

基礎代謝基準値は、男女とも平均 200 kcal/day 程度過大評価しており、体重が大きいほど過大評価した。国立健康・栄養研究所の式を用いると、男性の平均的な誤差は最も小さく、 23 ± 168 kcal/day だった。女性においては -67 ± 91 kcal/day だった。男女とも体重による系統的な誤差は見られなかったが、女性は全体的に過小評価した。男性の Harris-Benedict 式は平均 100 kcal/day 程度過大評価し、Schofield 式は平均 200 kcal/day 程度過大評価していたが、どちらの推定式を用いた場合も体重による系統的な誤差は見られなかった。女性において、国際的に使用されている Harris-Benedict 式と Schofield 式を用いた場合の推定誤差の平均値は、日本人を対象に作成された基礎代謝基準値や国立健康・栄養研究所の式よりも小さかった。

D. 考察

基礎代謝基準値は、健康な日本人において体重が大きくなるほど過大評価すると報告されており、今回の被験者においても体重が大きくなるほど過大評価された。今回の被験者は平均的な BMI が 30 以上であり、標準的な体格よりも大きいため、男女とも平均的に 200 kcal/day 以上も過大評価したと考えられた。

国立健康・栄養研究所の式は、男性では平均的な誤差が他の推定式よりも小さく、TE も最も小さかった。男性の肥満者においては、国立健康・栄養研究所の式は、基礎代謝量の推定に有用な式であることが示唆された。

Harris-Benedict 式は、男女とも平均的な

誤差は 100 kcal/day 以下で、特に女性においては、平均的な誤差が最も小さく、TE も最も小さかったので、女性の肥満者における基礎代謝量の推定に有用であることが示唆された。

Schofield 式は、男性で平均的な誤差が 200 kcal/day 以上と大きかったが、女性では平均的な誤差が小さく、男女で異なる結果が得られた。

E. 結論

基礎代謝量の実測値と既存の 4 つの推定式を比較したところ、今回対象とした肥満者において、特に男性では、国立健康・栄養研究所の式を用いた場合の誤差が小さく、系統誤差もほとんど見られなかった。女性においては、日本人を対象に作成された推定式よりも、国際的に使用されている推定機の誤差が小さかった。

F. 研究発表

1. 論文発表

田中茂穂. エネルギー消費量とその測定法特集：必要エネルギー量の算出法と投与の実際. 静脈経腸栄養: 24(5): 1013-1019, 2009.

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表 1 基礎代謝量の推定式

		推定式 (kcal/day)
基礎代謝基準値	男性	$21.5 \times W$
(日本人の食事摂取基準[2010年版])	女性	$20.7 \times W$
国立健康・栄養研究所の式	男性	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times Y - 0.4235) \times 1000 / 4.186$
	女性	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times Y - 0.9708) \times 1000 / 4.186$
Harris-Benedict 式	男性	$66.47 + 13.75 \times W + 5.00 \times H - 6.78 \times Y$
	女性	$655.1 + 9.563 \times W + 1.85 \times H - 4.676 \times Y$
Schofield 式	男性	$(0.048 \times W + 3.653) \times 1000 / 4.186$
	女性	$(0.034 \times W + 3.538) \times 1000 / 4.186$

W: 体重 (kg)、H: 身長 (cm)、Y: 年齢 (歳)

表 2 被験者の身体的特徴

	男性 (N=17)			女性 (N=17)			P 値
	Mean	±	SD	Mean	±	SD	
年齢(歳)	52	±	3	54	±	3	0.053
身長(cm)	171.3	±	4.6	158.3	±	5.2	<0.001
体重(kg)	89.5	±	9.4	80.2	±	10.6	0.011
BMI(kg/m ²)	30.5	±	3.1	31.9	±	3.4	0.204
体脂肪率(%)	30.3	±	5.6	42.7	±	6.3	<0.001

p 値: 男性 vs 女性 (対応のない t 検定)

表 3 実測値と推定値の比較

	Mean	±	SD	Mean difference	±	SD	p	TE
男性								
実測値	1698	±	212					
基礎代謝基準値 (日本人の食事摂取基準[2010年版])	1924	±	201	226	±	168	<0.001	279
国立健康・栄養研究所の式	1722	±	122	23	±	168	0.573	165
Harris-Benedict 式	1792	±	144	94	±	172	0.039	191
Schofield 式	1899	±	107	201	±	161	0.009	254
女性								
実測値	1463	±	172					
基礎代謝基準値 (日本人の食事摂取基準[2010年版])	1660	±	220	197	±	113	<0.001	226
国立健康・栄養研究所の式	1395	±	144	-67	±	91	0.008	111
Harris-Benedict 式	1464	±	113	2	±	98	0.940	95
Schofield 式	1497	±	86	35	±	107	0.201	110

単位: kcal/day

Mean difference: 推定値 - 実測値

p: 実測値 vs 推定値 (対応のある t 検定)

TE: $\sqrt{(\sum (\text{推定値} - \text{実測値})^2 / \text{被験者数})}$

身体活動レベル評価法の検討：加速度計調査協力者の特徴と

選択バイアスの可能性について

研究分担者	井上 茂	東京医科大学公衆衛生学	講師
研究協力者	下光輝一	東京医科大学公衆衛生学	主任教授
	大谷由美子	東京医科大学公衆衛生学	講師
	小田切優子	東京医科大学公衆衛生学	講師
	高宮朋子	東京医科大学公衆衛生学	講師

研究要旨

【目的】エネルギー必要量を正確に推定し、それを効果的に活用するためには、身体活動量評価方法の確立が不可欠である。加速度計・歩数計は身体活動量を客観的に評価できる機器としてその応用範囲が広がっているが、これを実際の調査で活用するためには克服しなければならない課題が多い。その一つとして調査協力者の選択バイアスの問題がある。すなわち、調査協力者は調査非協力者と比較して身体活動量が多い可能性があり、大規模調査では集団の活動量が実際の活動量よりも多く見積もられている可能性がある、そこで本研究の目的は、加速度計調査協力者の社会統計学的特徴、生活習慣の特徴を明らかにし、選択バイアスが発生している可能性について検討することとした。

【方法】4 都市（つくば市、小金井市、静岡市、鹿児島市）の住民基本台帳から無作為に抽出した 20-69 歳の住民 4,000 人を対象に、郵送による質問紙調査、加速度計調査を行った。加速度計は連続した 7 日間の装着を依頼した。加速度信号より 10 時間以上装着した日をデータ有効日とし、4 日間以上有効データが得られた者を加速度計調査協力者と定義した。その上で、加速度計調査協力者と非協力者の性別、年齢、居住都市を比較検討した。また、更に詳細な社会統計学的要因、生活習慣を、加速度計調査協力者と質問紙調査のみに協力した者で比較検討した。

【結果】加速度計調査協力者は 786 人（19.7%）だった。加速度計調査協力者は非協力者（3,214 人）と比較して、女性、中高年が多かった。また、加速度計調査協力者は質問紙調査のみに協力した者（722 人）と比較して、非喫煙者、飲酒習慣あり、散歩・ウォーキング実施者、歩行時間が週 150 分以上の者が多かった。

【結論】加速度計調査に協力する者には身体活動度の高い者が多く含まれている可能性があり、これが選択バイアスの原因となっている可能性がある。回収率の高い調査にする工夫が必要であるとともに、調査結果の解釈では選択バイアスが発生している可能性を考慮する必要があるものと考えられた。

A. 研究目的

「日本人の食事摂取基準（2005年版）」における推定エネルギー必要量は、各年齢層において身体活動のレベルに応じて示されている。精度の高い身体活動量の推定法を開発することは、エネルギー必要量の設定、活用に不可欠である。エネルギー消費量の評価では二重標識水法、ヒューマンカロリーメーター等がゴールドスタンダードとなるが、実際の生活場面での評価や、大規模な疫学調査には限界がある。一般的な日本人のエネルギー消費量がどの程度なのか、あるいは食事摂取基準を活用する国民自身がどの程度身体活動を行っているのかを評価する方法としては、質問紙による方法、あるいは歩数計・加速度計などを活用する必要があるが現実的である。

これらのうち、歩数計・加速度計は個人の認知によらない、客観的な身体活動量評価方法であり、健康教育における活用も含めて応用範囲が広がりつつある。これらの機器の精度は、実験的セッティング、例えば、トレッドミル歩行等においては、身体活動量や歩数などと高い相関があることが確認されている。しかし、それを実際の調査や健康教育において活用するためにはクリアしなければいけない課題が多い。たとえば、装着時間が不十分な場合には身体活動量が過小評価されるが、どの程度装着したら十分な評価が行えたとするのかは難しい問題である。また、ある個人の平均的な身体活動量を評価するためには何日間の加速度計装着が必要なのかといった問題も解決すべき課題である。これらの調査運用上の課題の一つに、調査協力者の選択バイアスの問題がある。すなわち、歩数計、加速度計などの調査に協力する対象者は、健康に関心がある者、よく体を動かしている者が、一般人口よりも多く含まれている可能性がある。しかし、実際にこれらの仮説が正しいかどうかを検討した研究はほとんど認

められない。この仮説が正しいとするならば、これらの motion sensor を用いた調査は、集団の身体活動量を過大評価している可能性があり、重要な問題と考えられる。そこで、本研究では、地域住民を対象とした調査より、加速度計調査に協力が得られた者の、人口統計学的特徴、生活習慣が、調査に協力しなかった者と異なるかどうかを検討し、上述のような選択バイアスが生じている可能性を考察する。これらの情報は今後、加速度計、歩数計を用いた調査を実施する際に考慮すべき問題点を提示するとともに、得られたデータの解釈のための重要な情報になると考えられる。

B. 方法

＜研究デザイン＞研究デザインは横断調査とした。

＜対象者＞4都市（つくば市、小金井市、静岡市、鹿児島市）の住民基本台帳より 20-69歳の住民 4,000名を無作為に抽出した。抽出にあたり、居住都市、性別、年齢で層化を行った。すなわち、各都市より 1,000名、男性：女性=1：1、20歳代、30歳代、40歳代、50歳代、60歳代から各 800名ずつ抽出されるようにした。

＜データ収集＞調査は全て郵送により行った。また、調査は2回に分けて実施した。第1回調査は自記式質問紙調査であり、社会人口統計学的要因、身体活動等の生活習慣に関する調査項目を含んでいた。この第1回調査において、さらに、連続7日間の加速度計の装着に協力が得られるかどうかを確認した。これに同意が得られた対象者に対して、さらに補足的な質問紙と加速度計を送付した（第2回調査）。

調査に先立ち、文書による研究説明を行い、同意書への署名を求めた。

回収率を高めるために、調査の1週間前に調査の予告葉書を送付した。また、回答が得られ

なかった者には、調査協力の督促を2回行った。

なお、本調査は東京医科大学倫理委員会の承認を得て実施した。

<調査項目>

1) 社会統計学的要因、および生活習慣要因

性別、年齢、居住都市の情報は住民基本台帳より得た。また、教育歴、仕事の有無、婚姻状況、体格指数 (BMI)、主観的健康感、喫煙状況、飲酒、散歩・ウォーキングの実施状況、1日歩行時間を第1回調査の質問紙調査により評価した。教育歴は受けた教育の年数を尋ねた。仕事の有無は収入のある仕事に就いているかどうか、週何時間仕事をしているかを尋ねた。婚姻状況は配偶者の有無を尋ねた。BMIは自己申告の身長、体重から計算した。主観的健康感は「1つ選んでください。全般的にみて私の健康状態は」という設問に対して、「すばらしくよい」「とてもよい」「よい」「まずまず」「不良」の中から一つ選ぶ形式とした。喫煙は「現在 (この1ヶ月間)、あなたはたばこを吸っていますか」という設問に対して、「毎日吸う」「ときどき吸っている」「今は (この1ヶ月間) 吸っていない」の中から一つ選ぶ形式とした。飲酒は、国民健康・栄養調査の調査項目を活用し、「あなたは週に何日位お酒 (清酒、焼酎、ビール、洋酒など) を飲みますか」という設問に対して、「毎日」「週5~6日」「週3~4日」「週1~2日」「月に1~3日」「やめた (1年以上やめている)」「ほとんど飲まない (飲めない)」の中から一つ選ぶ形式とした。散歩・ウォーキング、歩行時間については、目的別の歩行時間を尋ねる確立された質問紙がないことより、これを新たに作成した。すなわち、「通勤」「通学」「仕事中の歩行」「買い物や銀行などの日常生活の用事」「散歩・ウォーキング」「その他」の6つの目的について、これらの目的で歩行するかどうかを尋ね、さらにそれぞれの歩行時間を尋ねた。

2) 加速度計調査への協力の有無

加速度計はスズケン社製ライフコーダを用いた。対象者には連続した7日間の加速度計装着を依頼した。依頼方法は、起床から就寝時まで、入浴、プールなどの水に入る時以外は可能な限り装着するように依頼した。その上で、加速度計調査への協力を申し出た者のうち、実際に加速度を装着し、かつ4日以上の有効データが得られた者を加速度計の協力者と定義した。

有効データの基準は、1日10時間以上加速度計を装着した場合を有効データと判定した。装着時間の評価は、加速信号を解析し、30分以上加速度信号が検出されない場合を加速度計を装着していない状態と判定して行った。

<解析>

加速度計調査協力者と加速度計調査非協力者の性別、年齢、居住都市をカイ二乗検定にて比較した。また、加速度計協力者と質問紙調査のみに協力が得られた者の社会統計学的要因、生活習慣要因をカイ二乗検定にて比較した。社会統計学的要因、生活習慣要因は以下のようにカテゴリー化して解析を行った。すなわち、性別 (男女)、年齢 (20歳代、30歳代、40歳代、50歳代、60歳代)、居住地域 (つくば市、小金井市、静岡市、鹿児島市)、教育歴 (≤ 12 年、 > 12 年)、仕事の状況 (週あたりの仕事時間が40時間以上、それ未満)、婚姻状況 (配偶者あり、なし)、BMI (25kg/m^2 以上、それ未満)、主観的健康感 (良好 = 「すばらしくよい」あるいは「とてもよい」あるいは「よい」、不良 = 「まずまず」あるいは「不良」)、喫煙状況 (喫煙あり、なし)、飲酒状況 (週1回以上の飲酒、週1回未満の飲酒)、散歩・ウォーキング (している、していない)、歩行時間 (週あたりの歩行時間が150分以上、あるいはそれ未満) とした。

検定にあたり、統計学的有意水準は $P=0.05$ とし、 $p<0.1$ により有意な傾向ありと判断した。

C. 研究結果

図 1 に対象者の流れを示した。

住民基本台帳より無作為に抽出された 4,000 名のうち、第一回のアンケート調査に協力が得られた者は 1,508 名 (37.7%) であった。このうち更に加速度計調査に協力が得られ、有効データの基準を満たしたものは 786 名 (加速度計調査協力者 : Accelerometer subsample = A) で、4,000 人を分母とした回収率は 19.7% であった。この結果、加速度計調査非協力者 (Non-respondent subsample = N) は 3,214 名であり、質問紙調査のみへの協力者 (Questionnaire only subsample=Q) は 722 名であった。

これらのサンプルの人口統計学的、および生活習慣の特徴を表 1 に示した。アンケートに回答が得られていない対象者については、性別、年齢、居住地域の情報のみが把握できているため、これらの情報について分析を行った。

はじめに、加速度計調査協力者 (A) と加速度計調査非協力者 (N) を比較したところ、A においては女性、中高年が有意に多く含まれていた。また、調査地域にも有意差が認められ、小金井市の協力者が多く、鹿児島市の協力者は少なかった。

加速度計調査協力者 (A) と質問紙のみへの協力者 (Q) の比較では、年齢、喫煙状況、飲酒状況、散歩・ウォーキングの実施状況、歩行時間に有意差が認められた。すなわち、A は Q と比較して、40 代、喫煙習慣あり、飲酒習慣あり、散歩・ウォーキングを実施している、歩行時間が長い者が多く含まれていた。また、小金井市居住者、教育歴の高い者が多く含まれる傾向にあった (それぞれ $p=0.064$, $p=0.060$)。

D. 考察

本研究では地域住民より無作為に抽出した

対象者に対して郵送による加速度計調査を実施して、協力者の特徴を明らかにした。その結果、女性、中高年者において調査への協力率が高いことが明らかとなった。また、居住地については小金井市住民において協力率が高く、鹿児島市住民において協力率が低かった。さらに、質問紙調査には協力が得られたが、加速度計調査に協力が得られなかった対象者 (Q 質問紙のみへの協力者) と、両方の調査に協力が得られた対象者 (A 加速度計調査協力者) を比較したところ、加速度計調査に協力した者の特徴として、非喫煙者であること、アルコールを週 1 回以上飲んでいること、散歩・ウォーキングを実施していること、歩行時間週 150 分以上の者が多いことが明らかとなった。

これらの結果より、加速度計調査協力者には中高年、女性が多いことが示唆された。また、加速度計調査協力者は身体活動量の高い者、健康的な生活習慣を有しているものの割合が高い可能性が示唆された。このことより回収率の低い調査では選択バイアスにより集団の歩数が過大に見積もられている可能性を考慮する必要が示唆された。調査協力者には身体活動度の高い者が多い可能性は従来から推測できることではあったが、実際のデータでそれを示した研究は少なく、本研究の結果は、今後、身体活動量調査のあり方、得られたデータを解釈する上で意義深いものと考えられる。これらのバイアスを最小限に抑えるためには、調査対象者の調査へのコミットメント、協力率を高める工夫が重要と考えられる。

本研究の強調点としては、一般地域住民を対象に調査を実施していること、加速度計調査への協力をセルフレポートではなく、加速度計信号に基づいた厳密なプロトコールで判定していること、社会統計学的要因・生活習慣要因を多岐な項目にわたり詳細に検討したこと、などが挙げられる。

一方、限界点としては、まず第一に、本研究の目的を考えると、本来は検討した全ての項目について加速度計調査協力者（A）786名と、それ以外の加速度計調査非協力者（N）3,214名を比較することが好ましかったことがあげられる。しかし、社会統計学的要因の詳細や、生活習慣要因を把握するためには、少なくとも質問紙調査への協力が必要であり、一般地域住民を無作為に抽出した対象者を用いた研究としては、本研究で採用した方法が実現可能な限界であったと考えられる。第二に、研究結果の一般化可能性の問題がある、本研究は一研究者が地方自治体に住民基本台帳の閲覧を申請して許可を得た上で対象者を抽出して行った郵送による調査である。従って、セッティングが異なる調査において同様のバイアスが発生するかどうかは厳密には分からない。一般住民を対象にした調査であっても、国や地方自治体を実施している調査では対象者の協力はより良好かもしれない。従って、対象者やセッティングによって同様のことが言えるかどうかは慎重な判断が必要である。第三に、本研究においては最終的に加速度計調査への協力率が19.7%であった。この状況において協力者は身体活動度の高い者が多い、ということが示唆されたわけだが、どの程度の協力率ならば、どの程度のバイアスが予測されるのかといった量反応関係的な考察は難しい。

以上のような限界点はあるものの、加速度計・歩数計は今後ますます活用が期待される機器であり、これらの機器を用いた調査の問題点を、特に対象者の選択バイアスの視点から検討した研究はほとんど認められていない。今後、これらの機器を用いてデータ収集を行ったり、結果を解釈したりする際に参考になる研究成果と考えられる。

E. 結論

住民基本台帳より無作為に抽出した一般地域住民を対象に加速度計による身体活動量調査を実施した。加速度計調査協力者は女性、中高年が多かった。また、協力者には身体活動量が高い者、良好な生活習慣を有する者が多い可能性が示唆された。これらの結果は加速度計・歩数計による身体活動量評価では、回収率によっては選択バイアスを十分に考慮する必要があることを示すものと考えられた。

参考文献

1. 井上茂、下光輝一、小田切優子、涌井佐和子、大谷由美子：歩数計を健康教育、疫学研究に応用するための研究－バイアスの少ない評価方法の検討－. 第18回健康医科学研究助成論文集 18, 10-17, 2003

F. 健康危険情報

該当せず。

G. 研究発表

1. 論文発表
 1. Inoue S., Murase N., Shimomitsu T. et al: Association of physical activity and neighborhood environment among Japanese adults. *Prev Med*, 48:321-325, 2009
 2. Ishii K., Inoue S., Ohya Y., et al: Socioemographic variations in perceptions of barriers to exercise among Japanese adults. *J Epidemiol*, 19:161-168, 2009
2. 学会発表
 1. 井上茂：身体活動環境とは：その定義と評価方法. 日本体力医学会（シンポジウム）, 2009
 2. 井上茂、今給黎希人、北林蒔子、水上健一、

大谷由美子、小田切優子、高宮朋子、柴田愛、岡浩一朗、下光輝一：身体活動としての自転車利用の疫学：自転車利用と社会統計学的要因との関連。日本体力医学会（口演），2009

光輝一：通勤手段に関連する環境要因。日本体力医学会（ポスター），2009

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

3. 石井香織、柴田愛、岡浩一朗、井上茂、下

図 1. 対象者の流れ

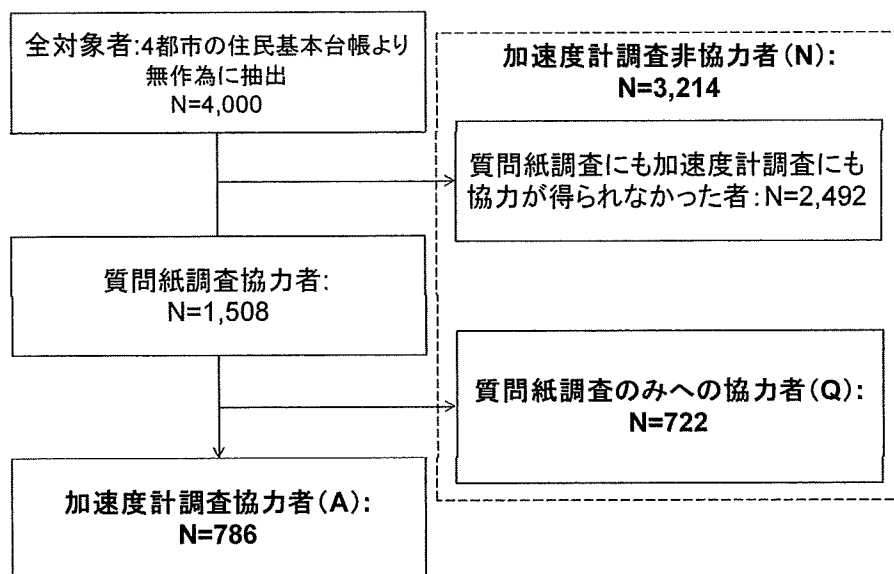


表 1. 加速度計調査協力者 (A) と、加速度計調査非協力者 (N)、質問紙調査のみに協力が得られた者 (Q) との比較

	全対象者 n=4,000		質問紙調査にも加速度計調査にも協力が得られなかった者 (N ₀) n=2,492		質問紙調査のみに協力が得られた者 (Q) n=722		加速度計調査非協力者 (N=N ₀ +Q) n=3,214		加速度計調査協力者 (A) n=786		p value (N vs A)	p value (Q vs A)
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
性別												
男性	2,000	50.0	1,321	53.0	314	43.5	1,635	50.9	385	46.4	0.026	0.250
女性	2,000	50.0	1,171	47.0	408	56.5	1,579	49.1	421	53.6		
年齢(歳)												
60-	800	20.0	383	15.4	208	28.8	591	18.4	209	26.6	<0.001	0.005
50-59	800	20.0	465	18.7	163	22.6	628	19.5	172	21.9		
40-49	800	20.0	489	19.6	125	17.3	614	19.1	186	23.7		
30-39	800	20.0	581	23.3	99	13.7	680	21.2	120	15.3		
-29	800	20.0	574	23.0	127	17.6	701	21.8	99	12.6		
居住都市												
つくば	1,000	25.0	618	24.8	183	25.3	801	24.9	199	25.3	0.003	0.064
小金井	1,000	25.0	600	24.1	170	23.5	770	24.0	230	29.3		
静岡	1,000	25.0	610	24.5	196	27.1	806	25.1	194	24.7		
鹿児島	1,000	25.0	664	26.6	173	24.0	837	26.0	163	20.7		
教育歴(年)												
>12	N/A		N/A		400	56.3	N/A		478	61.0	N/A	0.060
≤12	N/A		N/A		311	43.7	N/A		305	39.0	N/A	
仕事の状況(時間/週)												
≥40	N/A		N/A		335	48.8	N/A		385	50.1	N/A	0.622
<40	N/A		N/A		351	51.2	N/A		383	49.9	N/A	
婚姻状況												
配偶者あり	N/A		N/A		538	75.1	N/A		607	77.5	N/A	0.278
配偶者なし	N/A		N/A		178	24.9	N/A		176	22.5	N/A	
BMI(kg/m ²)												
<25	N/A		N/A		582	81.6	N/A		629	80.2	N/A	0.492
≥25	N/A		N/A		131	18.4	N/A		155	19.8	N/A	
主観的健康感												
良好	N/A		N/A		378	52.8	N/A		419	53.4	N/A	0.801
不良	N/A		N/A		338	47.2	N/A		365	46.6	N/A	
喫煙状況												
喫煙なし	N/A		N/A		487	73.7	N/A		585	79.2	N/A	0.016
喫煙あり	N/A		N/A		174	26.3	N/A		154	20.8	N/A	
飲酒												
週1日以上	N/A		N/A		423	59.1	N/A		412	52.8	N/A	0.015
週1日未満	N/A		N/A		293	40.9	N/A		368	47.2	N/A	
散歩・ウォーキング												
あり	N/A		N/A		211	29.8	N/A		312	40.0	N/A	<0.001
なし	N/A		N/A		498	70.2	N/A		468	60.0	N/A	
歩行時間(分/週)												
≥150	N/A		N/A		422	61.3	N/A		515	68.0	N/A	0.008
<150	N/A		N/A		266	38.7	N/A		242	32.0	N/A	

N/A: 該当しない

統計学的検定はカイニ乗検定による

中学生の日常生活の身体活動量について

研究分担者 金子佳代子 横浜国立大学教育人間科学部 教授

研究協力者 古泉佳代 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科 博士課程

中学生の身体活動レベル(PAL)を判定するための質問項目を検討するために、中学生の日常生活での身体活動量を測定し PAL を求めるとともに、身体特性、生活の活動内容、3次元合成加速度と身体活動に関する質問項目との関連を検討した。神奈川県都市部に在住する中学生 80 名（男子 41 名、女子 39 名）を対象に、二重標識水 (DLW) 法と安静時代謝量の測定による身体活動量評価に加え、起床時から就寝時までの生活の活動内容は、3次元加速度計の装着、本人による毎日「生活記録」の記入、身体活動量に関連する生活の活動内容についての質問紙調査を実施した。PAL の平均値は 1.85 ± 0.28 で標準よりやや高い傾向であった。PAL と生活項目との間には一定の関連はみとめられなかったが、PAL が特に高値を示す者は、運動部への参加、買い物や映画を見に行く、友達と遊ぶ、習い事へ行く等で外出する傾向があることが示された。また、活発な活動時間の違いによる 4 群間で有意差はみとめられなかった。PAL と歩数との間には有意な相関はみとめられなかったが、3次元合成加速度との間には、弱い相関関係がみとめられた。以上のように、PAL の平均値がやや高い集団で、加速度計法を含め、PAL と強い関連がみられる項目はみられなかったが、PAL が特に高値を示す者にある程度の特徴がみられた。今後、PAL がより低い集団における PAL の判定法を検討する必要がある。

A. 研究目的

中学生の身体活動レベル(PAL)を判定するための質問項目を検討するために、中学生の日常生活での身体活動量を測定し PAL を求めるとともに、身体特性、生活の活動内容、3次元合成加速度と身体活動に関する質問項目との関連を検討した。

80 名（男子 41 名、女子 39 名）、学年による内訳は 1 年生 24 名（男子 15 名、女子 9 名）、2 年生 30 名（男子 15 名、女子 15 名）、3 年生 26 名（男子 11 名、女子 15 名）である。調査時期は 2006 年 9 月から 2007 年 1 月である。対象の生徒には本人及び保護者に書面により測定の目的及び方法を説明したうえで、協力を依頼し、同意が得られた生徒のみを調査対象者とした。

B. 方法

(1) 調査対象及び調査時期

対象者は神奈川県都市部に在住する中学生

(2) 測定及び調査の項目

1 回の測定は 9 日間とし、初日にベースライ

ン尿の採尿、DLWの投与、身体計測、食事調査、安静時代謝量(resting metabolic rate: RMR)の測定を実施し、翌日から連続した8日間に1日1回の定時の採尿、加速度計の装着、簡易な生活記録を行った。測定は各対象者の都合にあわせて9月から翌年1月に実施したが、学校の長期休暇、試験や学校行事により通常と身体活動の異なる期間を除いて実施した。日常生活の身体活動量の測定は休日を含む連続する9日間または10日間行った。なお、測定の日程は体育祭や持久走大会、宿泊をともなう旅行等、普段の生活と大きく異なる学校行事や活動がなるべく含まれない日を選んだ。

①安静時代謝量(RMR)の測定

対象者は、測定初日に朝食を食べずに8時に登校し、30分間仰臥位で安静をとり、体温と脈拍の測定により安静状態を確認したうえで、フードを使用して20分間、RMRを実施した(AR-1、アルコシステム、千葉)。

②二重標識水(DLW)法による身体活動量評価

初日にベースライン尿を採尿後、10% ^{18}O (太陽日酸、東京)と99.9% ^2H (Cambridge Isotope Laboratories, Inc, USA)を混合した液により、体重あたり0.14gの H_2^{18}O と0.06gの $2\text{H}_2\text{O}$ を投与した。翌日から8日目まで毎日、学校に登校後すぐに採尿を行った。

サンプルは密閉した状態で、分析まで -30°C で保存した。 ^2H はPtを触媒として H_2 ガスで、 ^{18}O は CO_2 ガスで平衡法により前処理を行った後、 ^2H 、 ^{18}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。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。二酸化炭素の排出量は、 rCO_2 (mol/day) = $0.4554\text{TBW}(1.007\text{ko} \cdot 1.041\text{kh})$

により求めた。koは180の減衰率、khは2Hの減衰率である。TEEは初日に実施した中学・高校生用の食事質問票(BDHQ15y)により求めたFQを用いて、Weirの式を使用して求めた。

身体活動レベル(physical activity lever: PAL)はTEE/RMRにより求めた。

③体格等の計測

身体特性の計測は測定初日に行った。身長は身長計を用いて0.1cm刻みで測定し、体重は0.1kg刻みで測定した(タニタ社製TBF-310)。

④3次元加速度計による身体活動量の測定

3次元加速度の測定は松下社製の3軸個別加速度計を用いた。3軸個別加速度計は $60.0 \times 35.0 \times 13.0\text{mm}$ 、34.0gの3軸(上下、左右、前後)加速度センサーを内蔵した3次元加速度計である。3次元加速度計では1分ごとに3軸の加速度標準偏差を本体に記録し、記録されたデータはUSBケーブルを介してコンピュータにダウンロードして以下に示す式により3次元合成加速度を算出した。

$$\begin{aligned} & \text{3次元合成加速度} \\ & = (\text{上下加速度}^2 + \text{左右加速度}^2 \\ & \quad + \text{前後加速度}^2)^{1/2} \end{aligned}$$

3次元加速度計は、測定の日日に使用についての注意点を十分に説明した後に配布した。3次元加速度計は起床時から就寝時まで、入浴や水泳等で装着できない場合を除いて、毎日、常に腰部に装着するよう依頼した。

⑤生活の活動内容の記録

起床時から就寝時までの生活の活動内容は、本人に毎日「生活記録」の記入を依頼した(資料1)。「生活記録」の回収は、測定者がほぼ毎日、生徒から直接受け取り不明な点はその場で確認した。

「生活記録」は学校に行く平日用と学校に行かない休日用の2種類用意した。「生活記録」

は時刻や時間を記入する項目、活動の有無を記入する項目、自由記述で構成した。時刻を記入する項目は起床時刻、朝食時刻、登校時刻、夕食時刻、就寝時刻とした。活動の有無を記入する項目は体育の授業の有無を記入してもらった。自由記述は、学校での休み時間の過ごし方、授業終了時から就寝までの活動内容とおおよその時刻を記入してもらった。休日用の「生活記録」は、登校時刻、体育の有無、休み時間の過ごし方を除いた活動内容の記録を依頼した。回収後、「生活記録」の自由記述部分に記載された様々な活動内容を、動作の似ている表記でまとめ、カテゴリー化し、「生活項目」として検討に用いた（表 1）。

⑥身体活動量に関するアンケート調査

身体活動量に関連する生活の活動内容については、質問紙法による調査を測定初日に実施した。質問項目は、活発な活動時間については「おいかっこ、ボールや遊具で遊ぶなど、体を動かして遊んでいるのはどのくらいの時間ですか？」を 4 択でたずねた。選択肢は、「0 分」「30 分未満」「30 分から 60 分未満」「60 分以上」とした。

休み時間の過ごし方については、選択肢の中から主にしている遊びのうち上位 2 つを選択してもらった。選択肢は動的遊びを「ボール遊び」、「おに遊び」、「遊具で遊ぶ」とし、静的遊びとして「読書」「おしゃべり」「おえかき」とした。

(3) 統計処理

PAL と生活活動の内容、3 次元合成加速度との関連を検討するために、日本人の食事摂取基準(2010 年版)を参考にして対象者の PAL で 4 群に群分けした。日本人の食事摂取基準(2010 年版)では 12 歳から 14 歳の『ふつう』は 1.65 であり、『低い』と『高い』は『ふつう』からそれぞれ±0.20 と示されている。そこで、成

人の範囲を参考にして対象者を『低い』1.45(1.35~1.55)、『ふつう』1.65(1.55~1.75)、『高い』1.85(1.75~2.05)とした。本検討においては、PAL が 2.05 より大きい者がみられたため『特に高い』(2.05~2.47)を設定し対象者を 4 群に群分けした。

3 次元合成加速度のデータは、測定の初日は 3 次元加速度計に慣れる日と位置付け、この日の値は身体活動量のデータとしては用いないこととし、最終日については、就寝まで装着できている場合にのみデータを用いた。3 次元合成加速度は、装着忘れの無い日の起床から就寝までの 1 日の平均値(G/min)を求めてから 1 週間の平均値(G/min)を算出してデータ解析に用いた。PAL と 3 次元合成加速度と関連については、装着忘れ及び生活記録の不備の無い日が休日 1 日以上、平日 2 日以上の 54 名(男子 24 名、女子 30 名)について検討し、PAL と質問項目及び生活の活動内容との関連については、PAL が算出された 78 名(男子 40 名、女子 38 名)について検討した。全ての統計解析には SPSS 10.0 を用い、有意水準は 5%未満とした。

C. 研究結果及び考察

(1) 対象者について

対象者の身長、体重及び基礎代謝量を表 2 に示した。男子の身長、体重及び女子の体重は 4 群間で有意差は認められなかった。基礎代謝量においても、4 群間で有意差は認められず、『特に高い』群の平均値は他の 3 群とほぼ同値で、基礎代謝基準値と比較してもほぼ同値であった。基礎代謝量と PAL については、両者に相関関係はみとめられなかった(図 1)。したがって、PAL と身長、体重及び基礎代謝量の関連性は示されなかった。

(2) 生活記録と PAL の関連について

生活記録に記入された生活項目と PAL との

関連を検討するために、1週間の体育の時間数、運動部活動への参加日数、学校以外での動的な活動を行なった日数、睡眠時間について平均値を算出し4群間の比較を行った。分散分析の結果、体育の時間数($p=0.045$)、休み時間の動的な遊び($p=0.703$)、平日の運動部への参加($p=0.039$)、休日の運動部への参加($p=0.049$)を示した(表3)。有意な違いは認められないものの、「特に高い」群の体育の時間数、休み時間の動的な遊び及び休日の運動部への参加日数は、他の群より高値を示す傾向であった。学校以外で身体を動かした日数及び外出無しの日数については、分散分析の結果、休日に外出をしない日数($p=0.026$)に有意差がみとめられ、『特に高い』群が『高い』群、『ふつう』群より有意に低値であった(表4)。睡眠時間については平日、休日ともに4群間に有意差はみとめられなかった。4群ともに休日は長い傾向を示したが、『特に高い』群の増加が平日より1時間程度だったのに対して、他の3群は90分～120分間増加していた(表5)。

したがって、PALと生活項目との間には一定の関連はみとめられなかったが、PALが特に高値を示す者は、運動部への参加、買い物や映画を見に行く、友達と遊ぶ、習い事へ行く等で外出する傾向があることが示された。

(3) 歩数及び3次元合成加速度とPALの関連について

対象者の歩数の平均値は 13983.9 ± 3242.2 (歩/日)であり、PALと歩数との間には相関関係はみとめられなかった(図2)。

PALと3次元合成加速度との相関関係を検討したところ、相関係数が0.34の正の相関関係がみとめられた(図3)。そこで、対象者の3次元合成加速度の平均値 124.04mG から -1SD を「小」+ 1SD を「大」として3群に群分けした。PALが『特に高い』群においては、3次元合成

加速度が「小」を示したのは2名(図3には(A)と示す)、「平均」を示したのは6名(図3には(B)と示す)、「大」を示したのは4名(図3には(C)と示す)であった(表6)。(C)の生徒の生活記録をみると、測定日は2006年10月9日(月)体育の日～10月17日(火)であり、総合的な学習の発表会(文化祭のような行事)が14日(土)に開催された。そのため11日(水)～13日(金)の授業は1～4時限目まで総合的な学習のまとめを各グループ・個人で行なっており、通常授業ではなかった。10月16日(月)は代休であった。二人とも3年生女子であり、クラブ活動へは参加していなかった。帰宅後の外出に関連する項目等をID別に示した。左側から1日目の主な活動内容(時間)→2日目の主な活動内容(時間)・・・のように示した。

1313: 学習塾→テニス→学習塾→学習塾→学習塾→学習塾→学習塾→外出(6時間)

1312: 散歩(30分)・学習塾→学習塾→学習塾→学習塾→散歩(40分)→外出無し→学習塾→友達の家で遊ぶ(3時間)

(C)の生徒のPALが特に大きい理由は特に明らかには見られないが、体育(2時間)の時間に二人とも加速度計を外していたため、加速度が小さかったと考えられる。

(4) PALと質問紙で調査した身体活動量との関連

質問紙でたずねたときの活発な活動時間の違いによるPALを表7に示した。PALの平均値は 1.85 ± 0.28 で標準よりやや高い傾向であった。PALは活発な活動時間の違いによる4群間で有意差はみとめられなかった。

『PALの判定法の案』によると、休み時間に外遊びを30分程度することを前提としている。そして『ふつう』は、放課後もよく外遊びをする(活発な活動が1日あたり合計1時間程度)としている。そのため本検討では、「30分以上

から 60 分未満」が『ふつう』に相当すると考えられる。そして「60 分以上」は『高い』に相当すると考えられ、『低い』は「30 分未満」に相当すると考えられた。

図 4 には PAL と活発な活動時間との関連を示した。対象者の PAL は『低い』『ふつう』『高い』に分類されて明確に分布していなかったが、「60 分以上」の者のうち 1 人以外は全員『高い』付近に分布していた。『低い』に相当すると考えられる「30 分未満」の PAL の分布は低値の者から高値までみられ、分散している傾向をであった。

対象者の休み時間の主な過ごし方について、上位 2 つを選択する形式で尋ねたところ、静的な遊びが多く選択され(おしゃべり 71 人、読書 21 人、お絵かき 1 人)、活発な遊びはボール遊び 33 人、鬼遊び 11 人、遊具 1 人であった。また、上位 2 つのうち 1 つも動的な遊びを選択しなかった者は 31 人であった。

『低い』は体育や休み時間以外は活発な活動(外遊び・運動)がほとんどない者とされており、休み時間に外遊びを 30 分程度することを前提としているが、本検討では一日を通して「0 分」の者もみられている。そこで、活発な活動時間と休み時間の動的遊びの有無の関連を検討した。その結果、「0 分」「30 分未満」「30 分～60 分未満」では、動的な遊びの有無と明確な関連性はみられなかった(図 5)。

したがって、PAL を判定する際に本検討で用いた活発な活動時間をたずねる方法では PAL を判定することは困難であることが考えられた。

D. 結論

以上のように、PAL の平均値がやや高い集団で、加速度計法を含め、PAL と強い関連がみられる項目はみられなかったが、PAL が特に高値を示す者にある程度の特徴がみられた。今後、PAL

がより低い集団における PAL の判定法を検討する必要がある。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

表 1 中学生の生活記録に記入された生活の活動と生活項目の分類及

中学生の生活記録に記入された生活活動	中学生の生活項目
TV、TV みる、TV みた、TV など、DVD みる	テレビ視聴
携帯、ゲーム、メール、PC、パソコン	ゲーム・PC
そうじ、荷造り、うさぎの世話(ペットの世話)、片付け、夕食準備	家事・手伝い
睡眠、就寝、寝ていた、寝る、寝ちゃっていた、二度寝、昼寝等	昼寝
塾で勉強、模試、英検	スポーツ以外の習い 事
遊んだり、遊ぶ、カラオケ、友達の家で遊ぶ、フェレットと遊ぶ、ごらく、おにごっこ	遊び
テニス、ゴルフ、サッカー、バスケ、ラグビー、ボーリング、歩き回る、海、歩く、スポーツ	スポーツ ^リ
おでかけ、買い物、外食、お買い物、用事、買い物へ、外出、映画、運動会を見に行く、歯医者、医者、床屋	外出
音楽、読書、まんが	読書
のんびり、いろいろ、ごろごろ、ポット、くつろぐ、休息、休む、休けい、家等	休養
部活、大会	クラブ活動
移動、通塾、塾へ向かう、家へ移動、家へ帰る、習い事へ、外出、家に向かう、通学、行き、帰り、車で移動、下校、帰宅、家に着く、家に帰る、電車(など)、塾まで	移動
おしゃべり、電話、おこられた	おしゃべり
ピアノ練習、ギター、ドラム、合唱、歌練	音楽をする
学校、附属総合祭、LIFE(総合的な学習の時間)、授業	学校の授業
生活記録記入、勉強、宿題、レポート、お絵かき、アイロンビーズ等	家庭学習
夕飯、夕食、食事、おひる、おやつ、晩飯、朝ごはん等	食事
お風呂、風呂、ふろ、お風呂、入浴	入浴
トイレ、身支度、着替え、寝る準備、出かける準備、明日の準備	身支度

^リスポーツには習い事のスポーツも含める

表 2 PALで4群に群分けしたときの、身長、体重、基礎代謝量

	n	PAL		身長(cm)		体重(kg)		基礎代謝量 (kcal/kg/day)	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
男子									
低い									
1.45(1.35~1.55)	6	1.46	0.07	167.4	10.8	50.9	8.3	29.7	2.2
ふつう									
1.65(1.55~1.75)	9	1.67	0.05	161.5	10.5	54.2	15.6	29.6	3.4
高い									
1.85(1.75~2.05)	12	1.92	0.08	164.3	8.2	51.4	7.2	30.1	2.2
特に高い									
(2.05~2.47)	13	2.26	0.16	161.7	8.1	51.5	7.4	29.9	3.0
全員	40	1.91	0.31	163.3	9.0	52.0	9.6	29.9	2.7
女子									
低い									
1.45(1.35~1.55)	7	1.51	0.04	156.5	3.2	44.5	2.7	28.7	2.8
ふつう									
1.65(1.55~1.75)	10	1.69	0.05	157.0	3.9	43.0	4.2	27.7	2.7
高い									
1.85(1.75~2.05)	16	1.85	0.06	154.0	6.3	43.0	6.1	27.9	3.3
特に高い									
(2.05~2.47)	5	2.28	0.13	162.8	3.4	47.3	7.0	26.6	2.7
全員	38	1.80	0.24	156.4	5.6	43.8	5.3	27.8	3.0

分散分析の結果、女子の身長は有意差がみられ、「特に高い」群は「高い」群より有意に高値を示した(p=0.17)

表3 PALで4群に群分けしたときの体育の時間数、休み時間に動的な遊びをする日数及び運動部への参加日数¹⁾

PAL	体育(時間) ²⁾			休み時間の動的な遊び(日) ³⁾		運動部への参加(日)			
	n	平均値	SD	平均値	SD	平日		休日	
						平均値	SD	平均値	SD
低い									
1.45(1.35~1.55)	13	1.31	1.32	0.92	1.44	0.54	0.78	0.23	0.44
ふつう									
1.65(1.55~1.75)	19	1.89	1.41	0.95	1.54	1.58	1.17	0.21	0.42
高い									
1.85(1.75~2.05)	28	2.29	1.27	0.75	0.97	1.54	1.14	0.32	0.55
特に高い									
(2.05~2.47)	18	2.61	1.29	1.22	1.44	1.17	1.20	0.72	0.89
全員	78	2.10	1.36	0.94	1.30	1.29	1.15	0.37	0.63

¹⁾各項目の日数及び時間数は、生活記録から求めた。平日は5日間、休日は2日間又は3日間である。

²⁾体育の1時間は50分間である。

³⁾スポーツ種目、おいかっこ、じゃれあい、散歩等が含まれる。

分散分析の結果、体育の時間数($p=0.045$)、休み時間の動的な遊び($p=0.703$)、平日の運動部への参加($p=0.039$)、休日の運動部への参加($p=0.049$)を示した。

表 4 PALで4群に群分けしたときの学校以外で身体を動かした日数及び外出無しの日数¹⁾

	n	身体を動かす(日) ²⁾				外出無し(日)			
		平日		休日		平日		休日	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
低い									
1.45(1.35~1.55)	13	0.15	0.55	0.31	0.63	2.31	1.75	0.69	1.11
ふつう									
1.65(1.55~1.75)	19	0.16	0.37	0.00	0.00	2.68	1.38	0.84	0.90
高い									
1.85(1.75~2.05)	28	0.39	0.57	0.39	0.63	2.46	1.20	0.68	0.67
特に高い									
(2.05~2.47)	18	0.39	0.78	0.44	0.62	1.94	1.35	0.11	0.32
全員	78	0.29	0.58	0.29	0.56	2.37	1.38	0.59	0.80

¹⁾各項目の日数及び時間数は、生活記録から求めた。平日は5日間、休日は2日間又は3日間である。

²⁾「身体を動かす」には、スポーツ(習い事、遊び)、買い物、散歩等の外出を含む

分散分析の結果、平日の身体を動かす日(p=0.079)、休日の身体を動かす日(p=0.057)、平日の外出無し(p=0.420)、休日の外出無し(p=0.026)であった。

休日の外出無しについては、「特に高い」群が、「ふつう」群(p=0.002)「高い」群(p=0.017)より有意に高値を示した。

表 5 PALで4群に群分けしたときの睡眠時間¹⁾

	n	平日		休日	
		平均値	SD	平均値	SD
低い					
1.45(1.35~1.55)	7	6:20	0:59	8:41	1:11
ふつう					
1.65(1.55~1.75)	19	6:55	0:44	8:41	1:11
高い					
1.85(1.75~2.05)	28	7:14	0:45	8:25	0:58
特に高い					
(2.05~2.47)	18	6:50	0:37	7:48	1:13
全員	52	6:56	0:47	8:23	1:08

¹⁾睡眠時間は、生活記録に記入された前日の就寝時刻と起床時刻から算出した。平日は5日間、休日は2日間又は3日間である。

分散分析の結果、平日は(p=0.388)、休日は(p=0.079)であった。

表 6 PAL と3次元加速度合成加速度(AC)で群分けした時の人数の内訳

		3次元合成加速度 (mG)		
		小 (~97.3)	平均 (97.3~150.7)	大 (150.7~)
PAL	低い 1.45(1.35~1.55)	2	5	0
	ふつう 1.65(1.55~1.75)	1	12	2
	高い 1.85(1.75~2.05)	4	14	2
	特に高い (2.05~2.47)	2(C)	6(B)	4(A)

表 7 活発な活動の時間の違いによる PAL

	n	平均値	標準偏差	最小値	最大値
0分	12	1.80	0.30	1.44	2.38
30分未満	36	1.83	0.28	1.33	2.47
30分以上 60分未満	19	1.84	0.25	1.47	2.47
60分以上	11	2.01	0.28	1.49	2.45
全体	78	1.85	0.28	1.33	2.47

分散分析の結果、有意差は認められなかった。