

が基準値より 5%以上高く、中学生および高校生女子では基準値と比べて実測値の方が 5%以上低い数値であったが、その他の群では実測値と基準値の差は±5%以内であった。

引用文献

- (1) 厚生労働省 (2004) 「日本人の食事摂取基準 (2005 年版)」
- (2) 厚生労働省 (2009) 「日本人の食事摂取基準 (2010 年版)」
- (3) Weir JBdV (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J. Physiol.* 109, 1-9.
- (4) 熊江隆, 伊藤千夏, 古泉佳代, 金子佳代子 (2009) 呼吸器モデルを用いた安静時代謝量測定におけるフード法の精度に関する検討. *体力・栄養・免疫学雑誌* 19(1), 32-41.
- (5) 長嶺晋吉 (1972) 皮下脂肪厚からの肥満の判定. *日本医師会雑誌*, 68, 919-924.
- (6) Brozek J., Grande F., Anderson J.T. and Keys A. (1963) Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140.

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

- 1) 伊藤千夏、金子佳代子、高田和子、古泉佳代、渡邊桜子、梅田有希子. 小・中・高校生の基礎代謝量、基礎代謝基準値の検討. 第 65 回 日本栄養・食糧学会、2011、東京

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1. 対象者の身体特性

(男子)

	年齢(y)	人数	身長	体重	BMI	体脂肪率(%)	除脂肪量(kg)
小学生	6-7	6	119.6±4.3	22.6±3.8	15.7±1.9	18.6±1.3 *	18.6±2.4
	8-9	11	131.0±5.7	28.0±5.1	16.3±2.4	17.0±5.2	23.0±3.3
	10-11	20	142.3±6.6	36.3±9.0	17.7±3.1 *	19.0±8.7	28.5±4.4
中学生		41	163.1±8.9 *	52.3±9.7 *	19.6±2.9 *	16.1±3.9 *	43.3±7.3 *
高校生		35	170.0±5.1 *	59.7±8.3 *	20.7±3.0	13.9±6.1 *	47.6±5.4 *

(女子)

	年齢(y)	人数	身長	体重	BMI	体脂肪率(%)	除脂肪量(kg)
小学生	6-7	7	121.4±2.6	23.7±2.7	16.0±1.7	16.4±0.3 *	20.0±1.6
	8-9	14	131.0±7.0	25.7±3.7	15.0±1.5	17.3±2.5	22.3±2.7
	10-11	12	144.8±7.6	32.8±6.9	15.5±2.1 *	19.0±4.2	27.8±4.4
中学生		39	156.5±5.5 *	44.0±5.3 *	18.0±1.9 *	18.7±4.2 *	35.0±2.9 *
高校生		36	157.9±5.9 *	51.2±6.7 *	20.5±2.1	25.1±5.9 *	37.8±3.6 *

* 男女間に有意差有り (p<0.05)

表 2. 一日当り基礎代謝量、体重 1 kg 当り基礎代謝量、除脂肪量(FFM)1 kg 当り基礎代謝量

	年齢(y)	男子			女子		
		一日当り 基礎代謝量 (kcal/day)	体重 1 kg 当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)	FFM 1 kg 当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)	一日当り 基礎代謝量 (kcal/day)	体重 1 kg 当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)	FFM 1 kg 当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)
小 学 生	6-7	1043±102	46.6±3.9	57.3±5.3	1025±68	43.7±5.5	52.3±6.4
	8-9	1229±167	44.2±3.4	53.3±3.1	1122±132	43.9±3.8	53.1±3.9
	10-11	1296±184	36.6±5.0	45.3±4.2	1182±115	37.1±6.0	45.7±6.5
中学生		1539±207 *	29.5±2.5 *	35.5±2.6 *	1203±99 *	27.3±3.3 *	34.0±2.9 *
高校生		1546±196 *	26.1±3.0 *	30.3±3.1 *	1214±136 *	23.9±2.6 *	32.1±3.0 *

* 男女間に有意差有り (p<0.05)

表 3. 基礎代謝量基準値より算出した「一日当り基礎代謝量（推定値）と実測値の比較

性別	学校	年齢(y)	一日当り	一日当り	推定値／実測 値とのちがい	体重 1 kg 当り	体重 1 kg 当り	推定値／実測 値とのちがい
			基礎代謝量：実測値 (kcal/day)	基礎代謝量：推定値 (kcal/day)		基礎代謝量：実測値 (kcal/kg/day)	基礎代謝量：推定値 (kcal/kg/day)	
男	小学生	6-7	1043±102	1020	-6.0	46.6±3.9	44.3	-4.9
		8-9	1229±167	1140	-8.9	44.2±3.4	40.8	-7.7
		10-11	1296±184	1330	2.6	36.6±5.0	37.4	2.2
	中学生	12-14	1539±207	1550	-3.2	29.5±2.5	31.0	5.1
	高校生	15-17	1546±196	1570	2.2	26.1±3.0	27.0	3.4
女	小学生	6-7	1025±68	910	-10.2	43.7±5.5	41.9	-4.1
		8-9	1122±132	1040	-7.3	43.9±3.8	38.3	-12.8
		10-11	1182±115	1240	1.5	37.1±6.0	34.8	-6.2
	中学生	12-14	1203±99	1350	13.1	27.3±3.3	29.6	8.4
	高校生	15-17	1214±136	1270	5.4	23.9±2.6	25.3	5.9

推定値／実測値とのちがい = (推定値 - 実測値) / 実測値 (%)

図1. 体重1 kgあたりの基礎代謝量の分布

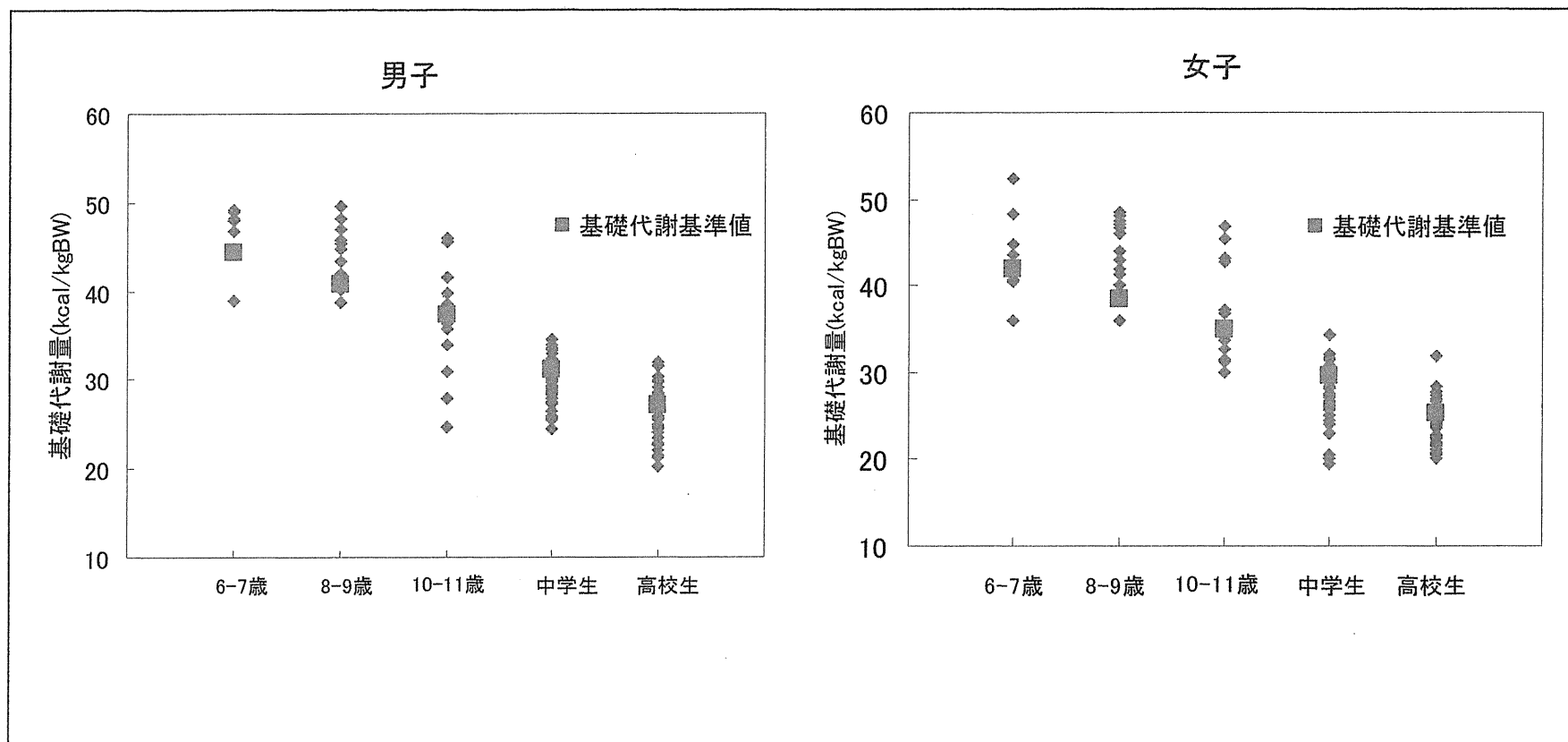
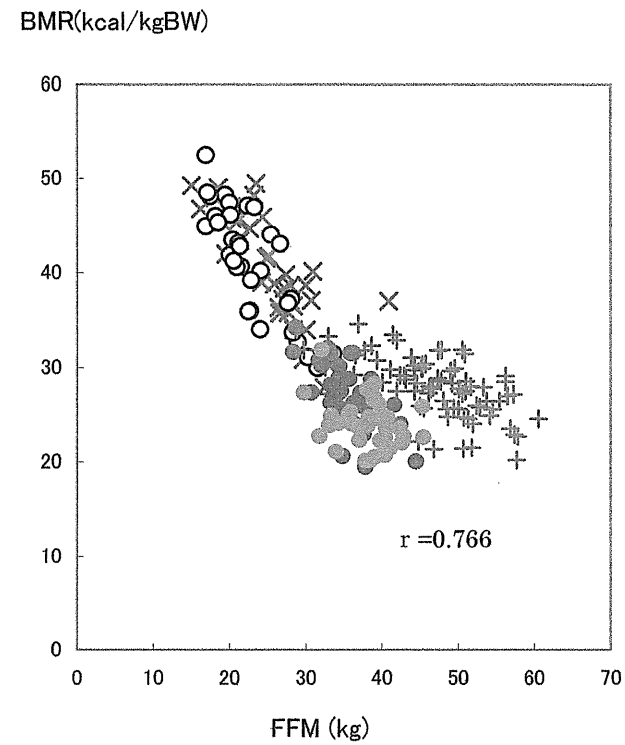
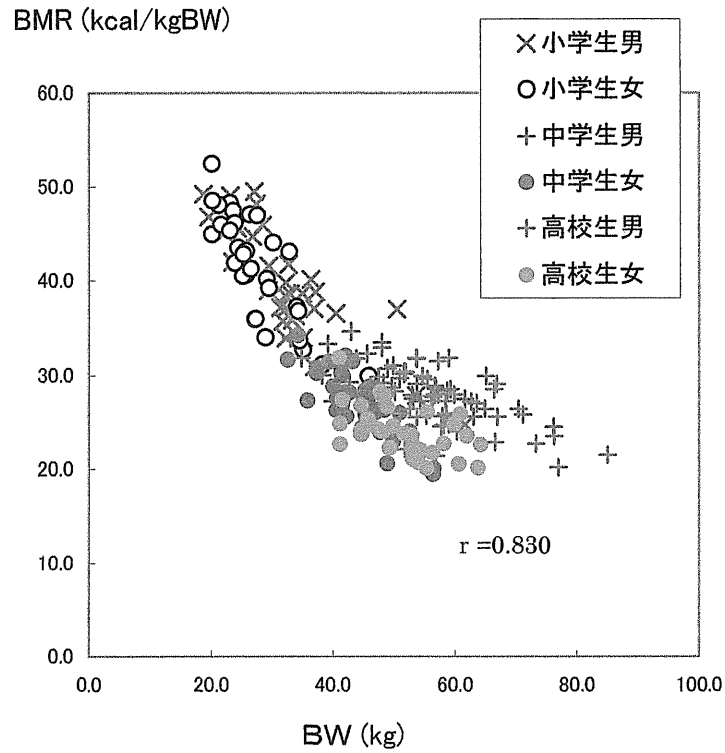


図2. 体重1kgあたりの基礎代謝量と体重、FFMとの関連



3次元加速度計による中学生の総エネルギー消費量の妥当性 —子ども式と成人式による比較検討—

研究分担者	引原 有輝	千葉工業大学 工学部 体育教室 准教授
研究代表者	田中 茂穂	(独)国立健康・栄養研究所 健康増進研究部 エネルギー代謝研究室 室長
共同研究者	渡邊 将司	茨城大学 教育学部 保健体育教室 准教授
研究協力者	高田 和子	(独)国立健康・栄養研究所 栄養教育研究部 栄養ケア・マネジメント研究室 室長
研究協力者	中江 悟司	(独)国立健康・栄養研究所 健康増進研究部 エネルギー代謝研究室 特別研究員

本研究は、加速度計 (AC) を用いた既存の 2 つの推定式 (子ども式と成人式) を用いて評価した中学生の総エネルギー消費量 (TEE) の妥当性について、二重標識水 (DLW) 法を用いて検証することを目的とした。また、対象校には首都圏郊外の中学校を選定し、すでに調査済みの首都圏内 (横浜市) の中学生との地域差を比較検討するための基礎データを収集することも目的にした。対象者は、茨城県水戸市にある中学校に通う中学 1 年生および 2 年生、男女 40 名 (男子 20 名、女子 19 名) であった。対象者の TEE ならびに基礎代謝量 (BMR) の測定には、それぞれ DLW 法とダグラスバッグ法を用いた。TEE の測定期間は 8 日間とし、その同一期間に 3 次元加速度センサを内蔵した AC を腰部に装着させ、子ども式と成人式を用いて TEE を推定した。DLW 法により求められた TEE_{dlw} の平均値は、2513 ± 394 kcal/d (男子: 2692 ± 368 kcal/d、女子: 2314 ± 327 kcal/d) であった。一方、PAL_{dlw} の平均値は 1.77 ± 0.16 (男子: 1.75 ± 0.17、女子: 1.79 ± 0.16) であった。AC から得られた TEE_{child} (子ども式) ならびに TEE_{adult} (成人式) は、それぞれ 2342 ± 260 kcal/d (男子: 2460 ± 258 kcal/d、女子: 2210 ± 194 kcal/d)、2575 ± 324 kcal/d (男子: 2773 ± 305 kcal/d、女子: 2398 ± 250 kcal/d) であった。TEE_{dlw} と TEE_{child} ならびに TEE_{adult} との間に統計的な有意差が認められたものの、両者ともに TEE_{dlw} との間に強固な相関関係が認められた。また、発育段階の指標となる身長と TEE_{dlw} との差異との関係から、成人式を用いた場合の方が中学生の TEE の代表値を把握できる可能性の高いことが考えられた。本研究の対象者の PAL_{dlw} は 1.77 ± 0.16 であり、ほぼ成人の標準値であることがわかったが、横浜市の中学生の PAL と比較するとわずかに低値を示した。今後の課題として、中学生の PAL の多寡に關与する要因 (学校や地域の環境、通学時間、運動時間等) について明らかにするための解析を進める必要がある。

A. 研究目的

我々は、一昨年度から昨年度にかけて、3次元加速度計を用いた児童の身体活動量の評価法を提案し、さらに二重標識水 (Doubly labeled water: DLW) 法を妥当基準として、Free-living 条件下での総エネルギー消費量 (Total energy expenditure: TEE) の評価妥当性について検討してきた。これまでの研究成果は、以下の2点に要約できる。第一に、3次元加速度計 (AC) により得られる合成加速度から、児童 (年齢: 10±2 歳) の METs を推定する際に、成人で得られた推定式を用いると過大評価されることが明らかとなったため、子ども独自の推定式を開発する必要性のあることである (Hikihara et al., under review)。第二として、新たに提案した子どもの評価法による TEE は、DLW 法による TEE と比較しても統計的な有意差がなく、両測定法の TEE は強固な相関関係 ($r=0.83$, $P<0.01$) にあることが認められた。すなわち、この評価法で得られた TEE は集団の代表値としてだけでなく、より個人レベルにおいても有効な指標となる可能性が示唆されたことである。

ところで、本研究課題 (エネルギー必要量推定法に関する基盤的研究: H21-循環器等 (生習)- 一般-007) の主たる目的の1つに、2015年度版の食事摂取基準の改定に向けて、日本人の子ども (中学生を含む) の TEE ならびに身体活動レベル (Physical activity level: PAL) を明らかにすること、ならびにそれらの推定法を再検討することが含まれている。2010年度版の食事摂取基準では、小児における PAL が、主に海外文献をレビューした結果に基づいていることに加え、12歳から14歳の中学生を対象とした研究例数の少ないことが課題となっている。特に、中学生は身長や骨格筋等の機能

形態が著しく発達する思春期スパートと呼ばれる時期にあるだけでなく、小学校期と比べると通学時間、学習時間、部活動等による運動時間等のライフスタイルにおいても変化が大きい時期にある。したがって、これまでの日本人の児童や成人における TEE や PAL を中学生の代表値として用いることは適当でないため、新たに中学生の TEE や PAL の提示、ならびにそれらの推定法を検討することは、重要であると考えられる。AC を用いて児童のエネルギー消費量を推定する際には、子ども独自の推定式が必要であることは先に述べたとおりであるが、中学生の場合においては子ども式を用いるべきか否か、あるいは新たな推定式が必要となるか等については、これまで十分な検討ができていない。

そこで本研究は、AC を用いた既存の2つの推定式 (子ども式と成人式) を用いて評価した中学生の TEE の妥当性について、DLW 法を用いて検証することを目的とした。また、研究分担者の金子と古泉が、首都圏内 (横浜市) の中学生の TEE と PAL をすでに報告している (平成 21 年度報告書) ため、本研究の対象校は首都圏郊外の中学校を選定し、地域差を比較するための基礎データを収集することも目的に加えた。

B. 研究方法

1. 対象者

対象者は、茨城県水戸市にある中学校に通う中学1年生および2年生、男女39名 (男子20名、女子19名) であった。また、日常生活を送る上で支障がなく、エネルギー代謝等に影響する疾患のない健康な子どもであった。

2. 実験手順

対象者には、実験室に早朝空腹条件下で入室してもらった。初めに、身体計測を実施した後、ベースラインとなる尿を採取した。さらに、体重により規定された量の DLW を経口投与した。その後、30 分間の仰臥位安静状態をとらせてから、10 分間の基礎代謝量を 2 回測定した。対象者は中学校の協力のもと 8 日間にわたり、登校後すぐに教室にて 7 回の採尿を行った。採取したすべての尿サンプルは、その場で回収された。また、対象者には採尿期間と同一期間において 3 次元 AC を常時装着させた。入浴や水泳、睡眠以外を除き、可能な限り装着するように指示した。やむなく装着できなかった場合には、所定の記録用紙に脱着時刻ならびに活動内容を記録するように指示した。これらの記録用紙は、登校後の採尿時に記録漏れ等がないかを確認した上で回収した。

3. 二重標識水法

対象者に体重の 60% と仮定した体水分量 (Total body water: TBW) 1kg あたり、0.13g の重水 (およそ 99.9atom%) と 2.5g の 18 酸素水 (およそ 10.0atom%) を混合して作られた DLW を経口投与した。また、ベースライン尿、第 1 日目、2 日目、3 日目、5 日目、7 日目、8 日目および 9 日目の計 8 回の尿 (1 回あたり 20ml) を所定の採尿瓶に採取させた。ベースライン尿は実験室に入室した際に採取し、残りの 7 回は登校後すぐに採尿し、教室にて回収した。また、登校前に自宅で完全排尿するように指示した。登校後の採尿時刻については検者が確認した上で記録した。採取したすべての尿の同位体濃度は、(独) 国立健康・栄養研究所の同位体比質量分析計によって測定された。得られた各サンプルの同位体濃度の減少率

から所定の算出式 (Ishikawa-Takata et al., 2008) を介して測定期間中の 1 日あたりの TEE を算出した。また、DLW 法により算出した TEE は、TEE_dlw として表記した。

4. 加速度計 (AC) 法

測定可能範囲が $\pm 6G$ で、加速度分解能が 3 mG である 3 次元加速度センサを内蔵した AC (サイズ: W80mm×D20mm×H50mm、重さ (バッテリー含む): 60.7g) を測定期間中、常時装着させた。この AC は、32Hz で鉛直、前後、左右の加速度を検知でき、重力加速度を取り除くためにハイパスフィルター処理した後、3 軸の合成加速度を算出することが可能である。また、歩行走行活動か歩行走行以外の活動であるかを判別した後、歩行走行式あるいは歩行走行以外の式を用いて 10 秒ごとの平均合成加速度 (mG) から METs (メッツ) を求めることができる (平成 21 年度報告書参照)。そこで、我々は、身長、体重から算出した体表面積 (m^2) あたりの基礎代謝基準値 ($kcal/m^2/hr$) から推定基礎代謝量を求め、それを 1.1 倍した値 (座位安静時代謝量) に、推定式を介して得られた METs と時間 (分) を乗じた。さらに、それに食事誘発性体熱産生分を加えて TEE を求めた。

また、本研究で使用した AC は成人式を内蔵したモデルを利用したため、子ども式を適用する場合、以下に示す成人の METs を子どもの METs へ変換するための式を用いて換算したのち、上述の算出方法で TEE を求めた。

$$1) \text{歩行走行活動: } Y = 0.6237 \times X + 0.2411$$

$$2) \text{歩行以外の活動: } Y = 0.6145 \times X + 0.5573$$

ただし、X は成人の METs、Y は子どもの METs とする。なお、子ども式から求めた TEE は、TEE_child とし、成人式から求めた TEE は TEE_adult とし、それぞれを区別して表記し

た。

5. 基礎代謝量(Basal metabolic rate:BMR)

対象者に仰臥位での安静状態を30分間保持させた後、ダグラスバッグを用いて10分間の呼気を2回採取した。採取した呼気の酸素濃度および二酸化炭素濃度をガス濃度分析計(AR-1, Arco System Inc., Chiba, Japan)により測定した。また、呼気量を乾式ガスメータ(DC-5, SHINAGAWA Co., Ltd., Tokyo, Japan)により測定した。測定値は2回の平均値とし、Weir(1949)の式を用いてBMRを算出した。

6. 身体活動レベル(Physical activity level: PAL)

PALは年齢、性別、体組成を補正して身体活動の程度を評価するための国際的な指標の1つである。本研究では、DLW法により求めたTEE_{dlw}をBMRで除してPALを求め、PAL_{dlw}と表記した。また、TEE_{child}ならびにTEE_{adult}を推定基礎代謝量で除して求めた値を、それぞれPAL_{child}、PAL_{adult}として表記した。

7. データ処理

ACにより推定されたTEEを採用する条件として、以下の4つの項目を設定した。

- ① 午前8時から午後6時までの12時間において合計2時間以上の取り外し(加速度信号ゼロ)がない日のデータを採用する。
- ② 仮に条件①を満たしていた場合でも、午前8時から午後6時までの10時間においてデータ上で60分以上連続して加速度信号がみられなかった場合、そのデータは不採用とする。

- ③ 1日装着時間合計が平日600分以上、休日480以上であることとする。

- ④ 上記の条件を満たす日が、少なくとも平日2日、休日1日ある者を採用する。

一方、DLW法においては、規定の採尿が十分にできなかった者や採尿時刻が正確に記録されていない者、採尿日時と採尿瓶の日付に間違いが生じたサンプルを提出した者は、本実験データから削除した。

8. 倫理面への配慮

対象者ならびに保護者には、実験の目的、利益、不利益、危険性およびデータの管理や公表について、事前に十分な説明を行い、同意を得た上で測定を開始した。なお、この研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所「研究倫理審査委員会－疫学研究部会」の承認を得て実施した。

C. 研究結果

データ採用条件に従ってデータをクリーニングした結果、条件を満たさない対象者としてID01(男子)、ID09(女子)が該当した。また、ID23(女子)は、計測値間の回帰分析において外れ値(マハラノビス距離)と判断された。したがって、計3名を解析対象から除外し、男子19名、女子17名の計36名をデータ解析の対象とした。本実験においてデータ解析対象となった対象者の身体的特徴をTable 1に示した。

DLW法により求められた対象者のTEE_{dlw}は、 2513 ± 394 kcal/d(男子: 2692 ± 368 kcal/d、女子: 2314 ± 327 kcal/d)であった。一方、対象者のPAL_{dlw}は 1.77 ± 0.16 (男子: 1.75 ± 0.17 、女子: 1.79 ± 0.16)であった(Table 2)。

また、ACから得られたTEE_{child}ならびに

TEE_adult は、それぞれ 2342 ± 260 kcal/d (男子: 2460 ± 258 kcal/d、女子: 2210 ± 194 kcal/d)、 2575 ± 324 kcal/d (男子: 2773 ± 305 kcal/d、女子: 2398 ± 250 kcal/d)であった。一方、PAL_child ならびに PAL_adult は、それぞれ 1.51 ± 0.09 (男子: 1.53 ± 0.10 、女子: 1.48 ± 0.08)、 1.82 ± 0.15 (男子: 1.88 ± 0.15 、女子: 1.76 ± 0.13)であった (Table 2)。

3 つ評価法から求めた TEE 間の差異について検討した結果、TEE_child ならびに TEE_adult は、TEE_dlw との間に有意差が認められた。ただし、男女別の検討では、男子の TEE_adult は有意差が認められなかった。一方、PAL 間の差異についても、PAL_child ならびに PAL_adult ともに、PAL_dlw との間に有意差が認められた。(Table 2)。男女別の検討では、女子の PAL_adult は有意差が認められなかった。

TEE_dlw と TEE_child ならびに TEE_adult との相関関係を検討した結果、相関係数がそれぞれ 0.94 (TEE_child)、 0.93 (TEE_adult)を示し、有意性が認められた (Figure 1)。また、一般線形モデルより得られた回帰直線に対する推定値の標準誤差 (Standard error of estimate : SEE) は、それぞれ 135 kcal/d (TEE_child) 142 kcal/d (TEE_adult)であった (Figure 1)。

PAL_dlw と PAL_child ならびに PAL_adult との相関関係を検討した結果、相関係数がそれぞれ 0.57 (PAL_child)、 0.56 (PAL_adult)を示し、有意性が認められた (Figure 2)。また、SEE は、それぞれ 0.13 (TEE_child)、 0.14 (TEE_adult)であった (Figure 2)。

TEE_dlw と TEE_child ならびに TEE_adult との差 (誤差の平均値) は、それぞれ -171 ± 173 kcal/d ($-6.0 \pm 6.3\%$)、 61 ± 147 kcal/day

($3.1 \pm 6.2\%$)であった。また、信頼限界幅 ($\pm 2SD$) は、それぞれ 354 kcal/d から -232 kcal/d、 175 kcal/d から -518 kcal/d であった (Figure 3)。

身長と TEE_dlw に対する TEE_child ならびに TEE_adult の差異との相関関係を検討した結果、相関係数が共に -0.50 (TEE_child)、 -0.50 (TEE_adult)を示し、有意性が認められた (Figure 4)。

AC の成人式により求められた歩行走行の活動時の EE と歩行走行以外の活動時の EE は、それぞれ 355 ± 143 kcal/d、 568 ± 94 kcal/d であった (Table 2)。また、TEE_adult と成人式から求めた歩行走行時の EE ならびに歩行走行以外の活動時の EE との関係を検討した結果、相関係数が、それぞれ 0.75 (歩行走行)、 0.74 (歩行走行以外)を示し有意性が認められた (Figure 5)。

D. 考察

本研究では、TEE_dlw と TEE_child ならびに TEE_adult との間に有意差が認められたが、その差異は記録法や他の従来の AC と比較すると小さい。さらに、相関分析の結果ならびに SEE の結果から、より個人レベルで推定できる可能性も考えられる。子ども式と成人式を比較すると、どちらの式を用いた場合でも両者ともに良好な結果が得られたが、以下に示す観点から中学生の TEE 評価には成人式を用いる方が適当ではないかと考えている。まず、我々が一昨年度に提案した評価法の対象者は、平均年齢、平均身長ならびに平均体重が、それぞれ 10 ± 2 歳、 138.2 ± 12.3 cm、 32.3 ± 9.5 kg であり、本研究の対象者 (Table 1) とは体格的に大きな差がある。これまで研究成果にて、児童の EE 算出に成人式を用いると EE が過大評

価されることを示してきた。逆に言うと、成人の EE 算出に子ども式を用いると過小評価が起きることを意味する。今回の結果では、TEE_dlw との間に有意差が認められたものの、TEE_child の-6%の過小評価が認められている一方で、TEE_adult は3%過大評価しただけに留まった。また、男女別の検討では、男子では TEE_adult は有意差が認められていない。さらに、発育段階の指標となる身長と TEE_dlw に対する各差異との関係を示した Figure 4 をみると、子ども式では過大評価した者はわずか4名で、その他は身長の伸びに伴い過小評価の程度が大きくなる。しかもそれは、最大で-518kcal の過小評価に達している(Figure 3)。一方、成人式では、過大評価される者(26名)と過小評価(10名)される者が混在していた。また、回帰直線と平均値誤差ゼロ(0)の線との交点が162 cmを示しており、これは全国の中学2年生の平均身長160 cm(男女ともに)に近似する(Figure 4)。これらのことは、子ども式を用いることで、ある個人(例えば、思春期段階が初期レベルにあり、年齢別平均身長より低いような子ども)の TEE を適切に評価できる場合もあるものの、成人式を用いた場合の方が中学生の TEE の代表値をより正確に把握できる可能性を示しているものと思われる。

一方、PAL の推定精度については、これまでの報告同様に、TEE の推定精度と比較して低かった。特に PAL_dlw と PAL_child ならびに PAL_adult との間の相関係数が低くなる。一方、3 つ評価法による平均値間の差異については、PAL_adult と PAL_dlw との間に有意差が認められたものの、男女別では、女子の PAL_adult は有意差が認められなかった。この結果も加味すると、やはり中学生には成人式を用いた評価が望ましいと考えられよう。

ところで、TEE の評価精度を検証する上では、機器の脱着時間が大きな影響を及ぼすが、本研究における対象者の平均装着時間(加速度信号ありの時間)は830分であり、装着のコンプライアンスは高いと判断できる。また、対象者の平均睡眠時間がおよそ7時間30分であったため、合計1290分は適切に評価され得るデータと考えて良い。一方、残り150分間は、おそらく入浴と着替えの時間や、装着しているにも関わらず、座位、仰臥位の Sedentary な活動によって加速度信号の反応がなかった時間なども含まれていると推察される。したがって、上述した結果ならびにその解釈においては、装着時間の影響は極めて小さいものと考えられる。

さて、我々が提案する評価法の特徴は、歩行・走行活動とそれ以外の活動を判別し、それぞれの推定式から EE を評価する点である。昨年度の研究課題でも検討したように、TEE_dlw と成人式から求めた歩行・走行時の EE ならびにそれ以外の活動時の EE との関係性を調べた。その結果、歩行・走行時の EE ならびにそれ以外の活動時の EE とともに、それぞれ有意な相関関係が認められた(Figure 5)。このことは、中学生の TEE の評価においても、歩行・走行以外の活動も適切に評価することの重要性を示しているものと考えられる。

最後に、本研究の対象者の PAL_dlw は 1.77 ± 0.16 であり、成人の PAL 標準値に近似していることがわかった。金子と古泉(平成21年度報告書)が報告した横浜市にある中学校の子どもの PAL と比較すると、わずかに低値を示している。そこで今後の課題として、両者のデータ含めて、生活習慣アンケートのデータと照らし合わせた上で、中学生の PAL の多寡に関する要因(学校や地域の環境、通学時間、運

動時間等)について明らかにするための解析を進める必要がある。

E. 結論

本研究は、中学生を対象として我々が提案してきた既存の2つの推定式(子ども式と成人式)を用いて評価した TEE の妥当性について検討した。その結果、各推定式により求められた TEE_child と TEE_adult は、TEE_dlw との間に有意差が認められた。ただし、TEE_adult についてはわずかに 3% の過大評価に留まった。また、TEE_dlw と TEE_child ならびに TEE_adult との間には強固な相関関係が認められ、より個人レベルでの TEE の推定が可能となることが示唆された。

2 つの推定式の妥当性を比較検討した結果、中学生の TEE 評価には成人式を用いる方が適当であると考えられた。

F. 健康危険情報

該当せず

G. 研究発表

1. 論文発表

Hikihara Y, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Validation and comparison of three accelerometers for measurement of physical activity intensity during nonlocomotive activity and locomotive movement J Phys Act Health. 2011 [Epub ahead of print]

2. 学会発表

引原有輝 「スポーツ科学・健康医科学分野における二重標識水法の活用－国内外の研究事例の紹介－」、ワークショップ 1、ヒトを対象と

した身体活動量・エネルギー消費量に関する最新研究を求めて－ブレスバイブレス法、ヒューマンカロリメータ、二重標識水法、加速度計で何ができるか？－、第 66 回日本体力医学会、2011、山口

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

Table 1 Physical characteristic of the participants

		Whole (36)	Boys (19)	Girls (17)
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Age	(yrs)	13 ± 1	13 ± 1	13 ± 1
Height	(cm)	156.8 ± 6.5	157.3 ± 8.3	156.1 ± 3.7
Weight	(kg)	46.6 ± 7.2	47.4 ± 8.4	45.6 ± 5.8
% body fat	(%)	19.1 ± 6.5	16.5 ± 7.0	22.0 ± 4.0
BMI	(kg/m ²)	18.9 ± 2.2	19.1 ± 2.5	18.7 ± 1.9

BMI; body mass index

Table 2 Energy metabolism data measured by DLW method and physical activity data estimated by accelerometer

		Whole (36)	Boys (19)	Girls (17)
		Mean \pm SD	Mean \pm SD	Mean \pm SD
TEE_dlw	(kcal)	2513 \pm 394	2692 \pm 368	2314 \pm 327
TEE_child	(kcal)	2342 \pm 260	2460 \pm 258	2210 \pm 194
TEE_adult	(kcal)	2575 \pm 324	2773 \pm 305	2398 \pm 250
PAL_dlw	(TEE/BMR)	1.77 \pm 0.16	1.75 \pm 0.17	1.79 \pm 0.16
PAL_child	(TEE/BMR)	1.51 \pm 0.09	1.53 \pm 0.10	1.48 \pm 0.08
PAL_adult	(TEE/BMR)	1.82 \pm 0.15	1.88 \pm 0.15	1.76 \pm 0.13
BMR measured	(kcal)	1423 \pm 208	1543 \pm 205	1289 \pm 104
BMR predicted	(kcal)	1412 \pm 130	1460 \pm 147	1389 \pm 84
Locomotive EE	(kcal)	355 \pm 143	412 \pm 135	292 \pm 127
Nonlocomotive EE	(kcal)	568 \pm 94	611 \pm 89	521 \pm 78

TEE; total energy expenditure, PAL; physical activity level, BMR; basal metabolic rate, EE; energy expenditure

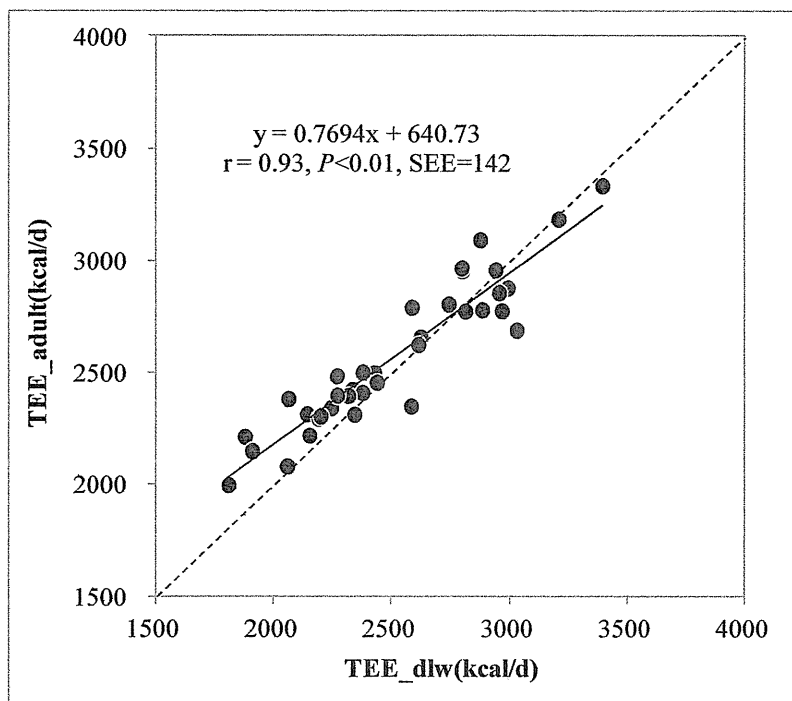
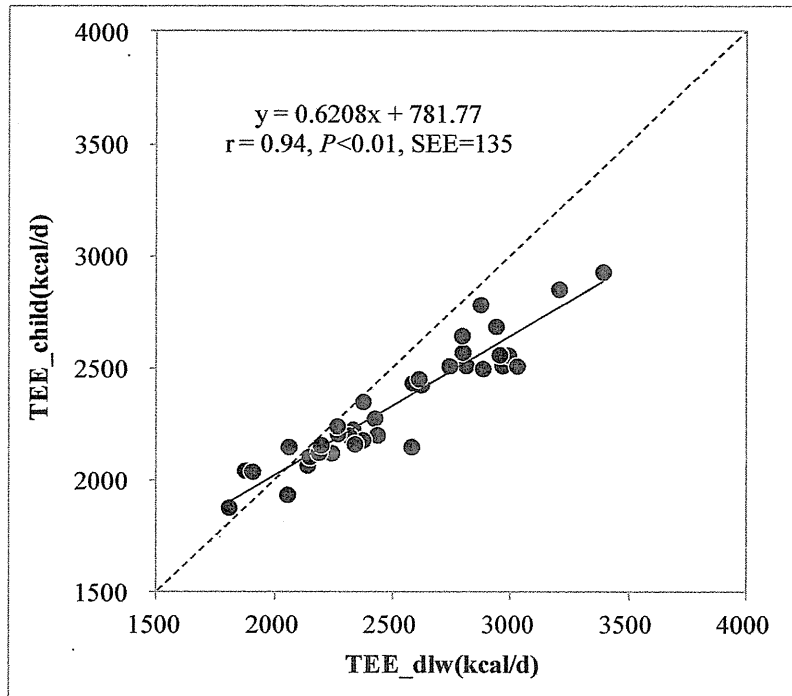


Figure 1 Relationships between TEE by DLW method and TEEs predicted using an accelerometer with equations for children or adults.

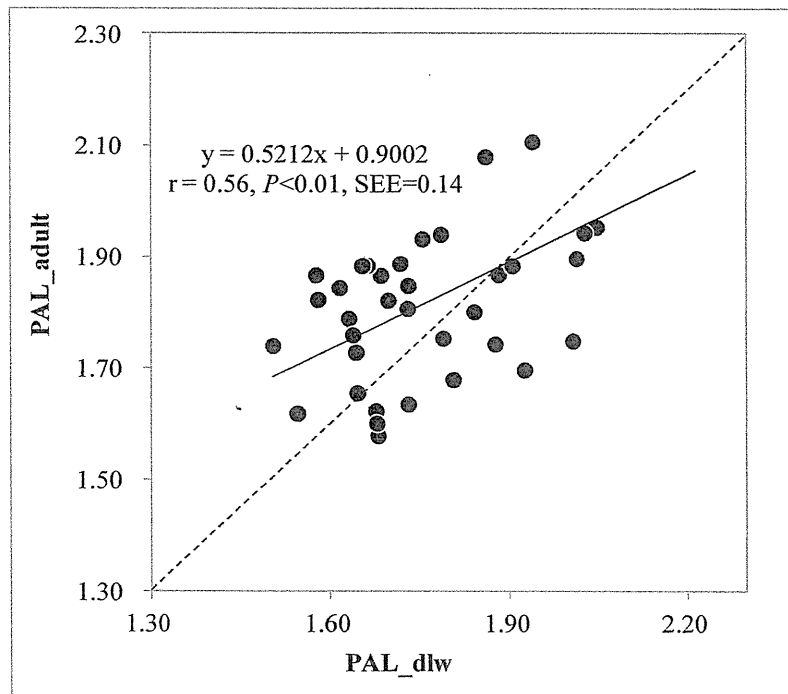
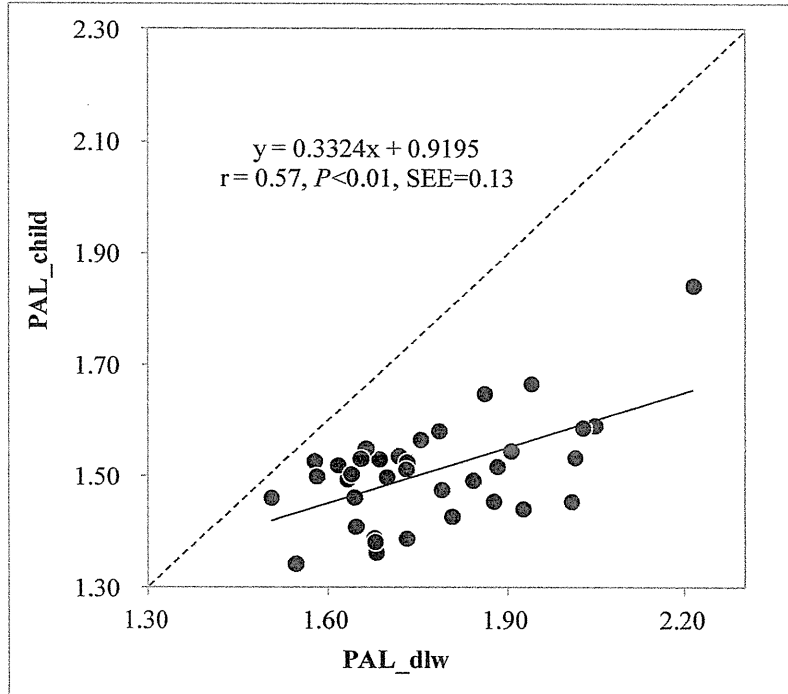


Figure 2 Relationships between PAL calculated by DLW method and PALs predicted using an accelerometer with equations for children or adults.

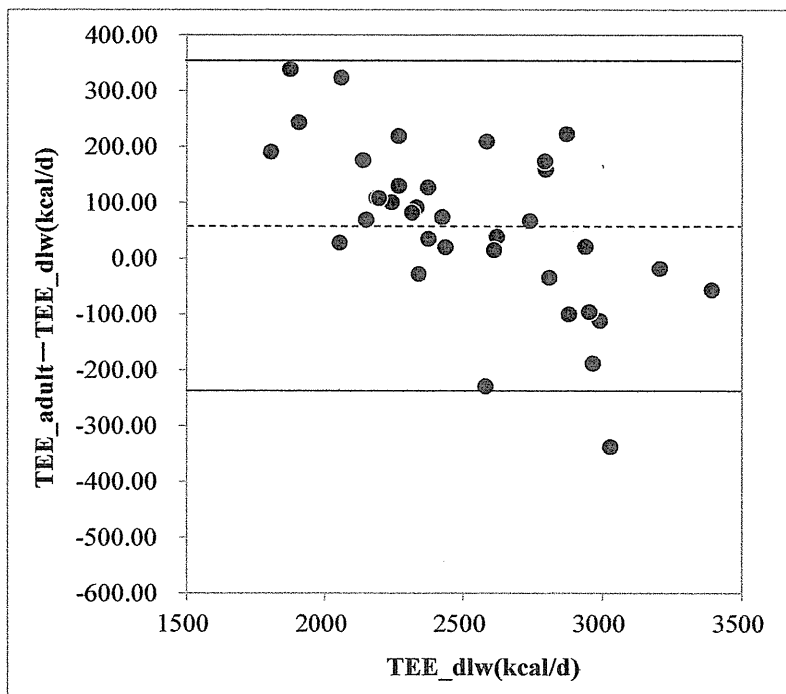
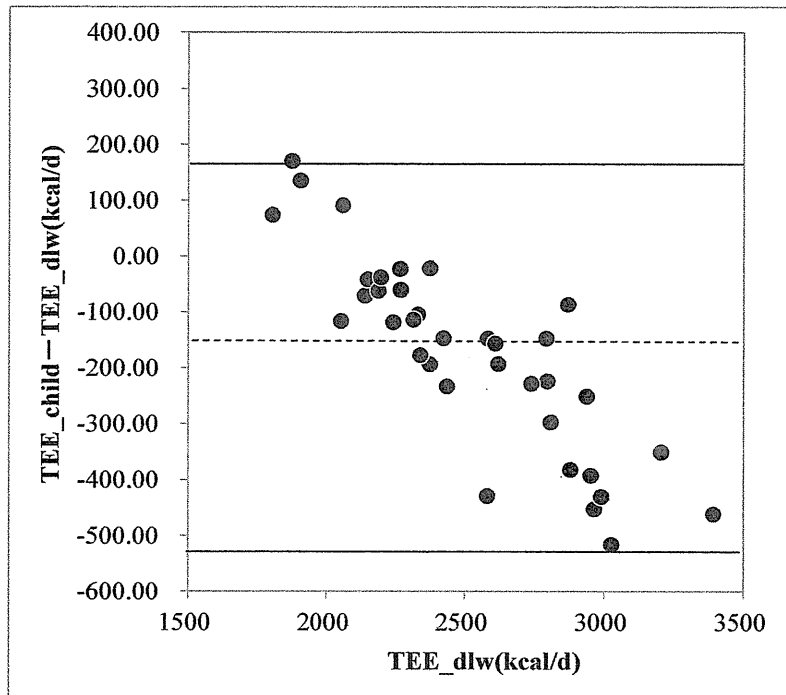


Figure 3 Absolute difference between TEE evaluated by DLW method and TEEs predicted using an accelerometer with equations for children and adults.

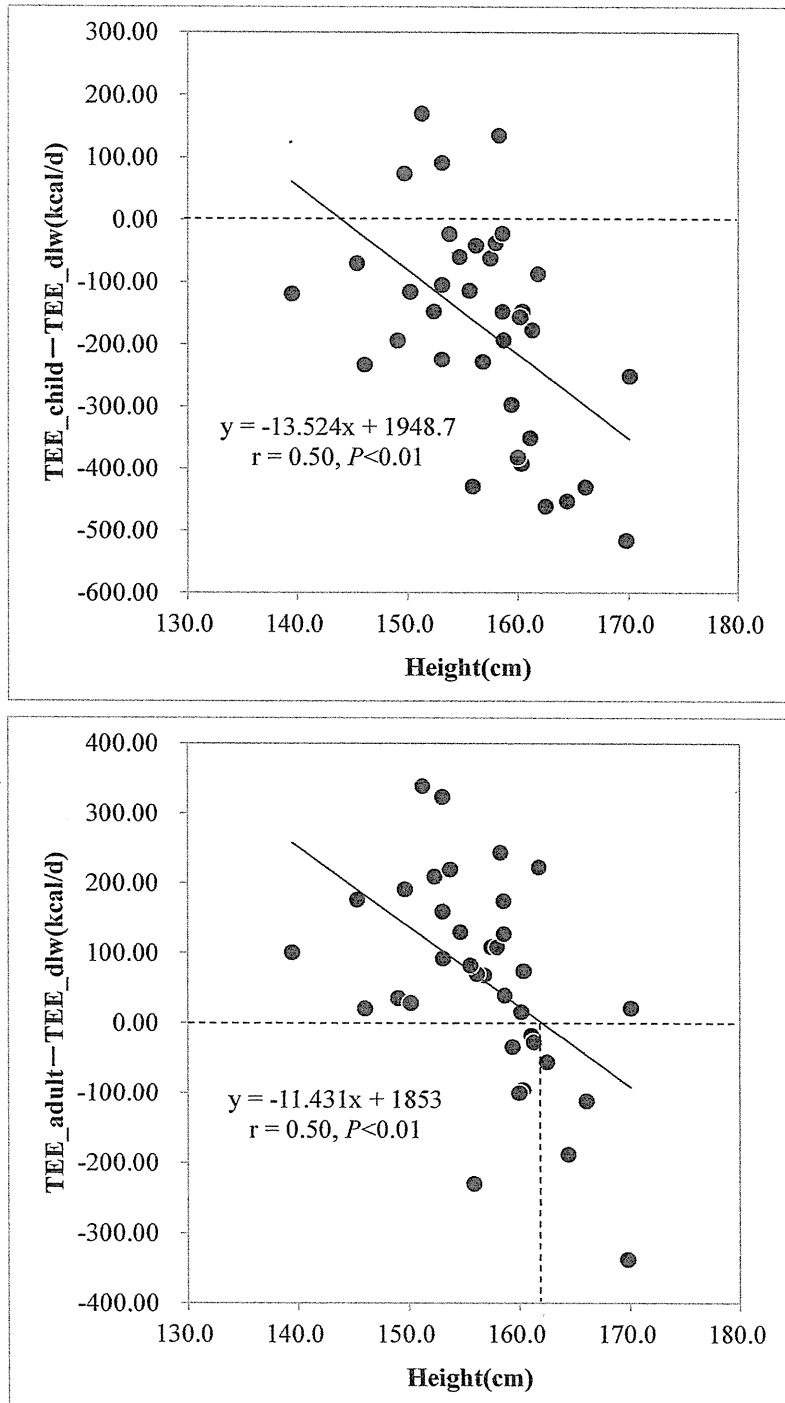


Figure 4 Relationships height to the absolute difference between TEE by DLW method and TEE predicted using an accelerometer.

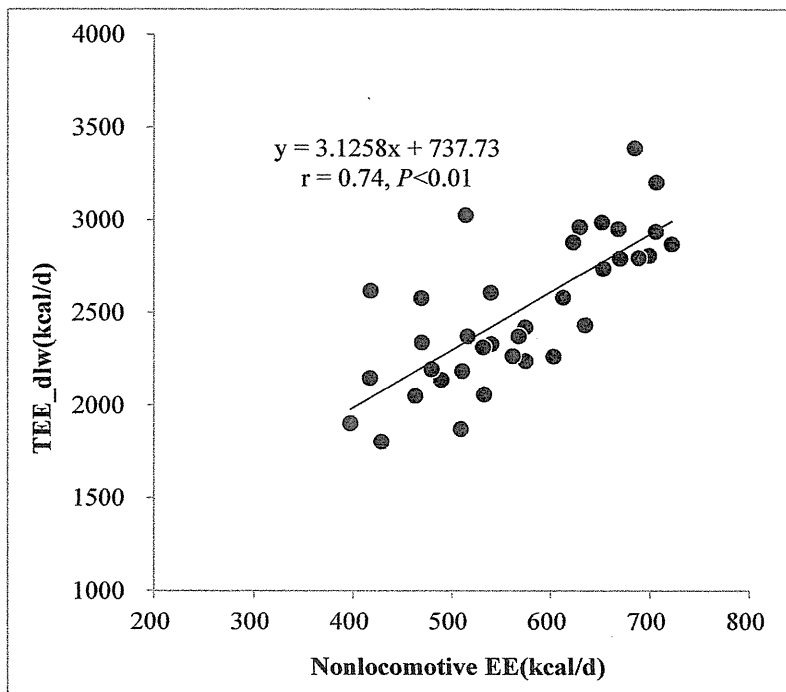
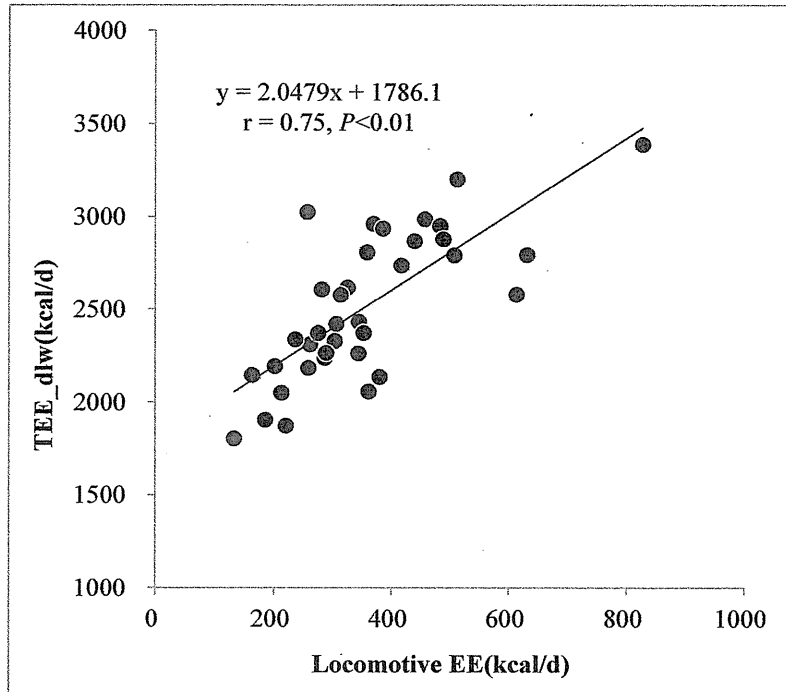


Figure 5 Relationships between locomotive and nonlocomotive EE and TEE by DLW method