法による総エネルギー消費量（total energy expenditure: TEE）の測定と公益信託日本動脈硬化予防研究基金統合研究身体活動質問紙（JALSPAQ）による調査を実施した。

その結果、DLW法で求めたTEEと質問紙によるTEEにおいて、Spearmanの順位相関係数は0.742（ $p < 0.001$ ）、95%LOAは-4.99～2.69MJであった。DLW法と質問紙のTEEの相関は、海外において実施されたこれまでの研究と比べ高く、95%LOAの幅も比較的小さかった。中強度と高強度の総活動時間と仕事（職業と家事を含む）の活動が身体活動レベルと大きく関連した。しかし、最も不活動な人を特徴づける生活内容は明らかにならなかった。

### A 研究目的

食事摂取基準では、身体活動レベルを3段階に区分しているが、各個人がどの身体活動レベルに属するかを簡易に判断する方法は、現時点では示されていない。そこで、各身体活動レベルにある人の活動内容を把握するために、以下の2つの検討を行った。①日本人を対象に開発された身体活動量の質問紙（Arteriosclerosis Longitudinal Study(JALS)における身体活動量調査表(JALSPAQ)により評価した身体活動量を二重標識水（doubly labeled water: DLW）法により評価したエネルギー消費量（Total energy expenditure: TEE）と比較する。②DLW法で測定したTEEに基づいて区分された身体活動レベルにおいて、それぞれの身体活動レベルを特徴づけるような生活内容を明らかにする。

### B 研究方法

#### 1. 対象者

研究所のホームページ、地域の保健センター及び職域を通じて協力者を募集した。本研究では、身体活動レベルの異なる対象を意図的に収集したため、職域としては、事務職、教員、営業職、造船、主婦、無職等、異なる職種を対象とした。なお、学生は対象としなかった。本研究の対象は20～83歳の226名（男性108名、女性118名）である。

#### 2. 調査内容

##### ①安静時代謝量

対象者には、測定日前日は激しい運動を避け、21時までに通常通りの夕食を摂り、その後は水以外の飲食をしないように指示した。測定当日には朝食を食べず

に、測定場所に来所し、室温 20-25°Cの条件下において覚醒・仰臥安静状態を30分以上とり、基礎体温、心拍を計測した後に呼気ガスの採取を行った。呼気ガスの採取は、マスクを装着してダグラスバッグに呼気を10分間2回採取した。呼気はガスメーター (DC-50, 品川製作所) にて換気量を測定し、質量分析計 (ARCO-1000, アルコシステム社製) を用いてガス濃度を分析して Weir の式 (Weir, 1949) により BMR を求めた。

## ②DLW 法による身体活動量測定

10%<sup>18</sup>O (太陽日酸、東京)と 99.9%<sup>2</sup>H (Cambridge Isotope Laboratories, Inc, USA)を混合した液により、体重あたり 0.14g の<sup>18</sup>O と 0.06g の<sup>2</sup>H を投与した。

投与前及び投与翌日から 8 日目まで、1 日 1 回あるいは、1、2、3、7、8、13、14、15 日目の 8 回、同時刻に採尿した。サンプルは密閉した状態で、分析まで -30°C で保存した。<sup>2</sup>H は Pt を触媒として H<sub>2</sub> ガスで、<sup>18</sup>O は CO<sub>2</sub> ガスで平衡法により前処理を行った後、<sup>2</sup>H、<sup>18</sup>O の安定同位体比を質量比分析計 (Finnigan Delta Plus、サーモフィッシャーサイエンティフィック、USA) により分析した。

尿中の安定同位体比から、標準化した安定同位体濃度は、 $[\delta a - \delta b] / [WA(\delta a - \delta t)]$  で求められる。ただし、W は同位体比分析の際に DLW を希釈するのに用いた飲料水の量 (g)、A は投与した DLW の量 (g)、 $\delta a$  は希釈した DLW における同位体比、 $\delta t$  は DLW の希釈に用いた飲料水の同位体比、a は同位体比分析の際に飲料水で希釈された DLW の量 (g)、 $\delta s$  は尿中の同位体比、 $\delta b$  はベースラインでの尿の同位体比である。標準化した安定同位体濃度を対数変換し、投与時刻からの経過時間との間で直線回帰式をもとめ、その傾きを安定同位体の減衰率 (k) とした。安定同位体の希釈容積 (N) は、直線回帰式より時間 0 における安定同位体濃度の逆数より求められ、<sup>2</sup>H の N を 1.041 で除したものと、<sup>18</sup>O の N を 1.007 で除したものの平均値とした。二酸化炭素の排出量は、 $rCO_2$  (mol/day) =  $0.4554TBW(1.007ko - 1.041kh)$  により求めた。ko は <sup>18</sup>O の減衰率、kh は <sup>2</sup>H の減衰率である。DLW 法においては、全期間を通じた RQ の直接測定が不可能なため、体重変動のないエネルギーバランスの

とれた状態では食事調査より求めた食物商 (Food quotient: FQ) を使用して、TEE を求めることが最も適切とされている。そこで、TEE は DLW 法による身体活動量の調査期間中の食事調査より求めた FQ を用いて、Weir の式により求めた。

## ③質問紙による身体活動量調査

公益信託日本動脈硬化予防研究基金による長期縦断研究 (Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study: JALS) において使用されている身体活動質問紙 (JALSPAQ) を使用した。この質問紙は、24 時間活動記録や 7-day recall による検討から明らかになった、日本における活動の特徴をもとにして作成されたものである。JALSPAQ においては、各活動の身体活動レベルを Ainsworth らの表より Mets で示し、1 日の総 Mets 数を求めている。各活動強度別の時間は、低強度 (<3Mets)、中強度 (3-6Mets)、高強度 (6<Mets) とした。各身体活動時間は、総時間、余暇時間のみのそれぞれで求めた。職業と家事を含む仕事での身体活動は座位 (<2Mets)、立位 (2-3Mets)、歩行 (3-6Mets)、重労働 (6 ≤ Mets) に区分した。

## ④統計解析

先行研究での結果と比較するために、DLW 法により測定した TEE と質問紙により調査した TEE の比較では、以下の指標を求めた。

- Pearson の相関係数
- Spearman の順位相関
- paired t test
- standard error (SE)
- 95% limit of agreement (LOA)
- intraclass correlation coefficients (ICC)

また、DLW 法により測定した身体活動レベル (PAL) 別の TEE、及び各強度の身体活動時間の比較は一元配置分散分析により行った。各データについて、等分散が仮定されなかったため post hoc test として Dunnett の T3 を使用した。すべての解析は、SPSS ver. 16.0 for windows を用いて行った。

(倫理面への配慮)

本調査は、(独) 国立健康・栄養研究所「研究倫理審査委員会-疫学研究部会」の承諾を得て実施した。対象者には研究の

目的と方法、危険性等をすべて説明し、書面にて同意を得た。解析時には、データはすべて ID 番号で管理し、個人情報 は別途、管理した。

## C 研究結果

対象者の特性を表 1 に示した。体重は身体活動量の調査期間中では、有意な変化はなかった。男性の 2.8%、女性の 6.8% がやせ (BMI18.5kg/m<sup>2</sup> 未満) であり、男性の 31.5%、女性の 17.8% が肥満 (BMI25kg/m<sup>2</sup> 以上) であった。

安静時代謝量 (Resting metabolic rate:RMR)、DLW 法により求めた TEE と PAL、JALSPAQ により求めた TEE の中央値と四分位を表 2 に示した。PAL は年齢によって有意な差があったが、性差の差はなかった。JALSPAQ は、TEE をやや過小評価し、DLW 法による TEE との差と標準誤差は  $-1.15 \pm 1.92$  MJ/day と  $-0.020 \pm 0.030$  MJ/day であった。JALSPAQ と DLW 法による TEE は、中程度の相関 (Spearman correlation=0.742,  $p < 0.001$ ; ICC=0.648,  $p < 0.001$ ) であった。95%LOA は  $-4.99$  と  $2.69$  MJ/day であった。PAL における相関は、Spearman correlation coefficient が 0.423 ( $p < 0.001$ )、ICC が 0.332 ( $p < 0.001$ ) であり、95%LOA は  $-0.86$  と  $0.46$  であった。Bland-Altman のプロットを図 1 に示した。TEE は TEE が高い者で JALSPAQ により大きく過小評価される傾向がみられた。PAL の評価では PAL の大小による差は見られなかった。

DLW 法でもとめた TEE をもとに、食事摂取基準の区分に基づいて身体活動レベルを 3 群に分け、エネルギー消費量や活動内容を比較した (表 2)。JALSPAQ で求めた TEE は、身体活動レベルが最も低い群で、他の 2 群より有意に小さかった。Total Mets は、身体活動レベルが低い 2 群において、最も活動的な群より有意に小さかった。活動強度別の時間をみると、職業・家事・余暇を含む時間の中強度、高強度の活動時間は、身体活動レベルが低い 2 群において、最も活動的な群より有意に小さかった。余暇時間のみの活動強度別時間は、身体活動レベ

ルによる差は見られなかった。仕事中の時間においては、歩行時間が最も身体活動レベルの低い群で他の 2 群より有意に短かった。高強度の仕事に従事している者の割合は、身体活動レベルの高い群で多かった。

PAL に関連する身体活動を検討するために、相関と性・年齢で調整した偏相関を表 4 に示した。中強度、高強度の総活動時間は PAL と弱い相関を示した。しかし、余暇時間では相関は見られなかった。仕事中の時活動では、立位、歩行、重労働が PAL と弱い相関を示した。

## D 考察

本研究は、日本人向けに開発された身体活動量質問紙を、自由生活下のエネルギー消費量測定において最も精度が高いとされる DLW 法で検証した初めての研究である。JALSPAQ は、TEE を比較的良く推定したが、全体に過小評価する傾向にあり、特に身体活動量が多い者でより大きく過小評価する傾向がみられた。

Neilson ら (2008) は 2006 年 10 月までに刊行された身体活動の質問紙を DLW 法により評価した研究についてのレビューを行っている。この報告では、質問紙により活動によるエネルギー消費量 (activity energy expenditure: AEE) と総エネルギー消費量 (TEE) に分類している。このレビューで報告されている質問紙による TEE と DLW 法による TEE の相関係数は、Spearman の順位相関係数で 0.15~0.36、平均の差は  $-800 \sim 589$  kcal/day ( $-3.35 \sim 6.65$  MJ/day) であった。これらの報告に比べると本研究は、差が小さく ( $-1.15$  MJ/day)、高い相関を示した (0.742)。Neilson らは個別の一致度として、TEE の 95%LOA の幅は 1,133 ~ 17,948 kcal ( $4.74 \sim 75.09$  MJ/day) であったと報告しているが、本研究では 7.68 MJ/day であり、これまでの報告より良いものではないが、比較的小さかった。

JALSPAQ では、身体活動量の多い者でより過小評価が大きい傾向がみられた。これは、JALSPAQ における評価のアルゴリズムに課題があると思われる。質問紙においては、重労働の時間の項目

があるが、この時間数は身体活動量を求める計算には含まれていない。そのため、職業において重労働に従事している者では、総身体活動量が過小に評価されると考えられる。本研究では、造船業に従事する者が 16 名含まれていたが、14 名において大きく過小評価されていた。

本研究では、さらに各身体活動レベルを特徴づける生活内容を明らかにすることを試みた。その結果、中強度の総活動時間は最も活動的な群で有意に高く、中強度と高強度の総活動時間は PAL と関連していた。そのため、Westerterp ら (2001) も示しているように、中強度の活動が身体活動レベルを特徴づける最も重要な要素と考えられる。しかしながら、身体活動レベルが低い 2 群の間では、中強度の時間に差がみられず、身体活動レベルの低い人を特徴づけるには、異なったアプローチが必要であると考えられた。

さらに本研究では、職業と家事を含む仕事での活動が大きく PAL に影響し、余暇時間の活動は影響していなかった。仕事と余暇の身体活動は、1 日の身体活動を特徴づける重要な要素であり、非常に短い質問紙では、仕事と余暇時間の活動の 2 項目のみを調査している (Wareham et al, 2003; Johansson et al 2008)。しかし本研究においては、平均の余暇時間が 22±21 分であり、余暇時間の身体活動が 1 日の身体活動量に及ぼす影響は小さかったと考えられる。

## E 結論

JALSPAQ により評価した TEE は DLW 法により評価した TEE と良く関連したが、PAL における関連は弱かった。中強度の総身体活動時間と仕事での活動が 1 日の身体活動レベルを特徴づける活動として重要であることが示された。不活動な人を明確に区分するためには、別の質問項目の検討も必要と考えられた。

## F 健康危険情報

特になし

## G 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Ishikawa-Takata K, Naito Y, Tanaka S, Ebine N, Tabata I. Use of doubly labeled water to validate a physical activity questionnaire developed for the Japanese population. *J Epidemiol* 21; 114-121, 2011.
- 2) 高田和子、別所京子、田中茂穂、田畑泉. 日本人成人における秤量法によるエネルギー摂取量の推定精度. *栄養学雑誌*, 69(2): 57-66, 2011.

### 2. 学会発表

- 1) Naito Y, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Ebine N, Harada A, Arao T, Inoue S, Kitabatake Y, Tabata I. Validation of physical activity questionnaire for the Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study (JALSPAQ) and its implication. 3rd International Congress on Physical Activity and Public Health, Toronto, Canada, 2010.

## H 知的財産権の出願・登録状況

なし

**Table 1. Characteristics of study subjects**

	N	Age (yr.)	Height (cm)	Body weight			BMI (kg/m <sup>2</sup> )	TBW (kg)
				pre (kg)	post (kg)	change (kg)		
<b>Male</b>								
20-29 yr.	18	25.0±2.5	171.5±6.0	62.1± 7.9	62.3± 8.0	0.2±0.7	21.1±2.0	36.4±3.7
30-49 yr.	42	36.7±5.3	173.8±6.6	74.8±16.7	74.9±16.6	0.0±1.1	24.6±4.7	41.8±8.3
50-69 yr.	31	60.2±6.5	163.8±6.6	63.9± 8.1	64.0±8.3	0.1±0.9	23.8±2.4	34.5±4.1
70 ≤ yr.	17	75.1±4.0	162.1±5.0	60.7± 8.1	60.8± 8.2	0.2±0.9	23.1±2.7	32.0±4.2
<b>Female</b>								
20-29 yr.	8	25.3±2.4	157.0±3.9	51.3± 2.5	51.2± 2.5	-0.1±0.8	20.9±1.6	25.5±1.5
30-49 yr.	42	38.7±4.4	158.0±5.4	53.7± 8.3	53.7± 8.3	0.0±0.7	21.5±3.2	26.9±3.1
50-69 yr.	49	62.0±5.1	154.0±4.6	54.6± 7.8	54.7± 7.9	0.1±0.7	23.0±3.2	25.8±2.7
70 ≤ yr.	19	73.4±3.9	148.0±4.4	50.2± 6.1	50.1± 6.1	0.1±0.6	22.9±2.8	24.1±2.0

mean±SD

BMI: body mass index; TBW: total body water measured by doubly-labelled water method

**Table 2. Resting metabolic rate and total energy expenditure measured by doubly-labelled water method and questionnaire**

		RMR	TEE by DLW	PAL	TEE by JALSPAQ	Difference between DLW & JALSPAQ	
		(MJ/d)	(MJ/d)		(MJ/d)	(MJ/d)	(%)
<b>Male</b>							
20-29 yr.		6.27 (0.92)	12.00 (0.19)	1.89 (0.35)	9.60 (2.12)	-1.69 (2.89)	-15.7 (23.0)
30-49 yr.		6.72 (1.53)	12.88 (4.64)	1.87 (0.45)	11.14 (2.85)	-1.18 (3.30)	-9.5 (20.3)
50-69 yr.		5.50 (1.30)	10.81 (2.11)	2.08 (0.55)	9.18 (1.61)	-2.02 (1.99)	-18.1 (17.5)
70 ≤ yr.		5.76 (1.41)	11.76 (3.59)	2.11 (0.52)	8.03 (1.65)	-0.97 (2.34)	-12.2 (21.0)
<b>Female</b>							
20-29 yr.		4.73 (0.27)	8.10 (1.18)	1.86 (0.22)	7.43 (1.01)	-1.09 (1.85)	-13.2 (22.3)
30-49 yr.		4.83 (0.82)	8.82 (1.80)	1.84 (0.32)	7.33 (1.75)	-1.26 (1.73)	-14.9 (19.1)
50-69 yr.		4.58 (0.95)	8.53 (1.42)	1.86 (0.37)	8.12 (1.28)	-0.43 (1.76)	-5.3 (20.4)
70 ≤ yr.		4.62 (0.99)	8.56 (0.86)	1.86 (0.41)	7.08 (1.33)	-0.36 (1.68)	-5.2 (23.3)
P value	Sex	<0.001	<0.001	0.067	<0.001	0.003	0.071
	Age group	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.335	0.370
	Sex by Age	0.010	0.004	0.481	<0.001	0.591	0.188

TEE: Total energy expenditure

median (interquartile)

PAL: Physical activity level (TEE/RMR)

DLW: Doubly-labelled water method

JALSPAQ: the Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study Physical Activity Questionnaire

RMSE: Root mean square error

Table 3. Total energy expenditure and duration of each activity among groups by physical activity level

	Physical activity level			P
	I (Sedentary)	II (Moderate)	III (Active)	
TEE by DLW (MJ/d)	8.11 (1.39) <sup>###</sup>	9.18 (2.29) <sup>**</sup>	10.76 (4.25)	<0.001
TEE by Questionnaire (MJ/d)	7.78 (1.21) <sup>###</sup>	8.45 (2.87)	8.90 (3.06)	0.006
Total Mets (Mets hr/d)	33.5 (4.1) <sup>**</sup>	34.4 (4.8) <sup>**</sup>	35.8 (6.4)	<0.001
Difference in TEE between DLW & PAQ (MJ/d)	-0.07 (0.50) <sup>**</sup>	-0.80 (1.62) <sup>**</sup>	-2.02 (2.23)	<0.001
Difference in TEE between DLW & PAQ (%)	-0.9 (15.3) <sup>**</sup>	-8.4 (17.6) <sup>**</sup>	-19.1 (19.0)	<0.001
Total duration of physical activity (hr/d)				
Light (<3 METs)	3.41 (3.58)	4.14 (3.50)	4.16 (3.72)	0.155
Moderate (3-5.9 METs)	1.65 (1.81) <sup>**</sup>	2.06 (2.07) <sup>**</sup>	2.53 (3.89)	<0.001
Vigorous (6 METs ≤)	0.00 (0.09) <sup>**</sup>	0.00 (0.20) <sup>*</sup>	0.0 (0.54)	0.007
Duration of leisure time physical activity (hr/d)				
Light (<3 METs)	0.00 (0.26)	0.00 (0.07)	0.00 (0.09)	0.766
Moderate (3-5.9 METs)	0.01 (0.17)	0.02 (0.23)	0.03 (0.27)	0.965
Vigorous (6 METs ≤)	0.00 (0.08)	0.00 (0.02)	0.00 (0.00)	0.556
Duration of Working (hr/d)				
Sitting	0.00 (2.86)	1.55 (4.61)	0.00 (4.29)	0.129
Standing	1.75 (2.20)	1.42 (2.14)	2.00 (2.85)	0.176
Walking	0.25 (0.86) <sup>###</sup>	0.54 (1.90) <sup>**</sup>	1.00 (3.07)	<0.001
Proportion of subjects participating heavy work (%)	6.1	24	36.1	0.003

median (interquartile), TEE: total energy expenditure

\*\* P<0.01, \* P<0.05 compared with physical activity level III

### P<0.01 compared with physical activity level II

Table 4. Correlation coefficients for physical activity level measured by DLW method with duration of physical activities

	Correlation coefficients	P value	Partial correlation coefficients	P value
Total duration of physical activity (hr/d)				
Light (<3 METs)	0.034	0.608	0.022	0.746
Moderate (3-5.9 METs)	0.257	<0.001	0.225	0.001
Vigorous (6 METs ≤)	0.354	0.481	0.330	<0.001
Duration of leisure-time physical activity (hr/d)				
Light (<3 METs)	-0.018	0.790	0.008	0.910
Moderate (3-5.9 METs)	0.002	0.978	0.000	0.996
Vigorous (6 METs ≤)	-0.048	0.474	-0.072	0.286
Duration of working (hr/d)				
Sitting	-0.064	0.337	-0.133	0.047
Standing	0.165	0.013	0.256	<0.001
Walking	0.271	<0.001	0.239	<0.001
Heavy	0.376	<0.001	0.354	<0.001

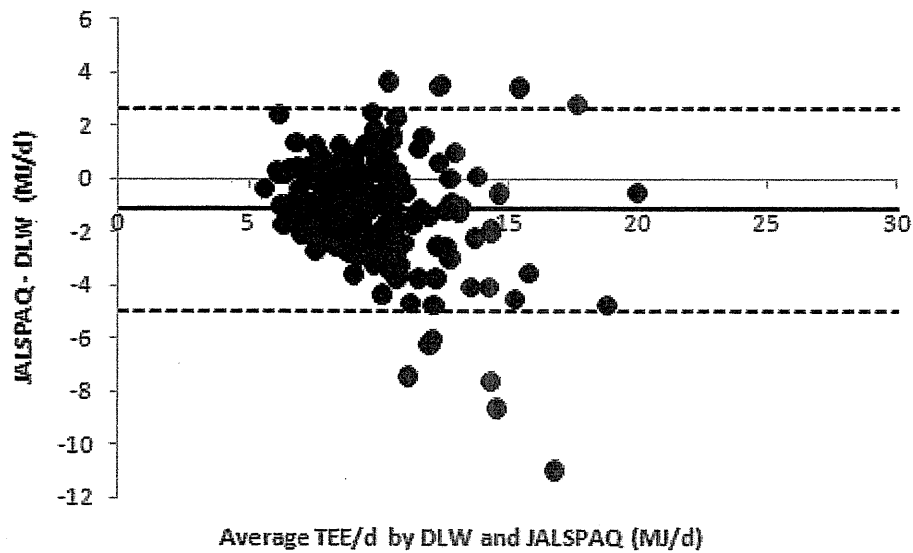
TEE: total energy expenditure

Partial correlation coefficients are adjusted for sex and age-group

\*\* P<0.01, \* P<0.05 compared with physical activity level III

### P<0.01 compared with physical activity level II

(a)



(b)

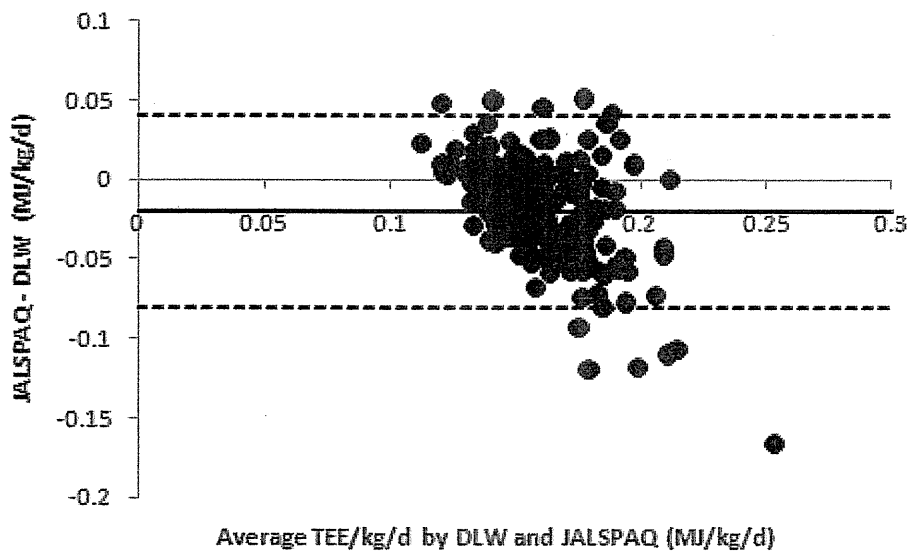


Fig1. Bland-Altman plots of total energy expenditure (TEE) and physical activity level (PAL).  
(a) Comparison between mean TEE by doubly-labelled water (DLW) method and the Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study Physical Activity Questionnaire (JALSPAQ), and difference of TEE assessed by two methods.

(b) Comparison between mean PAL by DLW and JALSPAQ, and difference of PAL assessed by two methods.

Solid lines denote mean difference, and broken lines denote 2 SD limits.

## 職種別に検討した身体活動レベル

研究分担者 高田和子（独）国立健康・栄養研究所  
研究代表者 田中茂穂（独）国立健康・栄養研究所

本研究では、職種といくつかの関連要因を考慮することで、個人の身体活動レベルを推測する方法を検討するための基礎的データをえることを目的とした。

20～69歳の255名の成人男女を対象に、二重標識水法による1日の身体活動レベルの測定と加速度計による歩数の測定を行った。職種、通勤手段、運動習慣、育児・介護の有無による比較と、歩数の検討を行った。

身体活動レベルは、車通勤で運動習慣のないデスクワークの者が1.68と最も低く、運動習慣のない販売・サービス業、育児・介護のある家事従事者、スポーツインストラクター、製造・労務業で2を超えていた。運動習慣のある者では、身体活動レベルが約0.2高かった。しかし、運動の種目により運動中に加速度計を装着していたかが異なるため、歩数は必ずしも運動習慣のある者で多くはならなかった。デスクワークの者で比較すると車通勤者は身体活動レベルで約0.2、歩数で約3,500歩少ない傾向がみられた。

これらのデータにより、職種や運動習慣、通勤手段等を考慮することで、身体活動レベルが異なることが明らかになった。これらの結果をもとに今後、身体活動レベルを推測する簡易な質問項目の開発などの検討が可能と考えられる。

### A. 研究目的

栄養所要量や食事摂取基準では、各性・年代におけるエネルギー必要量を、身体活動レベルを3～4段階に区分して示している。第3次改定栄養所要量までは、各身体活動レベルでの職種の例が示されており、その後の第4次～6次の栄養所要量では、最も身体活動レベルの高い群の例として「木材の運搬や農繁期の農耕作業など強い作業に従事」という例が示されている。食事摂取基準2005以降は、重労働に従事する人の減少や1日の様々な生活活動を総合して強度別の活動時間として評価する傾向が強くなっている。しかしながら、勤務や通勤に要する時間は1日の中でも長時間を占めており、職種にかかわる身体活動量の影響は大きいと推測される。また、各個人が身体活動を推測する際にも職種は簡易な指標といえる。そこで、本研究では、いく

つかの職種について二重標識水（Doubly Labeled Water: DLW）法により求めた身体活動レベル（Physical Activity Level: PAL）を比較すること及び職種以外に関連すると予測される指標を合わせて評価することとした。

### B. 研究方法

#### 1. 被験者

研究所のホームページ、地域の保健センター及び職域を通じて協力者を募集した。本研究では、身体活動レベルの異なる対象を意図的に収集したため、職域としては、事務職、教員、営業職、造船、主婦、無職等、異なる職種を対象とした。なお、本解析では、学生は対象とせず、1職種が10名以上になる職種を対象とし、さらに年齢は20～69歳の者とした。本



研究における解析対象者は、255名（男性117名、女性138名）である。

## 2. 測定手順

### ①安静時代謝量 (RMR)

対象者には、測定日前日は激しい運動を避け、21時までに通常通りの夕食を摂り、その後は水以外の飲食をしないように指示した。測定当日には朝食を食べずに、測定場所に来所し、室温 20-25°C の条件下において覚醒・仰臥安静状態を30分以上とり、基礎体温、心拍を計測した後、呼気ガスの採取を行った。呼気ガスの採取は、マスクを装着してダグラスバッグに呼気を10分間2回採取した。呼気はガスメーター (DC-50, 品川製作所) にて換気量を測定し、質量分析計 (ARCO-1000, アルコシステム社製) を用いてガス濃度を分析して Weir の式 (Weir, 1949) により RMR を求めた。

10%<sup>18</sup>O (大陽日酸、東京) と 99.9%<sup>2</sup>H (Cambridge Isotope Laboratories, Inc, USA) を混合した液により、体重あたり 0.14g の<sup>18</sup>O と 0.06g の<sup>2</sup>H を投与した。

投与前及び投与翌日から8日目まで、1日1回あるいは、1、2、3、7、8、13、14、15日目の8回、同時刻に採尿した。サンプルは密閉した状態で、分析まで-30°Cで保存した。<sup>2</sup>HはPtを触媒としてH<sub>2</sub>ガスで、<sup>18</sup>OはCO<sub>2</sub>ガスで平衡法により前処理を行った後、<sup>2</sup>H、<sup>18</sup>Oの安定同位体比を質量比分析計 (Finnigan Delta Plus, サーモフィッシャーサイエンティフィック、USA) により分析した。

尿中の安定同位体比から、標準化した安定同位体濃度は、 $[18.02a(\delta s - \delta b)]/[WA(\delta a - \delta t)]$  で求められる。ただし、Wは同位体比分析の際にDLWを希釈するのに用いた飲料水の量(g)、Aは投与したDLWの量(g)、 $\delta a$ は希釈したDLWにおける同位体比、 $\delta t$ はDLWの希釈に用いた飲料水の同位体比、aは同位体比分析の際に飲料水で希釈されたDLWの量(g)、 $\delta s$ は尿中の同位体比、 $\delta b$ はベースラインでの尿の同位体比である。標準化した安定同位体濃度を対数変換し、投与時刻か

らの経過時間との間で直線回帰式をもとめ、その傾きを安定同位体の減衰率(k)とした。安定同位体の希釈容積(N)は、直線回帰式より時間0における安定同位体濃度の逆数より求められ、<sup>2</sup>HのNを1.041で除したものと、<sup>18</sup>OのNを1.007で除したものの平均値とした。二酸化炭素の排出量は、 $rCO_2 \text{ (mol/day)} = 0.4554 \times TBW \times (1.007k_o - 1.041k_h)$  により求めた。 $k_o$ は<sup>18</sup>Oの減衰率、 $k_h$ は<sup>2</sup>Hの減衰率である。DLW法においては、全期間を通じたRQの直接測定が不可能なため、体重変動のないエネルギーバランスのとれた状態では食事調査より求めた食物商 (Food quotient: FQ) を使用して、TEEを求めることが最も適切とされている。そこで、TEEはDLW法による身体活動量の調査期間中の食事調査より求めたFQを用いて、Weirの式により求めた。

PALはTEE/RMRにより求めた。

## 3. 倫理面への配慮

本調査は、(独) 国立健康・栄養研究所「研究倫理審査委員会 (ヒトゲノム・遺伝子解析を除く研究に関する部会)」の承諾を得て実施した。対象者には研究の目的と方法、危険性等をすべて説明し、書面にて同意を得た。解析時には、データはすべてID番号で管理し、個人情報とは別途、管理した。

## C. 研究結果

本解析では、国民健康・栄養調査の職業分類表及び仕事内容を考慮し、デスクワーク、医療従事者 (医師、看護師、保健師、臨床検査技師、栄養士等)、営業職、教育・研究職 (研究者、大学教員、中高教員)、販売・サービス業 (販売業、ホテル勤務、コンサルタント等)、家事従事者、スポーツインストラクター、製造・労務業 (造船、鉄鋼、塗装、自動車整備等) に分類した。また、職種以外に関連している項目として、通勤時の移動方法として自家用車での通勤 (車通勤) とそれ以外 (バス、電車、徒歩、自転車等) に区分した。さらに育児や介護による高強度

の活動（子供をおんぶ、高齢者や障害者の移動・更衣・入浴・排泄等の補助）を1日1時間以上している場合を「育児・介護あり」とした。運動習慣は、3メッツ以上の運動及び余暇活動の合計の身体活動量が週に2メッツ・時以上ある場合を運動習慣ありとした。これは3メッツの活動の場合、週に約40分の実施となる。

各職種等によるPALの値を表1に示した。通勤や育児等を考慮しない場合、最もPALが小さいのは、教育・研究職の1.74であり、次いでデスクワークの1.83であった。スポーツインストラクターと製造・労務業はPALが2を超していた。また、運動習慣のない販売・サービス職においてもPALは2をこえていた。デスクワークでは、通勤手段を車とそれ以外に分類すると、車通勤では1.72、それ以外では1.90と車通勤者でのPALが小さかった。さらに運動習慣を考慮すると、車通勤で運動習慣のない者がPALが1.68と最も小さく、それ以外の通勤で運動習慣のある者のPALが1.96と最も大きくなった。家事従事者においては、育児・介護ありでPALが2.02で、育児・介護のない者の1.93より大きくなった。しかし、育児・介護の有無にかかわらず運動習慣の有無の違いはあまりなかった。

各職種等による歩数を表2に示した。歩数は、製造・労務業では平均で1万歩を鼓していた。運動習慣無の者と比較すると、1日1万歩を平均して超えているのは、車通勤以外のデスクワーク、販売・サービス業、製造・労務業の3職種であった。デスクワークでは、車通勤に比べて、それ以外の通勤では約3,500歩歩数が多くなった。

#### D. 考察

本研究は、今後、各個人が職種やその他いくつかの要因を考慮することで、身体活動レベルを簡易に推測するための資料を得ることを目的として実施された。これまでDLW法により実施された研究では、学生や研究室の技術者でPALが1.77 (Sawaya AL,1995)、1.98(Roberts

SB,1991)、1.85(Roberts SB,1990)の他は、農業での3.1または2.8(Diaz E,1991)、消防士や警察官などの2.8,2.5(Ruby BC,2002)、1.99、(男性)1.63(女性)(Livingstone MB,1990)、2.2(東野,2003)など職種が限られ、職種を参考に身体活動レベルを推測するデータとしては十分ではなかった。また、対象者数も10人程度と少ない。本研究では、多くの人が従事している職種を中心に1つの職種で10人以上について検討を行えるようにしたものである。1職種における人数が多いために、職種以外に関連する要因として通勤の状況、運動習慣、育児・介護などについても検討することが可能であった。

本研究の結果において、育児・介護をしている家事従事者、スポーツインストラクター、製造・労務業ではPALが2以上の高い身体活動をしていた。この値は、先行研究の消防士や農業など身体活動レベルの高い職種と比較しても妥当なレベルと推測される。

今回、職種以外に通勤の状況や運動習慣を考慮した。人数の多いデスクワークで比較すると、通勤が車以外になることで、歩数で約3,500歩、PALで約0.2の増加がみられた。また、比較的、身体活動量の低い職種では運動習慣があることで、PALが約0.2増加した。一方で、販売・サービス業、家事従事者、製造・労務業では運動習慣がある者でのPALの増加がみられなかったが、これら仕事による身体活動が比較的多い職種であった。これらの対象では、運動習慣を有する者が仕事による拘束時間がやや短い、あるいは身体活動量が少ないなど運動をする余裕があるために、仕事による身体活動量の減少が運動によって補い切れていない場合があると考えられた。また、他の仕事による身体活動が少ない職種の者に比べて、運動による身体活動量が少なめであることも影響していると考えられる。

運動習慣のない者における歩数を比較すると、デスクワークの車通勤者が約6,500歩と最も少なく、車通勤以外のデスクワーク、販売・サービス業、製造・労務業が10,000歩を超す歩数であった。

運動習慣のある者では、ウォーキングやジョギングなど加速度計を装着して運動をしていた者で 10,000 歩をこす歩数であったため、運動習慣のない者より歩数が多くなっていたが、水泳や激しいスポーツで加速度計を装着できなかった者もいたため、平均値で比較すると必ずしも運動習慣があることで、歩数が多くはならなかった。

#### **E. 結論**

職種、通勤手段、運動習慣、育児・介護の有無などの数項目の区分により、身体活動レベルを推測するための基礎的なデータを得ることができた。今後は、これらの項目及び歩数の組み合わせにより、身体活動レベルを推測する質問紙等を検討していく必要がある。

#### **F. 健康危険情報**

該当せず

#### **G. 研究発表**

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### **H. 知的財産権の出願・登録状況**

なし

表1 職種、運動習慣の有無別に比較した身体活動レベル

	全体	運動習慣無	運動習慣あり
デスクワーク	1.83±0.25 (62)	1.78±0.21 (43)	1.96±0.29 (19)
車通勤	1.72±0.21 (23)	1.68±0.14 (19)	1.94±0.38 (4)
それ以外	1.90±0.24 (39)	1.86±0.22 (24)	1.96±0.27 (15)
医療従事者	1.87±0.19 (30)	1.80±0.17 (18)	1.99±0.15 (12)
車通勤を除く	1.87±0.19 (29)	1.79±0.17 (17)	1.99±0.15 (12)
営業職	1.93±0.18 (24)	1.91±0.19 (15)	1.95±0.18 (9)
教育・研究職	1.74±0.15 (14)	1.67±0.13 (4)	1.77±0.16 (10)
販売・サービス業	1.96±0.25 (20)	2.02±0.26 (7)	1.93±0.25 (13)
家事従事者	1.95±0.30 (57)	1.96±0.28 (24)	1.94±0.32 (33)
育児・介護あり	2.02±0.25 (11)	2.06±0.24 (6)	1.96±0.28 (5)
育児・介護無	1.93±0.31 (47)	1.93±0.29 (18)	1.93±0.32 (29)
スポーツインストラクター	2.13±0.30 (17)		
製造・労務業	2.26±0.33 (29)	2.35±0.36 (17)	2.14±0.25 (12)

( ) は人数

表2 職種、運動習慣別にみた1日の平均歩数

	全体	運動習慣無	運動習慣あり
デスクワーク	8,840±2,806	8,502±2,730	9,622±2,897
車通勤	7,285±2,435	6,531±1,775	10,866±1,972
それ以外	9,734±2,632	10,000±2,362	9,291±3,066
医療従事者	8,571±2,453	7,995±2,205	9,435±2,644
車通勤を除く	8,635±2,471	8,071±2,249	9,435±2,644
営業職	9,402±2,443	8,627±2,184	10,694±2,409
教育・研究職	9,676±2,931	7,733±3,125	10,454±2,608
販売・サービス業	9,051±3,481	10,751±3,977	8,136±2,947
家事従事者	8,896±2,885	9,484±2,502	8,469±3,101
育児・介護あり	9,032±2,951	9,732±1,989	8,192±3,900
育児・介護無	9,016±3,055	9,401±2,697	8,778±3,280
スポーツインストラクター	9,566±3,582		
製造・労務業	11,355±3,162	10,804±2,403	12,135±3,990

## 生活活動記録による日常生活における エネルギー消費量・身体活動レベル推定の妥当性

研究代表者 田中茂穂 (独) 国立健康・栄養研究所  
研究分担者 高田和子 (独) 国立健康・栄養研究所  
研究協力者 田中千晶 桜美林大学

日本人成人男女を対象に、生活活動記録を用いて評価した、一日における活動強度別の所要時間と身体活動レベル(physical activity level: PAL)の関係について検討した。

対象は、20歳から74歳の日本人男女89名であった。生活活動記録は、1分間単位で被験者自身に3日間連続して記録してもらった。これらの生活活動記録の各活動内容にメッツ値を当てはめ、日常生活のPALを推定した。その際、座位安静時代謝量は基礎代謝量の1.1倍、メッツ値には食事誘発性体熱産生は含まれていないと仮定した。また、睡眠(0.9メッツ)、1~1.9メッツ、2.0~2.9メッツ、3.0~5.9メッツ(中強度活動)、6.0メッツ以上(高強度活動)毎に各個人の平均所要時間を計算した。さらに、日常生活における低強度から高強度までの全ての身体活動量を含めてエネルギー消費量を評価する方法として最も正確であるとされる二重標識水(doubly labeled water: DLW)法と基礎代謝量の実測値を用いて、日常生活のPALを算出した。

生活活動記録から得られた推定PALとDLW法から得られた実測PALを比較した結果、両者の相関は、有意ではあったものの弱い相関であった。「メッツ値には、食事による産熱効果は含まれない」という仮定のもとに計算した総エネルギー消費量の平均値は、DLW法のそれとほぼ一致した。生活活動記録から得られたメッツ値別の所要時間とDLW法から得られたPALとの相関をみると、中強度活動の所要時間のみが、PALと強い相関ではないものの、有意であった。また、食事摂取基準における「ふつう」のPALの代表値(1.75)に相当する中強度活動の所要時間は、約1時間であった。

生活活動記録から得られたTEEやPALは、DLW法の値と有意な関係がみられたが、PALの相関は弱く、個人間差の評価には限界があった。また、中強度活動時間とPALの間にも弱い相関がみられ、エクササイズガイド2006の評価とも連動しうることが示唆された。

### A 研究目的

日常生活における全ての身体活動量の評価法のひとつである生活活動記録に基づく要因加算法は、特別な測定装置や分析技術を必要としないなどの利点がある。そのため、二重標識水(doubly labelled water: DLW)法や加速度計、心拍数の連続測定など他の測定方法と比較して、一般的に広く用いられている。また、生活活動記録は、身体活動の内容や所要時間など、身体活動の質的側面を評

価出来る点が、他の評価法にない特徴である。また、生活活動記録は、質問紙法と比較すると、若干手間がかかるものの、活動内容を詳細にとらえることができ、被験者の記憶の曖昧さや質問内容の受け取り方の個人差などに影響を受けにくいとも考えられる。

これまで、要因加算法の推定精度については、日常生活において、DLW法による24時間エネルギー消費量(total energy expenditure: TEE)の実測値と生

生活活動記録による推定値との関係により検討が国内外でなされている。また、我々は、ヒューマンカロリーメーターを用いて日本人の生活をシミュレーションし、生活活動記録のエネルギー消費量の推定精度を検討し (Yamamura et al., JNSV, 2003), 実測あるいは推定基礎代謝量 (BMR) とメッツ (Metabolic equivalent: MET) 値を用いて推定したエネルギー消費量は、ヒューマンカロリーメーターの実測結果と平均値では一致したことを認めている。「日本人の食事摂取基準 (2010年版)」においても、活動強度毎の所要時間を示すことによって身体活動レベル (physical activity level: PAL = TEE ÷ BMR) を推定し、推定エネルギー必要量が算出できるようになっている。しかし、日本人および欧米人においても、日常生活において、生活活動記録に基づく活動強度毎の所要時間と PAL の関係に関する報告はみられない。また、「日本人の食事摂取基準 (2010年版)」では、座位での安静時代謝量は仰臥位の約 1.1 倍という記述はあるものの、メッツを利用した PAL の推定法は明記されていない。

そこで、本研究では、生活活動記録を用いた TEE および PAL の推定の妥当性について、DLW 法および BMR の実測値より評価した PAL を基準として検討した。さらに、一日における活動強度別の所要時間との関係について検討し、「日本人の食事摂取基準 (2010年版)」に掲載されている、日本人成人男女の身体活動レベル別にみた活動内容と活動時間の代表例 (15~69 歳) と比較を行った。

## B 研究方法

### 1. 対象者

対象は、東京近辺在住の様々な職業に従事する、20 歳から 74 歳の日本人男女 89 名であった。問診により、整形外科的な疾患や甲状腺機能の異常など、身体活動量に影響を与えると考えられる疾病を有すると判断された者、妊娠・授乳中の者、調査期前 2 週間及び調査期間中の 2 週間に通常の居住地以外で宿泊する予定がある者、食事療法や減量を行っている者については、対象から除外した。

### 2. 測定項目および方法

日常生活での PAL は、DLW 法を用いて算出した。対象者は、DLW を投与された後、約 2 週間にわたり各々の典型的な日常生活を自由に送っており、通常と同じような食事をするように指示した。DLW の投与と共に、生活活動記録を、平日 2 日と週末 1 日を含むよう、DLW の投与後 7 日目から 9 日目あるいは 8 日目から 10 日目の 3 日間にわたり実施してもらった。

#### 1) 生活活動記録

生活活動記録は、1 分間単位で対象者自身に 3 日間連続して記録してもらった。これらの生活活動記録の各活動内容にメッツ値を当てはめ、

$$PAL = (\text{一日当たりの平均メッツ} \times 1.1) \div 0.9$$

として推定した (田中茂穂, 体育の科学, 2009)。

また、睡眠 (0.9 メッツ), 1~1.9 メッツ, 2.0~2.9 メッツ, 3.0~5.9 メッツ (中強度活動), 6.0 メッツ以上 (高強度活動) 毎に、各個人の平均所要時間を計算した。

#### 2) 二重標識水法

日常生活における低強度から高強度までの全ての身体活動量を含めてエネルギー消費量を評価する方法として最も正確であるとされる DLW 法と基礎代謝量の実測値を用いて、日常生活の PAL を算出した。

99.9 % の  $^2\text{H}$  (Cambridge Isotope Laboratories, Inc, USA) と 10 % の  $^{18}\text{O}$  (Cambridge Isotope Laboratories) とを混合した液を投与した。投与量は、体重 1kg あたり  $^2\text{H}$  が 0.06 g,  $^{18}\text{O}$  が 0.14 g となるようにした。また、被験者がこれを飲み終えた後、ミネラルウォーターを少量飲ませ、口中に DLW が残らないようにした。被験者は、DLW 投与前と翌日から投与後 14 日目まで、毎朝、第 2 尿をほぼ同時刻に採尿するようにし、採尿時刻の記録を行った。サンプルは、褐色サンプル瓶に入れ、蓋を確実に閉めた後、蓋と容器の間をパラフィルムで密封し、直射日光の当たらない涼しい部屋にて保存した。被験者は、14 日目に全てのサンプルを持って研究室を訪れた。その後、サンプルは、分析まで  $-30^\circ\text{C}$  で保存した。

DLW 投与前, 投与翌日, 最終日 (14 日目) とその間で±30 分以内で採尿が実施できた日の 6 サンプルを分析した.  $^2\text{H}$  は白金を触媒として  $\text{H}_2$  ガスで,  $^{18}\text{O}$  は  $\text{CO}_2$  ガスで平衡法により前処理を行った後,  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  の安定同位体比を質量比分析計 (Finnigan Delta Plus, サーマフィッシャーサイエンティフィック, USA) により分析した.

尿中の安定同位体比から, 標準化した安定同位体濃度は, 以下の式で求めた.

$$[18.02a(\delta s - \delta b)]/[WA(\delta a - \delta t)]$$

ただし, a は同位体比分析の際に飲料水で希釈された DLW の量 (g),  $\delta s$  は尿中の同位体比,  $\delta b$  はベースラインでの尿の同位体比, W は同位体比分析の際に DLW を希釈するのに用いた飲料水の量 (g), A は投与した DLW の量 (g),  $\delta a$  は希釈した DLW における同位体比,  $\delta t$  は DLW の希釈に用いた飲料水の同位体比である. 標準化した安定同位体濃度を対数変換し, 投与時刻からの経過時間との間で直線回帰式を求め, その傾きを安定同位体の減衰率 (k) とした. 安定同位体の希釈容積 (N) は, 直線回帰式より時間 0 における安定同位体濃度の逆数より求められ,  $^2\text{H}$  の直線回帰式から求めた N を 1.041 で除したものと,  $^{18}\text{O}$  の直線回帰式から求めた N を 1.007 で除したものの平均値とした. 二酸化炭素の排出量は,  $\text{rCO}_2$  (mol/day)

$$= 0.4554\text{TBW}(1.007\text{ko} - 1.041\text{kh})$$

により求めた. ko は  $^{18}\text{O}$  の減衰率, kh は  $^2\text{H}$  の減衰率である. TEE は, Respiratory quotient (RQ) を食事調査から求めた食物商 (Food quotient : FQ) で置き換えることにより, Weir の間接熱量測定式を用いて算出した. 食事調査は, TEE 測定の最後の 3 日間 (休日 1 日と平日 2 日) に, 秤量法により実施した. 対象者に小型のスケール (TANITA1475, 株式会社タニタ) を配付し, 摂取したすべての食品と飲料について, 重量を測定するように依頼した. 食事の記録用紙は, 調査翌日の研究所への来所時に 3 日分まとめて提出し, 提出時に管理栄養士が記録内容の確認を行った. 計算は, 五訂増補日本食品標準成分表を使用して行ったが, 市販食品, 外食については, それぞれのメーカ

一のホームページやメーカーへの問い合わせにより数値を得た.

また, 歩数計 (Lifecorder, 株式会社スズケン) を用いて, 調査期間中の歩数の計測を行った.

### 3) 基礎代謝量および形態測定

BMR は, マスクおよびダグラスバッグを用いて, 調査期間の初日または最終日に国立健康・栄養研究所で実測した. 測定前夜から約 12 時間の絶食後, 約  $25^\circ\text{C}$  の快適な室温で, 30 分以上の仰臥位安静をとってもらった. その後, 仰臥位のまま, ダグラスバッグを用いて呼気を 10 分間ずつ 2 回採集した. 採集した呼気は, 質量分析計 (ARCO SYSTEM, ARCO-1000) を用いて酸素濃度と二酸化炭素濃度を分析した. 質量分析計は, 測定開始前に毎回, ゼロ校正と, 大気および校正ガスにより校正を行ってから使用した. 呼気量は乾式ガスメーター (SHINAGAWA DC-5) を用いて測定した. それらの測定値から酸素摂取量と二酸化炭素排出量を算出し, Weir の式により, 1 日あたりの BMR (kcal/day) を求めた.

身長および体重は, DLW 投与前と投与後 13 日目あるいは 14 日目に, 各々 0.1cm と 0.1kg 単位で測定した.

### (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「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」の許可を得て実施した. 測定にあたって, 対象者に測定目的, 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, 書面による同意を得た. 解析時には, データはすべて ID 番号で管理し, 個人情報情報は別途, 管理した.

## C 研究結果

対象者の身体的特徴は, 表 1 に示した. 男性の身長と体重は女性に比較して有意に高かった. なお, DLW 投与前後の体重には, 有意な差は見られなかった.

DLW 法による日常生活での PAL は, 男性が  $1.91 \pm 0.25$ , 女性が  $1.85 \pm 0.21$  であり, 両者の間に有意な差は見られなかった (表 2). 全対象者では,  $1.87 \pm 0.23$  であった (表 2). それに対して, 生活活動記



録に記載された全ての活動それぞれにメッツ値をあてはめて推定した PAL は  $1.90 \pm 0.17$  であり、実測値と有意な差は見られなかった。また、歩数については、生活活動記録を行った3日間の平均歩数 ( $9205 \pm 3455$  歩/日)とそれ以外の計測日におけるそれ ( $9125 \pm 3135$  歩/日)とは、有意な差が見られなかった。

生活活動記録に記載された全ての活動それぞれにメッツ値をあてはめて推定した TEE と DLW 法からの TEE との相関係数と ICC は、各々  $0.790 (p < 0.001)$  と  $0.499 (p < 0.001)$ 、PAL は  $0.249 (p = 0.018)$  と  $0.239 (p < 0.011)$  であった。TEE の推定値と実測値の差は、 $+40 \text{ kcal}$  であったものの、推定誤差の95%信頼区間は、 $\pm 675 \text{ kcal}$  であった(図 1-a)。そして、これらの差と平均値との間には、弱い負の相関関係が見られた ( $r = -0.230, p = 0.03$ )。一方、PAL の差は、 $+0.02$  であり、推定誤差の95%信頼区間は  $\pm 0.5$  であった(図 1-b)。そして、これらの差と平均値との間には、正の相関関係が見られた ( $r = 0.324, p = 0.002$ )。

身体活動量と身体活動レベルとの関係について、性、年齢を調整した ANCOVA を行った結果を表 3 に示した。身体活動レベルが「高い」群は、実測 TEE および推定 TEE と実測 TEE の差および中高強度活動 (MVPA) の所要時間が、「低い」群に比較して有意に高かった。また、身体活動レベルが「ふつう」群は、推定 TEE と実測 TEE の差および  $1.0 \sim 1.4$  メッツ (時間/日)の所要時間が、「低い」群に比較して有意に高かった。これら以外の身体活動量と身体活動レベルの間には、何れも有意な関係は見られなかった。

図 2-4 には、PAL と日常生活での身体活動の強度別の所要時間との関係を示した。生活活動記録から得られたメッツ値別の所要時間と DLW 法から得られた PAL との相関をみると、中強度活動の所要時間のみが、PAL と強い相関ではないものの、有意であった ( $r = 0.385, p < 0.001$ )。

## D 考察

生活活動記録を用いたエネルギー消費量の推定に関して、我々は既に、既存の測定機器の中で最も測定精度の高いヒューマンカロリメーターを用いた検討を行

っている。そこでは、日本人の日常生活を可能な限り再現した、運動を含むプロトコルにて実測した総エネルギー消費量と、メッツをはじめとする3種類の既知の文献値(エネルギー代謝率、Physical activity ratio)および BMR の実測値と推定値を用いて推定した総エネルギー消費量を比較した。そして、いずれの文献値を用いても生活活動記録によって、集団の推定値を得ることが可能であることを明らかにした。しかし、ヒューマンカロリメーターでの身体活動量やその活動内容は限定されたものであるため、日常生活でのより複雑な身体活動時で、これと同様の結果が得られるかについては、不明である。そこで、本研究では、東京近辺在住の様々な職業に従事する、健康な日本人成人男女を対象に、一日における活動強度別の所要時間を含む生活活動記録による PAL の推定の妥当性について検討した。

DLW 法は、13日間の二酸化炭素産生量を測定することになるので、最終的に得られた総エネルギー消費量は、この期間を代表する実測値となる。本研究のプロトコルでは、生活活動記録を DLW の投与後、平日2日と週末1日を含む、3日間にわたり実施しており、調査日程の一部は重複していた。しかし、他の10日間については、生活活動記録を行っていない。そこで、被験者の不快感が最小限で通常の日常生活で使用でき、また長期間の測定にも十分に耐え得る歩数計を用いて、DLW 法と同じ期間にわたり歩数の測定を行った。生活活動記録を行った3日間とそれ以外の日の歩数の平均値には、有意な差が見られなかった。歩数計には、自転車こぎや階段の昇降といった、強度を評価出来ない活動がいくつかあること、また、装置を被験者の腰部に装着し、主に下肢の動作を中心に検出するため、上肢を中心とした身体活動量を適切に検出できない可能性も持ち合わせているといった限界がある。このように、活動記録を実施した3日間の日常性の評価は、歩数のみからの検討では不十分ではあるものの、少なくとも身体活動量が大きく異なることはないと考えられる。測定期間の最初に活動記録を実施している

ものの、本研究と同様に DLW 法、活動記録、および加速度計の測定を含んでいる Rafamantanantsoa et al. (JNSV, 2002) でも、活動記録を実施した 3 日間と全測定期間 (14 日間) の加速度計による推定 TEE は、ほぼ一致していた。本研究では、「メッツ値には食事誘発性体熱産生は含まれておらず、BMR は座位安静時代謝量の 1.1 倍である」という仮定のもとに得られた値 (田中茂穂, 体育の科学, 2009) では、DLW 法と TEE や PAL の推定値がほぼ一致することも確認できた。

ヒューマンカロリメーターでの座位中心での生活でも、TEE の実測値とメッツを用いた推定値は、強い相関が見られた ( $r=0.92, p<0.01$ )。TEE の推定値と実測値の差は +56kcal であるものの、推定誤差の 95% 信頼区間は  $\pm 361$  kcal であった。本研究の TEE の推定値と実測値の差は、+40kcal であり、ヒューマンカロリメーターによる検討結果と同程度で、かなり小さかったものの、推定誤差の 95% 信頼区間は、 $\pm 675$ kcal とヒューマンカロリメーターより大きかった。食事誘発性体熱産生の値を TEE の 10% と仮定し、PAL の平均値から身体活動量を比較すると、ヒューマンカロリメーターでは BMR のおよそ 0.35 倍、日常生活ではおよそ 0.70 倍となり、日常生活における身体活動量が約 2 倍となっている。これは、先行研究とほぼ一致する。この点、および平均値はほぼ一致していることを考えると、日常生活における活動の種類多様さよりは、単純に日常生活における身体活動量の大きさが原因であると推測できる。さらに、ヒューマンカロリメーターでは、両者の間に、 $r=0.45(p<0.05)$  の正の相関関係が見られたのに対し、本研究では、弱い負の相関関係が見られた ( $r=-0.230, p=0.03$ )。一般に、体重が大きくなっても、立位時のエネルギー消費量は体重に比例して大きくなるが、仰臥位では、増加の割合が小さく、それ以上に、座位のエネルギー消費量は大きくならないことが知られている。そのため、座位生活の割合が大きいヒューマンカロリメーターでは、仰臥位で測定する基礎代謝量の大きい者で座位時間におけるエネルギー消費量が過大評価され、TEE の平均値と推定

誤差との間に正の相関関係がみられたと考えられる。一方、DLW 法による実測 PAL と生活活動記録より算出した推定 PAL との相関関係は、 $r=.249$  であり、有意ではあったものの弱い相関であった。また、推定誤差の 95% 信頼区間は、PAL で  $+0.02\pm 0.50$  であった。これらの数値や本研究および一般的な集団における個人間差を考えると、生活活動記録を用いて身体活動量の個人間差を評価するのは難しいと考えられる。

本研究と同様、日常生活で評価した JALSPAQ による推定結果 (Ishikawa-Takata et al., J Epidemiol, 2011) と比較すると、両者の差は  $-1.15\pm 1.92$  MJ/day ( $-274.9\pm 458.9$  kcal) と報告されている。集団での一致性は、特に推定誤差の平均値から判断して、本研究の生活活動記録の方が高かった。さらに、推定誤差の 95% 信頼区間も、本研究の方がやや小さかった。本研究の被験者の実測 TEE の平均値は、男女共、Ishikawa-Takata et al. の報告 (2679kcal, 2012 kcal) よりやや高く (2803kcal, 2122kcal)、PAL の個人間差がやや小さいという対象特性はあったものの、生活活動記録が質問紙法と比較すると、被験者の記憶の曖昧さや質問項目による受け取り方の個人差などに影響を受けにくいためであった可能性も考えられる。また、TEE の推定誤差と平均値との間には、本研究 ( $r=-0.230, P=0.03$ ) でも、JALSPAQ ( $\rho=-0.201, P=0.002$ ) でも弱い負の相関関係が見られており、TEE や身体活動量が大きい者においてこれらが過小評価される傾向がある点では一致していた。

「日本人の食事摂取基準」(2010 年版) では、それぞれの身体活動レベル別に、強度別の所要時間の目安が示されている。そこで、身体活動量と身体活動レベルとの関係について検討した結果、身体活動レベルが「高い」群は、「低い」群に比較して、「高い」群の実測 TEE のみ、有意に高かった (Table 3)。身体活動レベルによって、差が見られなかったのは、「低い」群の人数が少なく、かつバラツキが大きかったことが影響しているものと考えられる。一方、「高い」と「ふつう」群の推定 TEE と実測 TEE の差は、「低

い」群に比較して有意に高く、身体活動レベル別から見ても、身体活動量が大きい者において TEE が過小評価される傾向が明らかとなった。また、強度別に見ると、「高い」群の MVPA の所要時間および「ふつう」群の 1.0~1.4 メッツ(時間/日)の所要時間は、「低い」群に比較して有意に高く、中強度以上の活動時間やかなり低い強度の活動時間がより高い身体活動レベルに関連している可能性がある。一方、生活活動記録から得られたメッツ値別の所要時間と DLW 法から得られた PAL との相関関係を、連続変数として検討した。その結果、やや低強度(2-3 メッツ)の活動時間と高強度(6 メッツ以上)活動時間との間には有意な関係は見られなかった(図 2, 図 4)。やや低強度活動に該当する家事などの活動は、一定の動きを連続して行なうよりもむしろ、いくつかの動作を間欠的に行なっているものと考えられる。そのため、中高強度活動と比べて主観的に評価しにくいことが、結果に何らかの影響を与えているのかもしれない。Schuit et al. (J. Clin. Epidemiol., 1997) は、高齢男女を対象に、DLW 法で評価した TEE/安静時代謝量と質問票による活動得点との関係を検討した結果、女子より男子において活動得点が大きかったものの、TEE/安静時代謝量が大きいわけではなかった。これは、女子の重い家事などの活動得点が極端に高いために、男子に比較して身体活動量を過大評価していたためではないかと指摘されている。

また、高強度活動を実施していた被験者は、75%であったものの、その平均所要時間は、僅かに 0.2 時間(範囲: 0.1~1.7 時間)であった。図 4 に示した通り、そのような活動は、PAL が小さくても実施していた者がいたため、両者の間には有意な関係は見られなかったものと考えられる。一方、中強度活動の所要時間のみが、PAL と強い相関ではないものの、有意であった(図 3,  $r=0.385$ )。中強度活動とは、普通歩行を含み、かつ長時間持続可能な運動・労働であるため、低強度活動に比較すると、活動内容を主観的に評価しやすかったのかもしれない。さらに、対象者の平均所要時間も、一日あたり

1.4±0.9 時間と、それほど短いわけではなく個人差もみられる。PAL への寄与は強度×時間で決定することから、ある程度の強度と時間およびその個人間差がみられる中強度活動と PAL との相関がみられたと考えられる。加速度計を用いた

Westerterp et al. (Nature, 2001) の検討においても、成人で PAL と相関がみられたのは、中強度活動のみであった。

Ishikawa-Takata et al. でも、DLW 法で測定した PAL と加速度計で評価した強度別活動時間の関係では、moderate と vigorous の時間がそれぞれ有意な相関が見られており、この点は、本研究の結果とも一致している。ただし、身体活動レベルが「ふつう」に相当する中強度活動時間は、2.06 時間となっており、本研究の約 2 倍である。その原因を特定することはできないものの、JALSPAQ の場合、余暇時間や仕事中の歩行、一部の家事に要したおよその時間の中に、中強度活動の間に見られる低強度活動の時間が含まれていたりすることも考えられる。

尚、本研究における被験者の PAL の平均値は 1.87 であった。「日本人の食事摂取基準」(2010 年版)によると、被験者の 54%が「ふつう」に分類されるものの、やや高めの値になっている。また、被験者は東京近辺に在住している者に限定したため、日常の移動手段や職業特性などについては、日本人の全体像を反映しているとは言えない。ただし、PAL は、1.35 から 2.55 まで幅広く分布しており、このような対象における生活活動記録で得られた活動内容と PAL との関係をとらえることはできたのではないかと考えられる。また、図 2 に示した一次式から推定すると、食事摂取基準における「ふつう」の PAL の代表値(1.75)に相当する中強度活動の所要時間は、約 1 時間であった。「日本人の食事摂取基準」(2010 年版)では、睡眠時間、座位または立位の静的な活動(1.5: 1.0~1.9)、ゆっくりした歩行や家事などの低強度の活動(2.5: 2.0~2.9)、長時間持続可能な運動・労働などの中強度の活動(4.5: 3.0~5.9)、頻繁に休みが必要な運動・労働など高強度の活動(7.0: 6.0 以上)に分けて、標準的な時間を提示している。しかし、本研

究の結果を踏まえると、中強度の活動時間のみ、「日本人の食事摂取基準」(2010年版)に示されたものと同様な値を提示することが適切であると考えられる。生活活動記録は、日常の全ての活動を記録する方法であるため、被験者に相当な負担を要する。本研究結果より、全ての活動にメッツ値を当てはめて推定しなくとも、中強度活動のみの記録でもPALの推定が可能である事が明らかとなった。また、エクササイズガイド2006におけるエクササイズ(中強度以上の活動によるメッツ・時/週)の評価との併用の可能性が示唆された。ただし、中強度活動時間とPALと相関は弱く、PALを推定するには限界があることに留意する必要がある。また、本研究では、全ての活動を記録してもらったため、日常の中強度活動のみの記録でも本研究と同様の結果が得られるか否かは、明らかにする事が出来ない。この点については、今後の検討課題と言える。

## E 結論

生活活動記録とDLW法のPALとの間には弱い相関が得られ、「メッツ値には、食事による産熱効果は含まれない」という仮定のもとに計算したTEEの平均値は、DLW法のTEEとほぼ一致した。また、生活活動記録から得られた中強度活動時間とPALとの相関も有意であり、PALの推定に利用可能であることが示唆された。ただし、これらの相関は弱く、個人間における身体活動レベルの比較には限界がある。

## F 健康危険情報

特になし

## G 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Ishikawa-Takata K, Naito Y, Tanaka S, Ebine N, Tabata I. Use of doubly labeled water to validate a physical activity questionnaire developed for the Japanese

population. J Epidemiol 21; 114-121, 2011.

## 2. 学会発表

- 1) 田中千晶、高田和子、田中茂穂. 生活活動記録から得られた活動強度別の所要時間と身体活動レベルとの関連. 第65回日本体力医学会, 千葉, 2010.

## H 知的財産権の出願・登録状況

なし