

加速度計による1日のエネルギー消費量測定の妥当性

活動日誌法との対比

コダマ 児玉	ヨシコ 宜子*	タマコシ 玉腰	アキコ 暁子*	ニシズカ 西塚	タカノブ 隆伸*
ヒラノ 平野	ナオコ 直子*	カワムラ 川村	タカシ 孝**	オオノ 大野	ヨシユキ 良之*

目的 社会生活を営んでいる幅広い年齢層の一般成人において、加速度計による1日のエネルギー消費量測定値の妥当性を検討する。

方法 27歳～61歳のN市職員60人（男31人，女29人）を対象に，任意に設定した平日と休日の各1日に加速度計の装着，および5分ごとの活動日誌の記載を依頼した。日誌に記録されたそれぞれの活動の強度と持続時間から算出された1日のエネルギー消費量により，加速度計から得られた1日のエネルギー消費量を評価した。

結果 のべ115日中，109日で加速度計による消費量の方が日誌法による消費量にくらべて少なく，その差は平均403.9 kcalであった。加速度計と日誌法から求めた1日のエネルギー消費量の間には強い相関（Pearson $r=0.846$ ）が認められた。歩く活動が少ない場合は多い場合に比較し，より強い正の相関が観察された。加速度計を装着できない入浴中のエネルギー消費量を日誌法による測定値から引いて検討を行ったところ，両者の差は小さくなったが，相関係数には大きな変化を認めなかった。

結論 加速度計を用いた身体活動量の測定は，日誌法によるそれと高い相関を示すことが一般成人においても確認された。加速度計は日誌法と比較すると1日のエネルギー消費量を少なく評価する傾向があるが，対象者の負担も少なく，かつ多数の人に同時に実施可能であり，疫学研究や健康増進事業に有用と考えられた。

Key words : エネルギー消費量，加速度計，活動日誌法，妥当性

I 緒 言

国民の健康実現のための「健康日本21」では，生活習慣病に関連する生活習慣として栄養・食生活，身体活動・運動，休養・こころの健康づくり，たばこ，アルコールが取り上げられ，10年後に達成すべき具体的な目標が掲げられている。身体活動は，循環器系疾患，悪性新生物などの発生・死亡に関連することが明らかにされつつあることから重要視されているものと考えられる。

身体活動と疾患との関連を明らかにする，あるいは個別に運動指導を行う際には，身体活動量（エネルギー消費量）をできるだけ正確に測定することが必要となる。一方で，疫学研究や健康増進では，特別な環境下にある者のみを対象にするのではなく，通常の社会生活を営んでいる数多くの者の通常の生活が対象であることから，正確性だけでなく，簡便性も要求される。

1日のエネルギー消費量を算出する標準的な方法の1つとして，活動日誌法がある^{1,2)}。しかし，この方法は定められた一定時間（多くは5分）単位で主な活動を全て書き出すことが要求されるため，被験者への負担が大きく，妥当性や再現性を保ちながら多人数に実施することは容易ではない。最近，腰部に装着するだけでよい加速度計が普及し，健康増進のため広く用いられるようになってきた。他の方法で求められたエネルギー消費

* 名古屋大学大学院医学系研究科予防医学/医学推計・判断学

** 京都大学保健管理センター
連絡先：〒466-8550 名古屋市昭和区鶴舞町65
名古屋大学大学院医学系研究科健康社会医学専攻
社会生命科学講座予防医学/医学推計・判断学
玉腰暁子

量と比較して加速度計の妥当性を検討した研究は日本においてもいくつか認められるが、その多くの場合は青年を対象としたものであった^{3~6)}。そこで今回、社会生活を営んでいる幅広い年齢層の一般成人を対象として、加速度計で測定した1日のエネルギー消費量と活動日誌法から求めた消費量を比較することにより、加速度計の妥当性を検討した。

II 対象と方法

N市の職員69人(27歳~61歳, 男33人, 女36人)を対象とした。任意に設定した平日と休日, 各1日に加速度計を装着し, 5分ごとの活動を日誌に記載するよう依頼した。

今回使用した加速度計(カロリーカウンターセレクト2, スズケン社製)は4秒ごとに10段階で評価された垂直方向の最大振幅と頻度から運動強度を求め, 性・年齢・身長・体重を考慮して1日のエネルギー消費量や運動によるエネルギー消費量を算出するものである^{3,7)}。加速度計の装着は日誌法記載日の起床から就寝までとした。

日誌に記載されたそれぞれの活動は, その強度をMET (=運動時の酸素消費量/安静時の酸素消費量)を用いて表し, 次の式⁸⁾に基づいてエネルギー値に変換することとした。

$$E = \Sigma [1.2 \times (\text{METs}) \times T] \times W \times A$$

E: 運動による1日総エネルギー消費量 (kcal)

T: 持続時間 (min)

W: 体重 (kg)

A: 性・年齢別基礎代謝基準値 (kcal・kg⁻¹・min⁻¹)

ただし, 睡眠時のエネルギー消費量は基礎代謝と同じ⁸⁾とし, 運動強度の値は文献^{9~11)}を参考にした。

日誌法と加速度計それぞれによる1日のエネルギー消費量の一致性は両者の差異と相関により評価した。さらに日誌法から得られた歩く活動量の多少(対象者の中央値235分以上と未満), および加速度計から得られた歩数の多少(保健指導で一般に用いられている10,000歩以上と未満)によって2群に分け, それぞれの相関係数(Pearson)を求めた。

表1 研究対象者の特徴

	男 n=31	女 n=29
年齢(歳)*	42.5±8.1	40.0±7.7
身長(cm)*	167.0±5.7	157.2±6.3
体重(kg)*	65.2±8.2	51.4±6.3
事務系職種の割合(%)	51.6	31.0

*; 平均値±標準偏差

III 結果

69人全員から調査用紙が回収されたが, 性・年齢・体重・加速度計の数値の記載がないもの9人(男2人, 女7人)は除外し, 60人(男31人, 女29人)について解析を行った。このうち男4人は2日間のうち1日は加速度計の装着を忘れたため, 1日分のデータのみ対象とした。また加速度計によるエネルギー消費量の明らかな転記ミスと考えられる1日分のデータも除外し, 計115日分について解析した。被験者の年齢, 身体的特徴は表1に示した。事務系職員は男の51.6%, 女の31.0%であった。

主な測定値の平均値と標準偏差を表2に示した。のべ115日中109日で加速度計から得られたエネルギー消費量は日誌法より少なく見積もられた。1日の平均エネルギー消費量は, 日誌法で2,396.6 kcal, 加速度計で1,992.7 kcalであり, その差は平均403.9 kcalであった。加速度計が装着できない入浴中のエネルギー消費量を日誌法から差し引くと, 両者から得られる値の差は326.2 kcalと小さくなったが, 相関係数には大きな変化を認めなかった。また男は女より, 平日は休日よりエネルギー消費量が平均して大きい傾向が認められたが, 加速度計と日誌法から得られるエネルギー消費量の差は同程度であった。なお, 両者に1,000 kcal以上の差が認められた1例においては, スキーと水泳がそれぞれ1時間15分と30分行われていた。

表3には加速度計と日誌法から求めた, 1日のエネルギー消費量の相関係数を示した。加速度計と日誌法から求めた1日のエネルギー消費量の間には強い正相関(r=0.846)が認められた。歩く活動が少ない場合は多い場合に比較して, より強い正相関が観察された(図1, 順に0.881,

表2 加速度計, 日誌法による一日のエネルギー消費量とその差

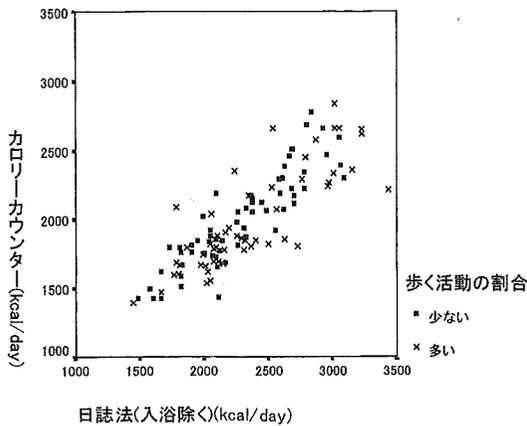
人数	加速度計による1日のエネルギー消費量		日誌法による1日のエネルギー消費量		入浴分を引いた日誌法による1日のエネルギー消費量		
	A (kcal)	1日の歩数	B (kcal)	差 A-B (kcal)	C (kcal)	差 A-C (kcal)	
全体 115	平均値	1992.7	10913.8	2396.6	-403.9	2319.0	-326.2
	標準偏差	349.2	5555.8	447.7	240.5	438.5	233.9
男 58	平均値	2202.8	11057.8	2615.4	-412.7	2531.0	-328.2
	標準偏差	313.3	5482.9	383.3	213.5	382.6	212.7
女 57	平均値	1779.0	10767.3	2174.0	-395.0	2103.2	-324.2
	標準偏差	236.9	5674.0	398.0	266.8	385.4	255.7
平日 57	平均値	2051.1	11796.0	2458.6	-407.4	2377.4	-326.2
	標準偏差	345.7	4604.8	423.5	227.7	415.4	226.1
休日 58	平均値	1935.3	10046.9	2335.8	-400.5	2261.5	-326.2
	標準偏差	346.0	6273.7	465.9	254.4	456.4	243.4

表3 加速度計, 日誌法による一日のエネルギー消費量の相関係数

人数	全体	日誌法による歩く活動		加速度計による歩数	
		多い場合	少ない場合	一万歩以上	一万歩以下
人数	115	55	60	53	62
日誌法に入浴による消費量を含めた場合	0.846	0.819	0.881	0.824	0.874
日誌法から入浴による消費量を差し引いた場合	0.847	0.821	0.887	0.826	0.868

Pearson の相関係数すべて $P < 0.01$

図1 各測定法による1日のエネルギー消費量の関係



IV 考 察

加速度計と日誌法から求めた, 1日のエネルギー消費量との Pearson 相関係数は0.846と高値を示した。運動習慣のない女性大学生14人を対象とした柳堀ら⁴⁾の研究では相関係数は0.805, 健康体育専攻の短期大学生12人(男4人女8人)を対象とした文谷ら⁵⁾の研究では0.939とそれぞれ報告されている。今回の対象者のような仕事をもつ, 特別な運動をしていない一般成人の集団でも, これら若者を対象とした研究と類似した結果となった。しかし, 加速度計による1日のエネルギー消費量の平均値は日誌法から求めた値より小さくなり, また個別にみても加速度計による値の方が大きい者はごくわずかであった。同じ傾向は, 柳堀ら⁴⁾や文谷ら⁵⁾も報告している。日誌法に比較し加速度計が1日のエネルギー消費量を低めに見積もってしまう原因は, 加速度計では①入浴や水泳といった加速度計を装着できない活動中のエネルギー消費量を測定できないこと, ②自転

0.819)。同様に加速度計で測定した歩数が少ない場合も多い場合より, 大きな正相関係数が得られた(0.874, 0.824)。

車こぎや上肢の運動、筋力トレーニングのような腰の位置が変化しにくい運動での消費エネルギーを低く見積もってしまうこと、などが考えられる⁷⁾。また、今回両者の差の大きかった対象者が行っていたスキーも腰部での上下運動が比較的小さいことから、加速度計で運動量を正確にカウントすることが困難であると考えられよう。

歩く活動が多い集団では低い集団にくらべ相関係数が若干低い結果であった。先行研究¹²⁾でも中等度以上の強度の活動の場合に加速度計は消費エネルギー量を過小評価する⁵⁾、軽い活動(座り)が多い集団では日誌法と加速度計との相関が高い、運動部に所属している男子学生では他の運動量の少ない集団にくらべ相関が低い¹³⁾、加速度計では携帯用呼気ガス分析器から得られたエネルギー消費量とくらべてスポーツ活動中のエネルギー消費量を半分以下に見積もる⁶⁾といった報告がある。歩行量が多い人の一部には、歩幅が広くなるために加速度計への反映が低下する⁷⁾など、身体活動の質に差異が生じていることも予想される。中等度から強度の運動を頻回に行う人では加速度計による値は日誌法による値と一致しにくいことを念頭におき、このような場合には別途問診を行うなどの考慮が必要だと考えられる。また、加速度計の改良も重要な課題であろう。

今回の研究では日誌法から求めた入浴中のエネルギー消費量は平均 84.9 ± 42.1 kcalであり、その分布は14.5 kcalから202.8 kcalまで幅広くなった(入浴していないものは除く)。西原ら¹⁴⁾は加速度計を用いて1日のエネルギー消費量を算出する場合、20分程度の入浴なら補正しなくてよいと報告しているが、今回示したように入浴にかかわるエネルギー消費量の個人差が大きいので、個別にエネルギー消費量を検討する際には補正が必要になると考えられた。しかし、加速度計から得られたエネルギー消費量と入浴中のエネルギー消費量を引いて求めた日誌法による1日のエネルギー消費量の相関はその補正を行わない場合と同程度であった。したがって、多くの疫学研究のようにエネルギー消費量そのものではなく集団内での相対的な位置関係を用いる場合には、特に補正しなくてよいと考えられる。

V 結 語

加速度計を用いた身体活動量の測定は、日誌法によるそれと高い相関を示すことが一般成人においても確認された。加速度計は日誌法と比較すると1日のエネルギー消費量を少なく評価する傾向があるが、対象者の負担も少なく、かつ多数の人に同時に実施可能であり、疫学研究や健康増進事業に有用と考えられた。

本研究にあたって被験者としてご協力下さいましたN市職員の方々に感謝申し上げます。

(受付 2001. 8. 2)
(採用 2002. 4. 19)

文 献

- 1) 辻 一郎. 疫学研究における身体活動量評価の意義, 運動疫学研究 2001; 3: 1-6.
- 2) 臼谷三郎. エネルギー消費量測定法: 最近の動向, 日衛誌 1992; 47: 881-889.
- 3) 文谷知明, 星川秀利. カロリー計による一日のエネルギー消費量の評価—運動習慣を有する若年女性の場合—, 武蔵丘短期大学紀要 1997; 5: 43-48.
- 4) 柳堀朗子, 青木和夫, 鈴木洋児, 他. 1日の日常生活活動量測定方法の検討. 日本公衛誌 1991; 38: 483-491.
- 5) 文谷知明, 星川秀利. カロリー計による一日のエネルギー消費量の検討. 東京体育学研究1997年度報告 1997; 23-28.
- 6) 高見京太, 北川 薫, 石河利寛. 消費カロリー測定器によるスポーツ活動中のエネルギー消費量測定の妥当性の検討. 中京大学体育研究所紀要 1994; 8: 7-11.
- 7) 横山有見子, 川村 孝, 玉腰暁子, 他. 加速度計による身体活動量の測定の妥当性, スポーツ医・科学 1999; 12: 23-27.
- 8) 健康・栄養情報研究会編. 第6次改訂日本人の栄養所要量 食事摂取基準. 東京: 第一出版, 1999; 35-37.
- 9) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編. 第5次改訂日本人の栄養所要量. 東京: 第一出版, 1994; 62-63.
- 10) 小林修平. 運動生理学. 東京: 光生館, 1990; 22.
- 11) 池上晴夫. 運動生理学(現代人の栄養学18). 東京: 朝倉書店, 1995; 108-109.
- 12) Sirard JR, Melanson EL, Li L, et al. Field evaluation of the Computer Science and Applications, Inc. physical activity monitor. Medicine & Science in Sports & Exercise 2000; 32: 695-700.

- 13) Suzuki I, Kawakami N, Shimizu H. Reliability and Validity of a Questionnaire for Assessment of Energy Expenditure and Physical Activity in Epidemiological Studies. *Journal of Epidemiology* 1998; 8: 152-159.
- 14) 西原照代, 阪本美恵子. 「立つ」, 「座る」等の動作を識別するカロリーカウンター測定器による1日のエネルギー消費量推定について. *労働科学* 1996; 72: 49-60.

VALIDITY OF AN ACCELEROMETER FOR ESTIMATING DAILY PHYSICAL ACTIVITY—COMPARISON WITH A DIARY METHOD

Yoshiko KODAMA*, Akiko TAMAKOSHI*, Takanobu NISHIZUKA*,
Naoko HIRANO*, Takashi KAWAMURA^{2*}, and Yoshiyuki OHNO*

Key words : Physical activity, Accelerometer, Diary method, Validity

Purpose To examine the validity of accelerometer measurement of daily physical activities in working adults.

Method Thirty one male and 29 female working in the civil service office of N-city were required to wear an accelerometer and to complete a 5-minute-interval activity diary for 2 days (one weekday and one weekend day). One-day energy expenditure obtained from the accelerometer was compared with that from the activity diary calculated from intensity (metabolic equivalents) of each activity and its duration. Difference and correlation between energy expenditure obtained with the two methods were evaluated.

Results Although energy expenditure estimated from the activity diary was larger than that from accelerometer by 403.9 kcal, the results were highly correlated (Pearson's $r=0.846$). The correlation coefficient was larger among light walkers than intensive walkers. When energy expenditure during bathing was excluded because of the non-wearability of the accelerometer, the difference between the methods was reduced without affecting the correlation coefficient.

Conclusion The accelerometer was concluded to be useful for measurement of daily physical activities for epidemiological research and health promotion in adults.

* Department of Preventive Medicine/Biostatistics and Medical Decision Making Nagoya University Graduate School of Medicine

^{2*} Kyoto University Health Service