

代わりに、推定式から基礎代謝量を算出する方法が一般的に用いられている。

推定式には、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、国際的に広く使用されている Harris-Benedict 式などがある。肥満者においては、一般に非肥満者より基礎代謝量の推定誤差が大きいことが欧米で報告されているが、日本人の糖尿病をもつ肥満者において推定式の誤差がどの程度あるのか検討されていない。そこで、糖尿病の患者における基礎代謝量推定式の妥当性について検討した。

B. 研究方法

1. 被験者

被験者は、佐久肥満克服プロジェクトに参加した日本人男女 31 名だった。被験者は「糖尿病の分類と診断基準に関する委員会報告」(2010)の分類に従い、non-diabetes(11 名)、pre-diabetes (8 名)、diabetes(12 名)の 3 群に分けた。対象者の身体的特徴は表 1 に示した。

2. 測定手順

基礎代謝量の測定はダグラスバッグ法を用いた。測定日の前日には激しい運動を避け、測定の約 12 時間前までに通常の夕食を摂ってもらった。測定当日には朝食を食べずに測定場所に来てもらい、およそ 25°C の室温で、覚醒・仰臥安静状態においてマスクを装着して呼気ガスの採集を行った。呼気ガスの採集は、安静仰臥位を 30 分以上保った後、ダグラスバッグに呼気を 10 分間ずつ 2 回採集した。呼気はガスメーター(DC-5C、品川製作所)にて換気量を測定し、質量分析計(AR-1、アルコシステム社製)を用いて酸素および二酸化炭素の濃度を分析した。

測定値は 2 回の平均値とし、Weir の式(1949)を用いて基礎代謝量を算出した。

基礎代謝量の推定には、国立健康・栄養研究所の式 (Ganpule et al., 2007)、基礎代謝基準値(日本人の食事摂取基準[2010 年版])、Harris-Benedict 式、Schofield 式、Owen 式、Mifflin 式を用いた(表 2)。身体計測値、ダグラスバッグによる実測値、推定値から実測値を引いた誤差の比較には、一元配置分散分析と Bonferroni の多重比較を用いた。実測値と 6 つの推定値の比較には反復測定の一元配置分散分析と Dunnett の多重比較を用いた。統計解析には SPSS ver18.0 を使用し、統計学的有意差は $p < 0.05$ を持って判定した。

3. 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一疫学研究部会」の承認を得て、ヘルシンキ宣言の精神に則り実施した。測定に当たって、被験者に測定の目的、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、書面による同意を得た。データは厳重に管理し、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。

C. 研究結果

基礎代謝量の実測値は、non-diabetes は 1523 ± 212 kcal/d、pre-diabetes は 1481 ± 169 kcal/d、diabetes は 1732 ± 216 kcal/d だった。実測値を 3 群間で比較したところ、pre-diabetes と diabetes の間に有意な差がみられた。また、実測値と推定値の比較を行ったところ、non-diabetes と pre-diabetes は基礎代謝基準値と Schofield 式、diabetes は国立健康・栄養研究所の式、基礎代謝基準値、Mifflin 式に有意な差が見られた。推

定値から実測値を引いた誤差を推定式毎に3群間で比較を行ったところ、どの推定式においても3群間で有意な差は見られなかったが、国立健康・栄養研究所の式は non-diabetes と diabetes の間に有意な差がある傾向が見られた ($p=0.057$)。

D. 考察

今回の対象者とした肥満者において、基礎代謝量の実測値と既存の6つの推定式を比較したところ、non-diabetes と pre-diabetes は基礎代謝基準値と Schofield 式、diabetes は国立健康・栄養研究所の式、基礎代謝基準値、Mifflin 式に有意な差が見られた。

Harris-Benedict 式と Owen 式を用いた場合、どの群でも実測値と推定値に有意な差はみられず、どの群においても誤差は同程度だった。

国立健康・栄養研究所の式と Mifflin 式を用いると non-diabetes と pre-diabetes は実測値との誤差はほとんど見られなかったが、diabetes は平均的に 120 kcal/d 程度過小評価され、糖尿病の有無により誤差の程度が異なった。糖尿病患者に国立健康・栄養研究所の式や Mifflin 式を用いる場合は、補正をする必要があることが示唆された。

基礎代謝基準値は、糖尿病の有無に関わらず実測値との誤差が大きかった。特に non-diabetes と pre-diabetes においては 240 kcal/d 程度過大評価した。基礎代謝基準値は、健康な日本人においても過大評価すると報告されており (Miyake et al., in press)、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、男女とも大きく過大評価したと考えられた。

Harris-Benedict 式は、どの群においても平均的な誤差は 100 kcal/d 以下だった。

E. 結論

今回対象とした肥満者において、基礎代謝量の実測値と既存の6つの推定式を比較したところ、non-diabetes と pre-diabetes は基礎代謝基準値と Schofield 式、diabetes は国立健康・栄養研究所の式、基礎代謝基準値、Mifflin 式に有意な差が見られた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

田中茂穂. 糖尿病患者のエネルギー代謝と身体活動. 内分泌・糖尿病・代謝内科: 31(5): 408-414, 2010.

田中茂穂. 基礎代謝・NEAT と身体活動. 臨床スポーツ医学: 28(3): 259-266, 2011.

Miyake R, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Hikiyama Y, Taguri E, Kayashita J, Tabata I. Validity of predictive equations for basal metabolic rate in Japanese adults. J Nutr Sci Vitaminol, (in print).

2. 学会発表

三宅理江子、大河原一憲、高田和子、森田明美、渡邊昌、池本真二、田中茂穂. 肥満者における基礎代謝量推定式の妥当性. 第64回日本栄養・食糧学会大会、徳島、2010.5.

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 被験者の身体的特徴

	Non-Diabetes (n = 11)		Pre-Diabetes (n = 8)		Diabetes (n = 12)		ANOVA p value
	平均 ± 標準偏差	範囲	平均 ± 標準偏差	範囲	平均 ± 標準偏差	範囲	
男性/女性	5/6		3/5		8/4		
年齢 (y)	54 ± 3	51 - 59	53 ± 3	50 - 57	53 ± 3	50 - 59	0.987
身長 (cm)	165.3 ± 9.5	151.5 - 179.2	161.5 ± 8.1	152.0 - 174.0	166.4 ± 8.1	152.8 - 176.6	0.874
体重 (kg)	83.7 ± 11.0	69.3 - 109.7	81.9 ± 10.0	67.0 - 97.7	88.0 ± 12.8	70.2 - 116.5	0.693
Body mass index (kg/m ²)	30.7 ± 3.5	27.7 - 40.0	31.4 ± 3.4	27.9 - 38.0	31.7 ± 3.5	28.1 - 39.2	0.851
体脂肪率 (%)	36.3 ± 11.2	24.0 - 62.5	37.1 ± 8.6	23.4 - 45.6	36.0 ± 6.6	24.0 - 46.0	0.473

表 2 基礎代謝量の推定式

推定式 (kcal/d)	男性	女性
	国立健康・栄養研究所の式	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times A - 0.4235) \times 1000 / 4.186$
基礎代謝基準値	$21.5 \times W$	$20.7 \times W$
Harris-Benedict	$66.4730 + 13.7516 \times W + 5.0033 \times H - 6.7550 \times A$	$655.0955 + 9.5634 \times W + 1.8496 \times H - 4.6756 \times A$
Schofield	$(0.048 \times W + 3.653) \times 1000 / 4.186$	$(0.034 \times W + 3.538) \times 1000 / 4.186$
Owen	$879 + (10.20 \times W)$	$795 + (7.18 \times W)$
Mifflin	$5 + (9.99 \times W) + (6.25 \times H) - (4.92 \times A)$	$-161 + (9.99 \times W) + (6.25 \times H) - (4.92 \times A)$

W: 体重 (kg), H: 身長 (cm), A: 年齢 (y). 推定式は、50-59 歳の式を用いた。

表3 実測値と推定値の比較

	平均 ± 標準偏差 (kcal/d)	差 ± 標準偏差 (kcal/d)	反復測定の一 元配置分散分析 <i>p</i> value	Dunnettによる 多重比較 <i>p</i> value	一元配置分散分析 <i>p</i> value
<i>Non-diabetes</i> (n = 11)					
実測値	1523 ± 212				
推定値			0.000		
国立健康・栄養研究所の式	1536 ± 202	13 ± 120		0.998	0.036
基礎代謝基準値	1763 ± 236	240 ± 120		<0.001	0.145
Harris-Benedict	1602 ± 194	79 ± 138		0.098	0.132
Schofield	1667 ± 200	145 ± 149		<0.001	0.238
Owen	1551 ± 208	28 ± 162		0.903	0.284
Mifflin	1519 ± 209	-4 ± 133		1.000	0.066
<i>Pre-diabetes</i> (n = 8)					
実測値	1481 ± 169				
推定値			0.000		
国立健康・栄養研究所の式	1486 ± 203	4 ± 142		1.000	
基礎代謝基準値	1721 ± 224	239 ± 123		<0.001	
Harris-Benedict	1567 ± 200	86 ± 152		0.118	
Schofield	1630 ± 212	149 ± 176		0.002	
Owen	1513 ± 219	32 ± 188		0.905	
Mifflin	1467 ± 216	-14 ± 161		0.998	
<i>Diabetes</i> (n = 12)					
実測値	1732 ± 216 ^a				
推定値			0.000		
国立健康・栄養研究所の式	1620 ± 236	-111 ± 103		<0.001	
基礎代謝基準値	1871 ± 297	139 ± 152		<0.001	
Harris-Benedict	1711 ± 254	-20 ± 114		0.892	
Schofield	1788 ± 262	56 ± 103		0.091	
Owen	1672 ± 262	-60 ± 103		0.061	
Mifflin	1606 ± 240	-126 ± 104		<0.001	

差: 推定値 - 実測値. a: $p < 0.05$ vs. pre-diabetes.

身体活動レベル評価法の検討
-加速度計を用いた身体活動評価に関する研究-

分担研究者	井上 茂	東京医科大学公衆衛生学	講師
研究協力者	石橋弘子	東京医科大学公衆衛生学	助手
	赤木達規	早稲田大学早稲田大学大学院スポーツ科学研究科	
	田中茂穂	(独) 国立健康・栄養研究所	健康増進プログラム エネルギー代謝プロジェクトリーダー
	高田和子	(独) 国立健康・栄養研究所	健康増進プログラム 上級研究員
	三宅理江子	(独) 国立健康・栄養研究所	健康増進プログラム 技術補助員

研究要旨

【目的】 加速度計・歩数計は身体活動量を客観的に評価する機器として応用範囲が広がっているが、調査での活用には課題が多い。その一つとして有効・無効データの識別の問題がある。近年の研究では、10時間以上の装着をもって有効データと判定するケースが多いが、そのための装着時間の判定方法について、日本の加速度計を用いた方法が十分に確立されていない。そこで、本研究では加速度信号から装着時間を判定する方法を検討した。

【方法】 成人21名(男性42.9%、21-44歳)に、週末を含む3日間の加速度計装着(OM: オムロン社製 Active style Pro HJA-350IT、SZ: スズケン社製ライフコーダ)を依頼した。加速度計は2台同時に装着し、同じ日に1分単位の装着記録表の記載を依頼した。記録された加速度データより、連続無信号時間が①5分間、②10分間、③15分間、④20分間、⑤30分間、⑥40分間、⑦50分間、⑧60分間、⑨70分間、⑩80分間、⑪90分間、⑫120分間以上続いた場合を非装着状態と定義して、それぞれによって算出される装着時間と、装着記録表を基に算出した装着時間との相関係数を算出した。

【結果】 装着記録から計算した平均装着時間は15.3±2.2時間/日であった。平均値が最も近い解析方法はOMでは⑥40分間と⑦50分間、SZでは⑥40分間であった。加速度計による装着時間と、装着記録による装着時間のPearson相関係数はOMでは⑦50分間、SZでは⑧60分間が最も良好で、それぞれ $r=0.932$ 、 $r=0.955$ であった。また、⑤30分間から⑩80分間程度の解析方法によって同程度の高い相関係数が維持された。

【結論】 加速度計の装着時間を、無信号時間から判定する方法を検討した。その結果、30-60分間以上無信号が継続する状態を非装着状態と定義して解析することが妥当であることが示唆された。装着・非装着の判定は、加速度計データを分析する際に必ず必要となるもので、本研究の結果は、妥当性の高い身体活動評価法の開発に資するものと考えられた。

A. 研究目的

「日本人の食事摂取基準(2010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測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。

歩数計、加速度計といった機器は、大規模な調査での活用が可能であり、質問紙と比較して個人の認知によらない客観的な評価が行えるため、広く活用されるようになってきている。日本では平成3年(1991年)より国民健康・栄養調査において歩数が測定されているが、加速度計を用いた国民調査はまだ実施されていない。一方、米国では2003年よりNHANES(National Health and Nutrition Examination Survey)において加速度計が初めて用いられた¹⁾²⁾。米国以外でも、オーストラリア³⁾⁴⁾、カナダ⁵⁾、スウェーデン⁶⁾等において、歩数計・加速度計を用いた国民調査あるいは大規模調査が実施されている。さらには、歩数計等の機器を用いた身体活動推進介入が効果的であることを報告する研究が増えてきており、介入ツールとしての有用性が広く認知されるようになってきている⁷⁾⁸⁾。これらの機器を用いた身体活動量の評価は身体活動研究における新しいテーマとなっている。

歩数計、加速度計などの活用が広がるにつれて、これらの機器を用いて身体活動評価を行う際の問題点にも関心が高まっている⁹⁾。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よって、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克服しなければいけない課題が多い。たとえば、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装着が必要なのか、何曜日に測定するのかといった

問題、あるいは昨年度の本報告書のテーマだった、協力率が低い場合の選択バイアスの問題がある。これらの機器の装着には質問紙調査以上に協力者の強い協力が必要であり、昨年度の報告書では、協力率が低い場合のデータ解釈に役立つ情報を提示できた。

このような、実際の調査実施上の問題の一つに、有効なデータをどのように判定するかという問題がある。例えば、歩数計調査で極端に少ない歩数(例えば、300歩)が記録された場合に、このようなデータを有効なデータとして採用しても良いのだろうか。このデータが適切でないならば、全体の平均値等に大きく影響してしまう可能性がある。どのようなデータを有効なデータとして採用するのかが重要な問題である。

欧米では、以上のような問題点に関する議論が盛んに展開されており、現在のところ、1日10時間以上の装着によって有効データと判定する方法が一般的になりつつある⁹⁾¹⁰⁾。それでは、装着時間はどのように判定するのであろうか?欧米では、60分以上加速度信号が0の状態(1-2分程度連続する弱い信号:0-100カウント程度)を非装着と判定する方法が標準的になりつつある⁹⁾。この基準は加速度計として欧米で広く用いられているActiGraphを用いた場合である。著者らは日本で広く用いられている加速度計ライフコーダを用いて、30分無信号の状態を非装着時間と定義し、これが詳細な装着記録により評価した非装着時間とよく一致していることを報告している¹⁰⁾。しかし、この研究では無信号時間を30分に限定して検討したのみで、30分が最適値であるかどうかを系統的に検討したものではなかった。また、日本での研究は著者らの知る限りこの1篇のみである。さらに、世界的に見ても、この問題を系統的に検討した研究は不十分と考えられる。ActiGraphと日本で用いられている加速

度計では、加速度信号の処理方法が異なり、欧米の基準をそのまま活用して妥当かどうか、予測が難しい。

そこで、本研究では、日本で広く活用されている加速度計(スズケン社製ライフコーダおよびオムロン社製 Active style Pro HJA-350IT)をもちいて、装着時間を判定するための研究を行う。具体的には加速度信号が一定時間以上連続して 0 を示す状態を無装着と定義する方法を用いる場合、この一定時間をどの程度の長さに設定するのが最も妥当であるのかを検討する。

B. 研究方法

<対象>

成人 21 名(男性 42.9%、21-44 歳)とした。

<実験手順>

1) 加速度計:対象者には休日 1 日を含む 3 日間の加速度計装着を依頼した。加速度計は、オムロン社製 Active style Pro HJA-350IT¹¹⁾¹²⁾と、スズケン社製ライフコーダ¹³⁾とした。左右のズボンのベルトの高さ、折り目付近に装着することとして、2 台同時に装着することとした。事前に 2 台の加速度計の時間を同期させて、時間を正確に把握できるようにした。

2) 加速度計装着記録:加速度計を装着した日には、装着記録表を付けるように依頼した。今回の実験では、装着記録表が装着時間判定の基準となるので、対象者に対しては、装着時間を 1 分単位で正確に記録するように説明した。加速度計、装着記録回収時に、装着時間を正確に記録することができたかどうかを口頭で確認し、装着記録による装着時間の判定の質を確保した。

<分析>

加速度計信号から判定した装着時間と、加速度計装着記録から判定した装着時間との相関係

数を算出した。

加速度計信号から装着時間を装着する際には、装着している状態、していない状態を判定する必要がある。本研究では、この方法として、次の 12 の方法を実施した。そして、これらの 12 の方法のうちの、どの方法を用いて計算した装着時間が、最も装着記録表(Log book)から算出した装着時間と相関が良好かを検討した。なお、装着記録表および加速度計信号から装着時間を求める場合には、装着記録表に記録された睡眠中のデータは除外して、睡眠時間ではない時間における装着時間を算出した。

Method1(5min): 5 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method2(10min): 10 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method3(15min): 15 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method4(20min): 20 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method5(30min): 30 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method6(40min): 40 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method7(50min): 50 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method8(60min): 60 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method9(70min): 70 分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態

と判定して装着時間を算出した。

Method10(80min) : 80分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method11(90min) : 90分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

Method12(120min) : 120分以上無信号状態が続いた場合を非装着の状態、それ以外を装着の状態と判定して装着時間を算出した。

統計解析には SPSSver18.0 を使用し、統計学的有意差は $p < 0.05$ を持って判定した。

<倫理>

被験者には、実験の目的、方法、被験者の権利等を書面、および口頭の両方で説明し、書面による同意を得た。本実験の実施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)」の承認を得て行った。

C. 研究結果

表 1 に対象者の特徴を示した。男性が 42.9%、年齢(平均±標準偏差)は 28.5 ± 6.3 歳、BMI は $20.5 \pm 1.9 \text{kg/m}^2$ であった。加速度計の装着時間は、装着記録による評価では 15.3 ± 2.2 時間/日(範囲: 7.8-19.4 時間/日)であった。平均歩数はオムロン加速度計の記録で 9126 ± 4862 歩/日、スズケン加速度計の記録で 10076 ± 5134 歩/日であった。平均装着時間を基に、装着記録によって判定した装着時間と、加速度信号によって判定した装着時間を比較すると、両者が最も近いのは、オムロン加速度計で Method6(40min)と Method7(50min)、スズケン加速度計で Method6(40min)であった。

図 1 に、加速度計装着記録表から計算した装着時間の分布を示す。

表 2 に各種の方法で判定した加速度計装着時間の相関係数を、図 2 に散布図を示す。オムロン加速度計では Method7(50min)において

最も相関係数が高く、Pearson 相関係数 $r=0.932$ 、Spearman 相関係数 $r=0.909$ であった。オムロン加速度計では Method5(30min)から Method10(80min)あたりが相関係数の良好なゾーンだった。スズケン加速度計では、相関係数として Pearson 相関係数を用いた場合と Spearman 相関係数を用いた場合で、最も良好と考えられる方法が異なっていた。Pearson 相関係数を用いた場合は、Method8(60min)で $r=0.955$ と最も相関係数が高く、Spearman 相関係数を用いた場合は Method11(90min)、Method12(120min)で $r=0.924$ と最も相関係数が高かった。スズケン加速度計では Method5(30min)から Method12(120min)あたりが相関係数の良好なゾーンだった。

D. 考察

本研究の結果より、加速度計信号の分析によって加速度計の装着状態、非装着状態を判定する方法としては、50-60分間以上の無信号を「非装着状態」と定義することが最も相関係数の高い方法であることが示唆された。ただし、相関係数の値は Method5(30min)から Method10(80min)で、同程度の値を示していた。装着記録から判定した装着時間と加速度信号から判定した装着時間の差を考慮すると(この差については 40-50 分程度が最適値だった)、30-60 分間程度の無信号時間を非装着と定義することが最適である可能性が高い。この値は加速度計の種類によって若干異なる可能性があるが、今回使用したオムロン加速度計とスズケン加速度計では大きな違いはなかった。検討結果は対象者の行動パターン、体型等によっても異なってくる可能性が考えられるが、この程度の無信号時間(30-60分間程度)を判定のための基準として用いることはおおよそ妥当と考えられた。

著者らは、先行研究において 30 分間以上の無信号を非装着状態と定義した場合に妥当な装着時間の判定が行えることを報告している。また、これまでの研究では、この基準を用いて実施してきている¹⁰⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。この先行研究では 30 分間以外の基準を検討していなかったが、今回の研究では、5 分間、10 分間、15 分間、20 分間、30 分間、40 分間、50 分間、60 分間、70 分間、80 分間、90 分間、120 分間の 12 の基準を検討した。その結果、30-60 分間程度の無信号時間が最も妥当な基準であることが示された。

欧米では、60 分間以上加速度信号が 0 の状態 (1-2 分程度連続する弱い信号 : 0-100 カウント程度) を非装着と判定する方法が一般的になりつつあり、しかし、この基準は加速度計として主に、ActiGraph を用いた場合の基準である。日本で広く用いられている加速度計と ActiGraph では加速度信号の処理方法が大きく異なるので、このような欧米で実施されている方法の適応が可能かどうかは予想が難しかった。たとえば、スズケン社製ライフコーダでは、加速度信号は 0 から 9 までの 10 段階で出力されるが、ActiGraph の出力は物理量に近く、時間分解能も自由に設定することができる。加速度信号感知の閾値も異なっている。イメージしやすくするために例を示すと、ActiGraph の分析では、1 分単位でデータを収集した場合の活動強度の判定は、0-99 カウント: sedentary、100-499 カウント: inactive、500-2019 カウント: light intensity、2020 - 5999 カウント: Moderate intensity、6000 カウント: Vigorous intensity といった基準が活用されており、出力は連続変数に近い¹⁾²⁾。また、検出できる加速度の最低値は 50mg であるが、それに対して、ライフコーダは 60mg、オムロン加速度計の場合は 3mG であり、オムロン加速度計の場合、他の 2 機種と比べて、一桁

以上小さな加速度でも検出できる。これらのことから、日本の加速度計を用いた場合の非装着の判定プロトコールの検討が必要だった。

今回の検討によって、欧米の解析方針とはほぼ同等の基準で、装着時間が評価できることが明らかとなった。

本研究の限界点としては、研究対象者の装着コンプライアンスが良すぎたこと、があげられる。装着時間 (装着記録による評価) の平均は 15.3 時間/日であり、データ採用基準として一般的な 10 時間/日未満のデータ件数は 3 件 (4.8%) のみであった。本来、装着時間の判定はデータの採用・不採用の判定、すなわち、10 時間以上か未満かの判定に用いられることが多い。したがって、装着時間が 10 時間/日前後のデータが多く含まれていることが望ましかった。例えば、装着のコンプライアンスが不良な場合で機器の着脱が頻回になった場合には、無信号時間を長く取りすぎると、装着時間を過大評価してしまう可能性がある。加速度計をかばんに入れて持ち歩くなどの場合にも、ときどき鞆を移動することによって加速度信号が記録され装着時間に含まれてしまう (過大評価する) 可能性がある。装着時間が少ない者では、無信号時間を長く取りすぎることによる弊害も考えられ、この点も考慮して解析方法のスタンダードを決めていく必要がある。ただし、装着時間のもう一つの活用方法として、装着時間あたりの活動量を評価する方法が活用されており、装着コンプライアンスの良い対象者においても装着時間を正確に判定することは重要な課題である。

次に、結果の一般化の問題がある。本検討では日本で最も広く活用されている加速度計を用いたが、機種によって最適値が異なる可能性は否定できない。今後、他の機種においても同様な検討が実施されることが望ましい。これに関連して、本研究では 30-60 分間という最適

値のおおよその範囲を示すことができた。米国では60分間が一つの基準になりつつあるようだが、どのような機種を用いても、おおよそ、最適値の範囲が重複するようならば、統一的にその値を用いる方が分かりやすく、妥当なように思われる。どのような方法が最適かを考える場合に、機種の違いのみならず、装着者の行動パターンを考えなければならない。ここで後者の方が影響が大きい可能性もあるからであり、少ない研究に依存して機種に応じた細かな基準を決めることにはあまり意味がない、あるいは特殊な対象者を用いた研究成果を基に基準を作成してしまうと逆に妥当性が低くなってしまいう可能性すら考えられる。

本研究のような研究は、その重要性にもかかわらず、ほとんど実施されていない。今後、加速度計を用いた身体活動評価を実施する際の統一的なプロトコルを確立するにあたり重要な根拠になりうるものと考えられる。

E. 結論

加速度計の装着時間を、無信号時間から判定する方法を検討した。その結果、30-60分間以上無信号が継続する状態を非装着状態と定義して解析することが妥当であることが示唆された。装着・非装着の判定は、加速度計データを分析する際に必ず必要となるもので、本研究の結果は妥当性の高い評価法の開発に資するものと考えられた。

参考文献

1. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(1):181-8.
2. Tudor-Locke C, Johnson WD, Katzmarzyk PT. Accelerometer-determined steps per day in US adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1384-91.
3. McCormack G, Giles-Corti B, Milligan R. Demographic and individual correlates of achieving 10,000 steps/day: use of pedometers in a population-based study. *Health Promot J Austr*. 2006;17(1):43-7.
4. Dwyer T, Hosmer D, Hosmer T, Venn AJ, Blizzard CL, Granger RH, et al. The inverse relationship between number of steps per day and obesity in a population-based sample: the AusDiab study. *Int J Obes (Lond)*. 2007 May;31(5):797-804.
5. Craig CL, Cameron C, Griffiths JM, Tudor-Locke C. Descriptive epidemiology of youth pedometer-determined physical activity: CANPLAY. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(9):1639-43.
6. Hagstromer M, Troiano RP, Sjostrom M, Berrigan D. Levels and patterns of objectively assessed physical activity--a comparison between Sweden and the United States. *Am J Epidemiol*. 2010;171(10):1055-64
7. Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, Gienger AL, Lin N, Lewis R, et al. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *JAMA*. 2007; 298(19):2296-304.
8. Richardson CR, Newton TL, Abraham JJ, Sen A, Jimbo M, Swartz AM. A meta-analysis of pedometer-based walking interventions and weight loss. *Ann Fam Med*. 2008; 6(1):69-77.

9. Trost SG, McIver KL, Pate RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(11 Suppl):S531-43.
10. 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
11. 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*, 2010;31(3):370-374.
12. Ohkawara K, Oshima H, Hikihara Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, and Tanaka S: Real-time estimation of daily physical activity intensity by triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *Br J Nutr*, 2011 (Epub ahead of print).
13. 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*. 2004;91(2):235-243.
14. Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Kamada M, Okada S, Tudor-Locke C, and Shimomitsu T: Characteristics of Accelerometry Respondents to a Mail-Based Surveillance Study, *J Epidemiol*, 2010;20(6):446-452
15. Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Kenichi Suijo, Kamada M, Okada S, Tudor-Locke C, and Shimomitsu T: Socio-demographic determinants of pedometer-determined physical activity among Japanese adults, *Am J Prev Med*, (In press)
- F. 健康危険情報**
該当せず。
- G. 研究発表**
1. 論文発表
1. Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Ishii K, Kitabayashi M, Suijo K, Sallis JF, and Shimomitsu T: Association between Perceived Neighborhood Environment and Walking among Adults in 4 Cities in Japan, *J Epidemiol*, 2010;20(4):277-286
2. 石井香織、柴田愛、岡浩一朗、井上茂、下光輝一：日本人成人における健康増進に寄与する推奨身体活動の充足に関連する自宅近隣の環境要因, *日本健康教育学会誌*, 18 (2), 115-125, 2010
3. 石井香織、柴田愛、岡浩一朗、井上茂、下光輝一：日本人成人における活動的な通勤手段に関連する環境要因, *体力科学*, 2010;59:215-224
4. Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Kamada M, Okada S, Tudor-Locke C, and Shimomitsu T: Characteristics of Accelerometry Respondents to a Mail-Based Surveillance Study, *J Epidemiol*, 2010;20(6):446-452
5. 井上茂、下光輝一：生活習慣病と環境要因 - 身体活動に影響する環境要因とその整備, *医学のあゆみ*, 2011;236(1) :75-80
6. 井上茂、岡浩一朗、田中茂穂、他：身体活

動のトロント憲章日本語版:世界規模での行動の呼びかけ, 運動疫学研究, 2011, 13(1)12-29

7. Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Kenichi Suijo, Kamada M, Okada S, Tudor-Locke C, and Shimomitsu T: Socio-demographic determinants of pedometer-determined physical activity among Japanese adults, Am J Prev Med, (In press)
 8. Harada K, Oka K, Shibata A, Ishii K, Nakamura Y, Inoue S, Shimomitsu T: Strength Training Behavior and Perceived Environment among Japanese Older Adults, Journal of Aging and Physical Activity, (In press)
 9. Kamada M, Kitayuguchi J, Shiwaku K, Inoue S, Okada S, Mutoh Y: Differences in association of walking for recreation and for transport with maximum walking speed in an elderly Japanese community population. J Phys Act Health (In press)
 10. Inoue S, Ohya Y, Tudor-Locke C, Tanaka S, Yoshiike N, Shimomitsu T: Time trends for step-determined physical activity among Japanese adults, MSSE, 2011 (in press)
 11. Ohkawara K, Oshima H, Hikihara Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, and Tanaka S: Real-time estimation of daily physical activity intensity by triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. Br J Nutr, 2011 (Epub ahead of print).
2. 学会発表
1. Inoue S, Association between neighborhood environment and walking among adults from four cities in Japan, 3rd International Congress of Physical Activity and Public Health (シンポジウム)、2010、Washington
 2. Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Tanaka S, Tudor-Locke C, and Shimomitsu T, Demographic and lifestyle characteristics of respondents to a mail-based accelerometer surveillance study, 11th International Congress of Behavioral medicine (ポスター)、2010、Washington
 3. 井上茂, 出井惣太、久野暢之、鎌田真光、岡田真平、下光輝一、奈良公園における歩道設置・P&R 駐車場設置が来訪者の健康・身体活動量に及ぼす影響・都市交通と保健医療の協力事例として、第5回日本モビリティマネージメント会議(口演)、2010、福山
 4. 井上茂, 体力医学研究成果の社会還元の在り方、日本体力医学会(シンポジウム)、2010、千葉
 5. 赤木達規、井上茂、岡浩一朗、大谷由美子、小田切優子、高宮朋子、下光輝一、モビリティ・マネージメントによる身体活動推進の可能性、第65回日本体力医学会(口演)、2010、千葉
 6. 石井香織、柴田愛、岡浩一朗、井上茂、下光輝一、日本人成人における健康増進に寄与する推奨身体活動の充足に関連する自宅近隣の環境要因、第65回日本体力医学会(口演)、2010、千葉
 7. 井上茂、身体活動のトロント憲章～第3回国際身体活動・公衆衛生会議より～、第13回運動疫学研究学会学術集会(教育講演)、2010、千葉
 8. 井上茂、「身体活動・運動の推進による生

活習慣病予防：一次予防から三次予防まで」身体活動推進のための環境支援について、第65回日本体力医学会（市民公開講座）、2010、千葉

9. 井上茂、身体活動支援環境に関するエビデンスと具体的方策、第69回日本公衆衛生学会総会（シンポジウム）、2010、東京
10. 岡田真平、井上茂、鎌田真光、北湯口純、下光輝一、行政職員による健康づくり（身体活動・運動）支援環境の地域内評価、第69回日本公衆衛生学会総会（ポスター）、2010、東京
11. 北林蒔子、大谷由美子、高宮朋子、小田切

優子、井上茂、石橋弘子、下光輝一、消防吏員の生活習慣及び栄養摂取状況～一般事務職員との比較～、第69回日本公衆衛生学会総会（ポスター）、2010、東京

12. 赤木達規、井上茂、岡浩一朗、大谷由美子、小田切優子、高宮朋子、下光輝一、日常生活における外出頻度と身体活動量との関連、第17回日本行動医学会学術総会（口演）、2011、東京

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 ; 対象者の特徴

Gender, male, n(%)	9 (42.9)		
Age, years	28.5±6.3		
Height, cm	166.1±9.6		
Weight, kg	56.8±9.7		
BMI, kg/m ²	20.5±1.9		
Day of week, n(%)			
Sun	9 (14.3)		
Mon	9 (14.3)		
Tue	5 (7.9)		
Wed	8 (12.7)		
Thu	13 (20.6)		
Fri	11 (17.5)		
Sat	8 (12.7)		
Wearing Time, hours			
Log book	15.3±2.2		
OM_Method 1 (5 min)	13.9±2.5	SZ_Method 1 (5 min)	13.6±2.4
OM_Method 2 (10 min)	14.4±2.4	SZ_Method 2 (10 min)	14.2±2.4
OM_Method 3 (15 min)	14.6±2.3	SZ_Method 3 (15 min)	14.6±2.3
OM_Method 4 (20 min)	14.7±2.4	SZ_Method 4 (20 min)	14.8±2.3
OM_Method 5 (30 min)	15.0±2.4	SZ_Method 5 (30 min)	15.1±2.3
OM_Method 6 (40 min)	15.2±2.3	SZ_Method 6 (40 min)	15.3±2.3
OM_Method 7 (50 min)	15.4±2.3	SZ_Method 7 (50 min)	15.5±2.4
OM_Method 8 (60 min)	15.5±2.2	SZ_Method 8 (60 min)	15.5±2.4
OM_Method 9 (70 min)	15.6±2.2	SZ_Method 9 (70 min)	15.6±2.4
OM_Method 10 (80 min)	15.8±2.2	SZ_Method 10 (80 min)	15.6±2.4
OM_Method 11 (90 min)	15.9±2.1	SZ_Method 11 (90 min)	15.6±2.4
OM_Method 12 (120 min)	16.0±2.1	SZ_Method 12 (120 min)	15.6±2.4
Step counts (including sleep)			
OM_Steps/day	9126±4862	SZ_Steps/day	10076±5134

Values are means ± standard deviations. TEE: Total Energy Expenditure, EEE: Exercise Energy Expenditure, OM: Omron accelerometer, SZ: Suzuken accelerometer
Method 1-12: Non-wearing was defined as no acceleration signal for 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120 min.

図 1 : 装着時間の分布
(加速度計装着記録による)

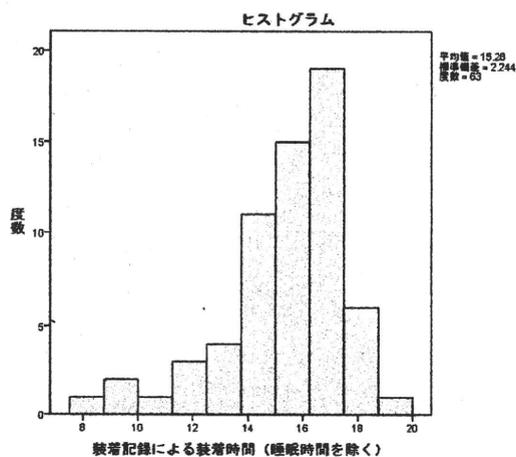


表 2 (その 1) : 様々な方法で判定した加速度計装着時間の相関係数 (上段 : Pearson、下段 : Spearman)

A. オムロン加速度計

	Method 1 (5 min)	Method 2 (10 min)	Method 3 (15 min)	Method 4 (20 min)	Method 5 (30 min)	Method 6 (40 min)	Method 7 (50 min)	Method 8 (60 min)	Method 9 (70 min)	Method 10 (80 min)	Method 11 (90 min)	Method 12 (120 min)	
Log book	1	.798**	.875**	.893**	.903**	.923**	.915**	.932**	.928**	.916**	.896**	.908**	
Method1 (5 min)	.711**	1	.964**	.941**	.919**	.891**	.862**	.834**	.800**	.772**	.777**	.768**	
Method2 (10 min)	.817**	.951**	1	.995**	.984**	.964**	.946**	.919**	.893**	.862**	.865**	.861**	
Method3 (15 min)	.847**	.912**	.987**	1	.994**	.978**	.965**	.942**	.917**	.887**	.890**	.885**	
Method4 (20 min)	.866**	.880**	.973**	.991**	1	.990**	.976**	.951**	.929**	.900**	.906**	.901**	
Method5 (30 min)	.903**	.853**	.950**	.970**	.985**	1	.986**	.967**	.948**	.924**	.925**	.923**	
Method6 (40 min)	.886**	.821**	.934**	.961**	.979**	.984**	1	.979**	.961**	.941**	.940**	.938**	
Method7 (50 min)	.909**	.785**	.894**	.929**	.948**	.962**	.967**	1	.980**	.957**	.951**	.946**	
Method8 (60 min)	.903**	.767**	.876**	.917**	.934**	.947**	.951**	.986**	1	.966**	.958**	.951**	
Method9 (70 min)	.895**	.742**	.857**	.897**	.916**	.931**	.935**	.970**	.982**	1	.969**	.960**	
Method10 (80 min)	.884**	.717**	.833**	.869**	.890**	.910**	.905**	.936**	.951**	.968**	1	.973**	
Method11 (90 min)	.873**	.719**	.835**	.872**	.894**	.910**	.907**	.932**	.946**	.962**	.993**	1	
Method12 (120 min)	.896**	.701**	.817**	.854**	.877**	.909**	.902**	.924**	.937**	.946**	.974**	.979**	1

Upper half: Pearson's correlation coefficients

Lower half: Spearman's correlation coefficients

All correlations were statistically significant ($p < 0.001$)

Method 1-12: Non-wearing was defined as no acceleration signal for 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120 min.

表2 (その2) : 様々な方法で判定した加速度計装着時間の相関係数 (上段 : Pearson、下段 : Spearman)

B. スズケン加速度計

Log book	Method 1 (5 min)	Method 2 (10 min)	Method 3 (15 min)	Method 4 (20 min)	Method 5 (30 min)	Method 6 (40 min)	Method 7 (50 min)	Method 8 (60 min)	Method 9 (70 min)	Method 10 (80 min)	Method 11 (90 min)	Method 12 (120 min)
Log book	1	.754**	.825**	.894**	.905**	.936**	.953**	.955**	.951**	.951**	.951**	.951**
Method1 (5 min)	.674**	1	.983**	.935**	.914**	.861**	.814**	.807**	.790**	.790**	.774**	.774**
Method2 (10 min)	.759**	.977**	1	.962**	.921**	.901**	.877**	.872**	.859**	.859**	.845**	.845**
Method3 (15 min)	.839**	.921**	.968**	1	.995**	.959**	.940**	.936**	.925**	.925**	.917**	.917**
Method4 (20 min)	.856**	.896**	.952**	.993**	1	.986**	.953**	.949**	.937**	.937**	.930**	.930**
Method5 (30 min)	.893**	.825**	.896**	.965**	.977**	1	.971**	.971**	.962**	.962**	.960**	.960**
Method6 (40 min)	.878**	.782**	.856**	.936**	.951**	.980**	.983**	.982**	.971**	.971**	.967**	.967**
Method7 (50 min)	.917**	.766**	.835**	.909**	.920**	.947**	1	.999**	.988**	.988**	.983**	.983**
Method8 (60 min)	.919**	.759**	.829**	.905**	.916**	.946**	.999**	1	.992**	.992**	.987**	.987**
Method9 (70 min)	.914**	.735**	.810**	.891**	.901**	.932**	.980**	.985**	1	1.000**	.995**	.995**
Method10 (80 min)	.914**	.735**	.810**	.891**	.901**	.932**	.980**	.985**	1.000**	1	.995**	.995**
Method11 (90 min)	.924**	.704**	.780**	.868**	.882**	.928**	.968**	.973**	.987**	.987**	1	1.000**
Method12 (120 min)	.924**	.704**	.780**	.868**	.882**	.928**	.968**	.973**	.987**	.987**	1.000**	1

Upper half: Pearson's correlation coefficients

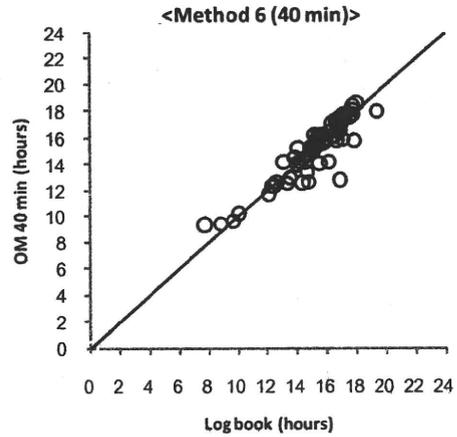
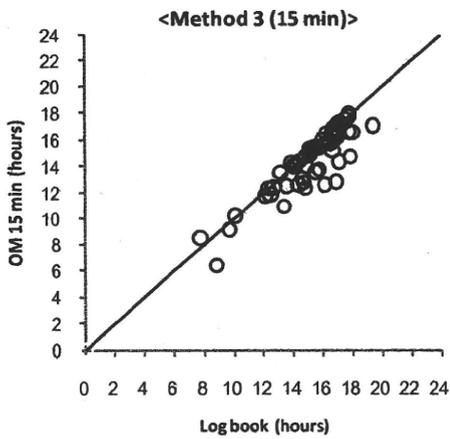
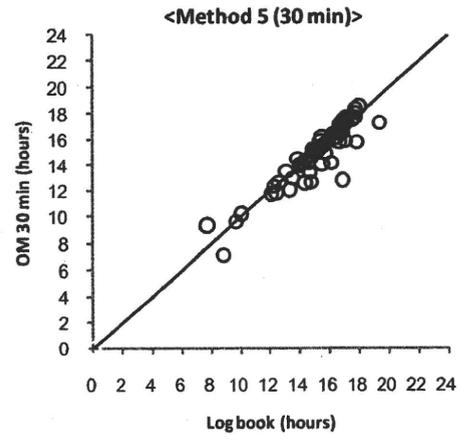
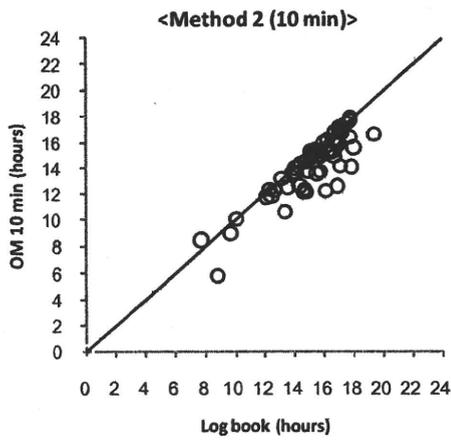
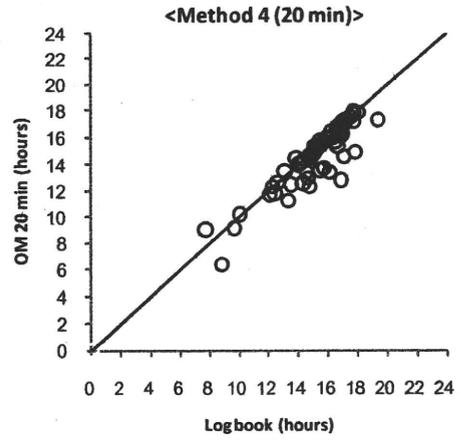
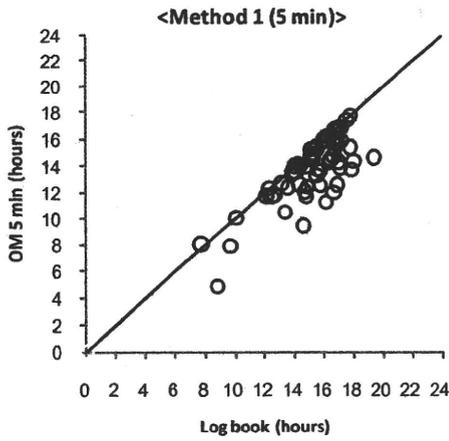
Lower half: Spearman's correlation coefficients

All correlations were statistically significant ($p < 0.001$)

Method 1-12: Non-wearing was defined as no acceleration signal for 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120 min.

図2：装着記録によって判定した装着時間と、加速度計によって判定した装着時間の散布図

A. オムロン加速度計



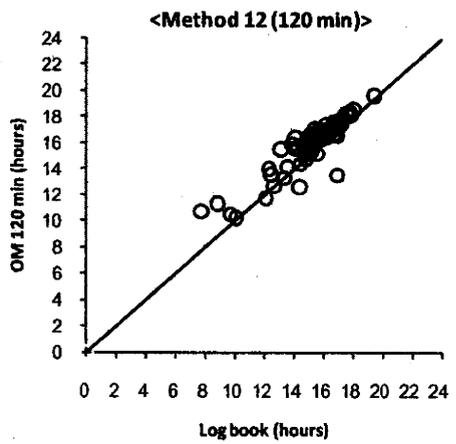
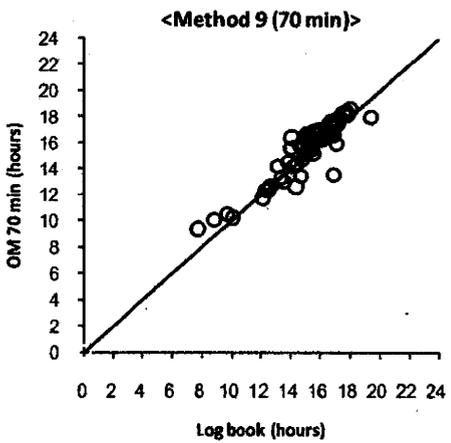
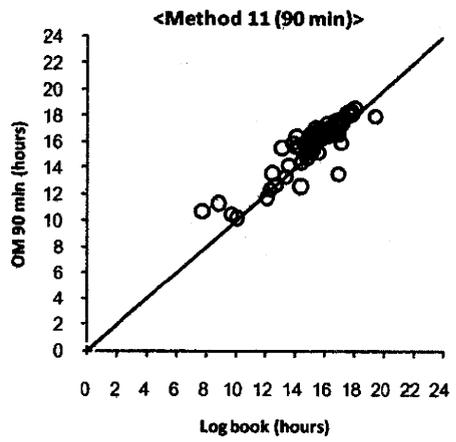
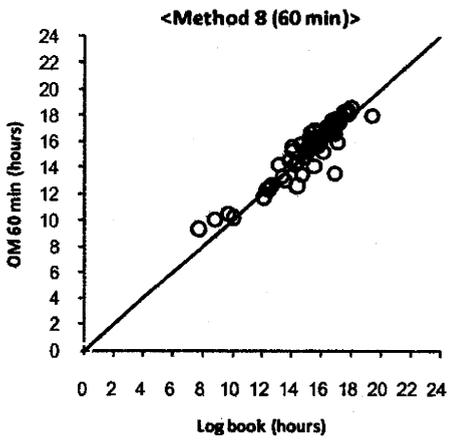
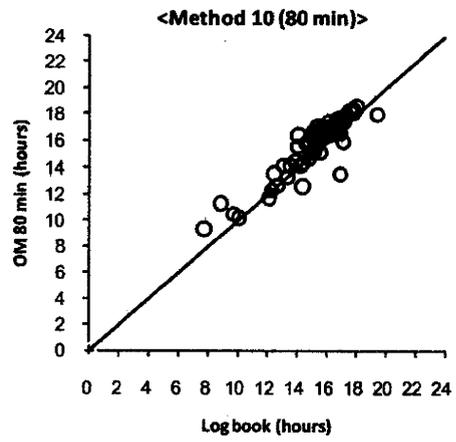
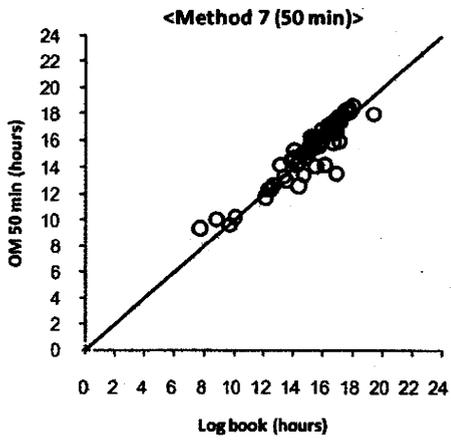


図2(その2)：装着記録によって判定した装着時間と、加速度計によって判定した装着時間の散布図

B. スズケン加速度計

