

カロリー計による運動時エネルギー消費量の検討  
— その2 トレッドミル運動と戸外運動の相違 —

文谷 知明 星川 秀利

**A study on energy expenditure during exercise as measured  
by the calorie counter**

—Part 2 The difference between treadmill and outdoor exercise —

Tomoaki BUNYA and Hidetoshi HOSHIKAWA

**Abstract**

In the present study, we investigated the reliability of the calorie counter (Kenz Calorie Counter Select) by comparing the value for actual energy expenditure, as measured by oxygen uptake, with that given by the calorie counter for walking and running, outdoors and on a treadmill, at the same speed. Our study subjects were 22 junior college students (6 men and 16 women) who were studying health and physical education. The results are summarized as follows :

- 1) The amount of energy expended while walking was significantly higher on the treadmill than outdoors for both men and women. The mean differences for men ranged from 0.009 to 0.012 kcal/kg/min, while those for women ranged from 0.007 to 0.015 kcal/kg/min. Furthermore, the ratio of outdoors/treadmill given by the calorie counter's readings was significantly higher than that of actual energy expenditure measured by the oxygen uptake.
- 2) As for running, the calorie counter gave readings significantly higher than actual energy expenditure in only women. The mean differences between treadmill and outdoor exercise were 0.011 kcal/kg/min and 0.020 kcal/kg/min, respectively. Moreover, there was no significant difference between treadmill and outdoor exercise for either men or women.

Thus, we suggest that the calorie counter's readings were relatively higher than actual energy expenditure, as measured by the oxygen uptake, when comparatively active young women walked. We also feel that there is room to reexamine the coefficient, in the calorie counter, for energy consumption corresponding to the intensity for each exercise. Hereafter, we think it is necessary to examine the reliability of the calorie counter when studying sedentary men and women.

Key Word : Calorie counter, Energy expenditure, Oxygen uptake, Treadmill,  
Outdoor exercise, Walking, Running

キーワード : カロリー計, エネルギー消費量, 酸素摂取量, トレッドミル運動,  
戸外運動, 歩行, 走行

## 緒 言

体重はエネルギーの消費と摂取のバランスいわゆる出納バランスによってコントロールされている。したがって、体重維持や減量、増量を考える際にはエネルギー消費量およびエネルギー摂取量の把握が重要となる。前者のエネルギー消費量を推定する方法には次のようなものが挙げられる。

1) 呼気ガス(酸素摂取量)を運動時に直接採気・分析する方法<sup>9)11)</sup>, 2) 運動時に心拍数を測定しあらかじめ作成した心拍数と酸素摂取量の関係式より求める方法<sup>4)</sup>, 3) タイムスタディ(生活行動時間調査)の記録から求める方法<sup>15)</sup>, 4) 歩数計による歩数から求める方法<sup>3)</sup>, 5) アクトコーダ(身体活動測定装置)のアクトグラムから求める方法<sup>6)</sup>, 6) カロリー計の表示値による方法<sup>10)16)</sup>などである。いずれの方法にも長所と短所がみられるが、一般に幅広く普及していくためには複雑な操作が不必要でかつ正確に測定できる方法の開発が期待されている。

加速度を利用したカロリー計は、歩数計と同じく腰部に装着するだけでエネルギー消費量が測定できる簡便な測定機器である。我々は前報<sup>1)</sup>で、カロリー計の測定精度を戸外運動にて、酸素摂取量実測から求められるエネルギー消費量と比較することにより検討した。しかしながら、カロリー計に内蔵されている運動強度指数(10段階: 0~9)に対応した消費エネルギー係数はトレッドミル負荷にて導き出されている<sup>8)</sup>ため、これをそのまま戸外運動にあてはめるには検討の余地があると考えられた。

そこで本研究では、同一被験者にトレッドミルと戸外において同速度の歩行運動および走行運動を実施し、両運動条件下での酸素摂取量実測から求められるエネルギー消費量とカロリー計の表示消費量を比較することにより、カロリー計の信頼性について検討することにした。

## 対象と方法

被験者は本短期大学の健康体育専攻学生22名(男性6名, 19.8±0.7歳; 女性16名, 19.3±0.5歳)である。身体的特性は表1に示した。

トレッドミル運動については、いずれの被験者も機器に慣れるため、あらかじめ練習を行い実験に参加した。まず、ダグラスバッグを背負った状態でトレッドミル(傾斜角0度)上を95m/分の速度で歩行運動を行い、移動距離460m~560mの100m区間で呼気ガスを採気した。次に十分休憩した後、150m/分の速度で走行運動を行い、同100m区間で呼気ガスを採気した。トレッドミルは日本光電工業株式会社製STM-1500を用いた。戸外運動は前報<sup>1)</sup>と同様に1周140mの平坦なトラックを周回する方法で行った。まず、ダグラスバッグを背負った状態にて95m/分の速度でトラックを4周(560m)する歩行運動を行った。残り100m区間(460m~560m)で呼気ガスを採気した。次に十分休憩した後、150m/分の速度で走行運動を行い、同100m区間で呼気ガスを採気した。なお、被験者の速度規定は熟練した験者がストップウォッチで時間を確認しながら伴走することによった。

採気した呼気ガスは、ミナト社製エアロモニ

表1 被験者の身体的特性

	人数 (人)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	最大酸素摂取量 (ml/kg/分)
男 性	6	168.0±5.4	59.3±4.5	21.0±1.2	54.5±8.7
女 性	16	160.5±5.3	58.2±3.7	22.6±1.5	43.4±5.0

(平均値±標準偏差)

ター AE-280 にて分析し酸素摂取量（酸素消費量）を求めた。次に酸素 1 l あたりのエネルギー発生量を、呼吸商 0.85 と仮定し 4.862 kcal<sup>9)</sup> としてエネルギー消費量を計算した。そして、腰部に装着したカロリー計の表示値と比較した。カロリー計はいずれの運動も運動開始時から終了時まで装着した。両者の消費エネルギー比較は体重 1 kg あたり 1 分あたりのエネルギー消費量 (kcal/kg/分：以下単位省略) とした。

カロリー計にはスズケン社製 Kenz カロリーカウンターセレクト (54.5×33.0×12.6mm, 32g) を用いた。このカロリー計は加速度を検出する加速度センサーと、基礎代謝量や運動量、微小運動量など算出する演算部分から成り立っている。基礎代謝量は性別、年齢、身長、体重を入力することにより、厚生省報告の体表面積当たりの基礎代謝基準値<sup>7)</sup> より計算され 1 分ごとに加算される。なお体表面積算出は、 $A=W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.83$  (A: 体表面積 cm<sup>2</sup>, W: 体重 kg, H: 身長 cm) の式<sup>2)</sup> によった。運動量は 4 秒ごとの上下動作での加速度センサーの振幅と振動頻度によって運動強度を 10 段階に分け、これに対応した運動係数を掛け合わせ総和することで求められる。また、微小運動量は前 3 分間に下限値を越えない微小な動き（デスクワークなど）があった場合に 4 秒ごとに加算される。したがって、総エネルギー消費量は基礎代謝量と運動量の和に食物の特異動的作用による代謝増量分を積算し、それに微小運動量を加えた次式によって算出されている。

総エネルギー消費量 = (基礎代謝量 + 運動量) × 1.11 + 微小運動量

※この 1.11 のうち 0.11 = 食物の特異動的作用

また、運動強度を把握するために運動直後に心拍数を測定した。心拍数の測定にはパルスウォッチ MRC-1200 (フィンランド製、輸入元日本光電工業株式会社) を用いた。トレッドミル運動は気温約 25℃、湿度約 50% の屋内で、戸外運動は気温 25~30℃、湿度約 50% の晴天下で行った。両運動は時間の都合等により別の日に実施した。

運動条件 (トレッドミルと戸外) の差と消費量算出方法 (酸素摂取量実測から求められるエネルギー消費量とカロリー計の表示消費量) の差の検

定は二元配置分散分析により行った。また、各消費量算出方法における戸外/トレッドミル比および各運動条件での歩行時、走行時の歩数と心拍数の差の検定は、対応のある場合の Student の t-test によった。有意水準の判定は 5% (p < 0.05) とした。

## 結 果

表 2 にはトレッドミル、戸外それぞれの歩行運動、走行運動における酸素摂取量実測から求めたエネルギー消費量 (以下酸素摂取量実測値) とカロリー計によるエネルギー消費量 (以下カロリー計表示値) の平均値と標準偏差を示した。歩行運動におけるトレッドミルでの酸素摂取量実測値、同カロリー計表示値、戸外での酸素摂取量実測値、同カロリー計表示値は、男性でそれぞれ 0.097 ± 0.012, 0.101 ± 0.008, 0.088 ± 0.011, 0.089 ± 0.013 であり、トレッドミル運動の方が戸外運動に比し有意 (p < 0.05) に高かった。消費量算出方法には有意な差は認められなかった。また、戸外/トレッドミル比 (%) は酸素摂取量実測値で 90.8 ± 9.4, カロリー計表示値は 88.1 ± 10.2 であり、両者には有意な差はみられなかった。一方、女性については同順に 0.088 ± 0.008, 0.107 ± 0.013, 0.072 ± 0.013, 0.100 ± 0.013 となり、トレッドミル運動の方が戸外運動に比し有意 (p < 0.01) に高く、またカロリー計表示値が酸素摂取量実測値に比し有意 (p < 0.01) に高かった。また、戸外/トレッドミル比 (%) は酸素摂取量実測値で 82.2 ± 14.3, カロリー計表示値は 93.9 ± 12.7 であり、カロリー計表示値の方が有意 (p < 0.05) に高かった。

走行運動におけるトレッドミルでの酸素摂取量実測値、同カロリー計表示値、戸外での酸素摂取量実測値、同カロリー計表示値は、男性でそれぞれ 0.179 ± 0.011, 0.181 ± 0.006, 0.176 ± 0.017, 0.171 ± 0.014 であり、運動条件、消費量算出方法ともに有意な差はみられなかった。また、戸外/トレッドミル比 (%) は酸素摂取量実測値で 98.5 ± 7.5, カロリー計表示値は 94.6 ± 6.8 であり、両者には有意な差はみられなかった。一方、女性については同順に 0.169 ± 0.012, 0.180 ± 0.016,

表2 各測定法によるエネルギー消費量

		トレッドミル	戸外	戸外/トレッドミル比(%)
歩行	男性	酸素摂取量実測 0.097±0.012 *	0.088±0.011	90.8±9.4
	女性	カロリー計 0.101±0.008	0.089±0.013	88.1±10.2
歩行	女性	酸素摂取量実測 0.088±0.008 ***	0.072±0.013	82.2±14.3 *
	男性	カロリー計 0.107±0.013 **	0.100±0.013	93.9±12.7
走行	男性	酸素摂取量実測 0.179±0.011	0.176±0.017	98.5±7.5
	女性	カロリー計 0.181±0.006	0.171±0.014	94.6±6.8
走行	女性	酸素摂取量実測 0.169±0.012	0.159±0.014	94.0±6.5
	男性	カロリー計 0.180±0.016 **	0.179±0.017	99.9±9.8

単位：kcal/kg/分    トレッドミル・戸外間：\*\*\* p<0.01    \* p<0.05    (平均値±標準偏差)

酸素摂取量実測・カロリー計間：\*\* p<0.01    \* p<0.05

表3 トレッドミル運動時、戸外運動時の歩数および心拍数

		歩 数		心 拍 数	
		トレッドミル	戸 外	トレッドミル	戸 外
歩行	男性	734.0±21.2	717.5±58.5	109.0±7.7	106.5±9.7
歩行	女性	757.6±36.4	761.6±39.7	117.0±10.1 *	110.3±12.3
走行	男性	619.0±22.1	631.3±26.0	144.5±10.9	146.8±9.0
走行	女性	637.6±29.8 *	657.8±32.4	163.6±11.1 *	159.8±11.8

歩数：歩/560m    心拍数：拍/分    \* p<0.05    (平均値±標準偏差)

0.159±0.014, 0.179±0.017となり、カロリー計表示値の方が酸素摂取量実測値に比べ有意(p<0.01)に高かった。しかし、運動条件には有意な差は認められなかった。また、戸外/トレッドミル比(%)は酸素摂取量実測値で94.0±6.5、カロリー計表示値は99.9±9.8であり、両者には有意な差はみられなかった。

表3にはトレッドミル、戸外それぞれの歩行運

動、走行運動における歩数(歩/560m)および心拍数(拍/分)の平均値と標準偏差を示した。歩行運動におけるトレッドミル、戸外での歩数は男性でそれぞれ734.0±21.2, 717.5±58.5、心拍数は109.0±7.7, 106.5±9.7であり歩数、心拍数とも両者に差はみられなかった。一方、女性については同順に歩数は757.6±36.4, 761.6±39.7、心拍数は117.0±10.1, 110.3±12.3であり歩数には

差はみられなかったが、心拍数についてはトレッドミル運動の方が戸外運動に比し有意 ( $p < 0.05$ ) に高かった。

走行運動におけるトレッドミル、戸外での歩数は男性でそれぞれ  $619.0 \pm 22.1$ ,  $631.3 \pm 26.0$ , 心拍数は  $144.5 \pm 10.9$ ,  $146.8 \pm 9.0$  であり歩数、心拍数とも両者に差はみられなかった。一方、女性については同順に歩数は  $637.6 \pm 29.8$ ,  $657.8 \pm 32.4$ , 心拍数は  $163.6 \pm 11.1$ ,  $159.8 \pm 11.8$  であり、歩数、心拍数ともにトレッドミル運動が戸外運動に比べ有意 ( $p < 0.05$ ) に高かった。

平均的運動強度を安静時心拍数60拍/分としてカルボネンの式にあてはめると、トレッドミル歩行、戸外歩行は男性でそれぞれ最大酸素摂取量の約35%, 約33%に相当し、女性は約40%, 約36%に相当していた。また、トレッドミル走行、戸外走行は男性でそれぞれ最大酸素摂取量の約60%, 約62%に相当し、女性は約73%, 約71%に相当していた。

## 考 察

カロリー計の特長は、呼気ガス法<sup>9)11)</sup>やタイムスタディ法<sup>15)</sup>のような複雑な操作・作業を必要とせずにエネルギー消費量が求められるところにある。しかしながら、この機器は本来糖尿病患者など比較的生活活動量の少ない者のエネルギー消費量を評価するために開発されたもの<sup>8)</sup>であるため、平均的活動量の者や比較的多い者に対する信頼性は課題として残されていた。また、カロリー計に内蔵されている運動強度指数(10段階)に対応した消費エネルギー係数はトレッドミル負荷にて導き出されており<sup>8)</sup>、この係数そのものを日常的な戸外での運動にあてはめるには検討の余地があると考えてきた。そこで本研究ではこの課題を少しでも解決するために、健康体育専攻学生のうちとりわけ激しい運動を行う習慣を有していないボランティアを募り、95m/分の歩行運動と150m/分の走行運動を実施した。被験者の平均的な持久的能力は5段階評価(低い、やや低い、平均、やや高い、高い)の「やや高い」<sup>13)</sup>に属しており、生活活動強度<sup>7)</sup>は概ねⅢ(やや重い)の範疇にある集団と考えられた。今回の戸外実験では前回<sup>1)</sup>の反

省から、熟練した伴走者を付けるなどフィールド実験ではありながらも、トレッドミルのごとく一定速度を維持するように努めた。環境温度や実験日の違い、移動条件(円弧の有無)など、両実験の条件設定が全く同じとはいかなかったが、一定の範囲内で比較することは可能であると思われる。

まず歩行運動については、トレッドミル運動と戸外運動の間に男女とも歩数の差はみられなかった。このことは両運動での歩幅がほぼ同等であるとともに、1歩の腰部上下衝撃加速度の違いがカロリー計表示の消費量に影響を及ぼしていることを意味している。トレッドミル運動におけるカロリー計表示値と酸素摂取量実測値を比較してみると、男性ではほぼ同等な値が得られ、また戸外運動の消費量はカロリー計表示値、酸素摂取量実測値ともトレッドミル運動の消費量に比し概ね10%ずつ少なかった。この結果は、トレッドミルでの腰部衝撃度が戸外の腰部衝撃度に比べ大きいことを示しているものの、その差が両運動の酸素摂取量実測値の差とほぼ同じであることから、歩行時のカロリー計表示値の信頼性は高かったものと考えられる。しかし、今回の男性被験者数は少数(6名)であることに加え、前報<sup>1)</sup>の結果(戸外での歩行運動ではカロリー計表示値が酸素摂取量実測値に比べ約20%少ない)と異なっているため、今後はさらに被験者数を増やして検討する必要があると思われる。一方、女性についてトレッドミル運動のカロリー計表示値と酸素摂取量実測値を比較してみると、酸素摂取量実測値の方が約20%少なかった。このことは、比較的活動性の高い若年女性では、カロリー計表示値より概ね20%減じた値を歩行時の消費量と考えた方がよいことを示している。また、戸外運動のカロリー計表示値、酸素摂取量実測値は、共にトレッドミル運動の消費量に比べ少なかった。これは、トレッドミル運動の心拍数が戸外運動の値に比し高かったことから明らかなように、外見の動作は非常に似かよってはいるものの、トレッドミル運動の方が脚筋に対する負担度が大きく、その差が両運動の酸素摂取量や腰部衝撃度の差として現れたものと推察される。ところで、戸外/トレッドミル比(%)をみると、酸素摂取量実測値の減少率

(約18%)に比し、カロリー計表示値の減少率(約6%)は有意に少ない結果であった。これは、トレッドミル負荷から導き出されているカロリー計内の各運動強度に対応した消費エネルギー係数が、そのまま戸外運動に充当しない可能性があることを示したものと考えられ、今後さらに検討することが必要であろう。

次に走行運動についてみると、両運動間の歩数と心拍数の差は男性ではみられなかったが、女性ではトレッドミル運動が戸外運動に比し歩数は少なく心拍数は高かった。歩数がトレッドミル運動で少なかった原因の一つに、被験者の意識的な歩幅増大が挙げられる。今回用いた150m/分程度の速度では、自らの走りが規定速度から少し遅れるだけで、身体が一瞬にしてトレッドミルの後方に運ばれ自分のペースが守れなくなる。そこで、この状態を回避するため、自らがやや歩幅を広く保って走るように心掛けていたのも事実である。まして、歩幅の狭い女性ではこの傾向が強かったと思われる。また、女性において心拍数がトレッドミル運動で高かったことは、歩行運動と同様、脚筋に対する負担度の差によるものと考えられる。トレッドミル運動におけるカロリー計表示値と酸素摂取量実測値を比較してみると、男性ではほぼ同等な値が得られ、また戸外運動の消費量はカロリー計表示値、酸素摂取量実測値ともトレッドミル運動の消費量とほぼ同等であった。一方、女性についてトレッドミル運動のカロリー計表示値と酸素摂取量実測値を比較してみると、酸素摂取量実測値の方が約6%少なかった。このことは、比較的活動性の高い女性については、カロリー計表示値より5%くらい減じた値を歩行時の消費量とした方がよいことを示したものと見える。また、戸外/トレッドミル比(%)をみてみると、酸素摂取量実測値の減少率(約6%)に比しカロリー計表示値の減少率(ほぼ0%)が少ない傾向がみられたが有意な差ではなかった。したがって、比較的活動性の高い若年齢者における歩行時のカロリー計表示値の信頼性はかなり高いと考えられる。ところで、本研究に用いたカロリー計は、ある走行速度になるとカロリー計内蔵の加速度センサーが加速度変化に追従しないことが知られて

いる。その速度については8 km/時(133m/分)以上<sup>17)</sup>、150m/分以上<sup>18)</sup>、180m/分以上<sup>14)</sup>など意見は異なっているが、前報<sup>1)</sup>の結果と合わせて考えると150~180m/分がその閾値のように推測される。したがって、150~180m/分までの走行運動であれば問題はないが、その速度を越える場合には実際の消費量がカロリー計表示値より多くなることを考慮しておく必要があると思われる。

本研究では、比較的活動性の高い若年齢者を対象に実験を行ったが、肥満や成人病予防の動機づけとして、カロリー計によるエネルギー消費量を検討するのであれば、活動性の低い(生活活動強度Ⅰ、Ⅱ)者を対象に調査することが大切であり、これについては今後の課題である。

## まとめ

本研究では、健康体育専攻の短期大学生22名(男性6名、女性16名)を対象に、トレッドミルと戸外において同速度の歩行運動および走行運動を実施し、両運動条件下での酸素摂取量実測値とカロリー計(Kenzカロリーカウンターセレクト)表示値を比較することにより、カロリー計の信頼性について検討した。結果の要約は以下のとおりである。

- 1) 歩行運動のエネルギー消費量は、男女ともトレッドミルの方が戸外に比し有意に高く、その差は男性 0.009~0.012 kcal/kg/分、女性 0.007~0.017 kcal/kg/分であった。さらに、女性ではカロリー計表示値の戸外/トレッドミル比が酸素摂取量実測値の同比より有意に高かった。
- 2) 走行運動では、女性においてのみカロリー計表示値が酸素摂取量実測値に比べ有意に高く、トレッドミル運動での両者の差は 0.011 kcal/kg/分、戸外運動では 0.020 kcal/kg/分であった。また、トレッドミル運動と戸外運動の差は男女ともみられなかった。

以上のことから、比較的活動性の高い若年女性の歩行運動時には、カロリー計表示値が酸素摂取量から求められるエネルギー消費量よりも相対的に高く見積もられており、カロリー計内の各運動強度に対応した消費エネルギー係数を再検討する

余地があることが示唆された。今後は、特別な運動を行っていない（活動性の低い）者を対象にカロリー計の信頼性を検討する必要があると思われる。

### 参考文献

- 1) 文谷知明, 星川秀利: カロリー計による運動時エネルギー消費量の検討, 武蔵丘短期大学紀要, 第3巻: 105-111, 1995.
- 2) 藤本薫喜, 渡辺 孟, 坂本 淳, 湯川幸一, 森本和枝: 日本人の体表面積に関する研究 (第18篇) 三期にまとめた算出式, 日本衛生学雑誌, 23(5): 443-450, 1968.
- 3) 戎 利光, 斎藤由美, 島田 茂, 加藤孝之: 1日のエネルギー消費量とペドメータ歩数との相互関係, デサントスポーツ科学, 11: 115-123, 1990.
- 4) 橋本 勲, 青木純一郎, 進藤宗洋, 小林寛道, 佐藤 祐: 日本人の身体的活動量の低下状況とその改善手段に関する研究, 国立栄養研究所報告, 32: 53-59, 1983.
- 5) 星川 保, 森 悟: 無線方式酸素摂取量測定装置 (K 2) を用いた歩数計 歩数のカロリメトリックスー1万歩の消費カロリー, 臨床スポーツ医学, 12(9): 1053-1059, 1995.
- 6) 星川 保, 豊島進太郎, 森 悟, 森 奈緒美, 池上康男: アクトグラムの体育授業研究への応用: 授業時身体活動経過の記録法の開発, 体育学研究, 37(1): 15-27, 1992.
- 7) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編: 第五次改定日本人の栄養所要量, pp46-50, 第一出版 (東京), 1994.
- 8) 野村幸史, 斎藤 茂, 池田義雄: Kenz カロリー・カウンターの使用経験, 糖尿病治療研究会報, 7: 49-53, 1986.
- 9) 沼尻幸吉: 活動のエネルギー代謝 増補第2版, 労働科学叢書No. 37 (川崎), 労働科学研究所, 1982.
- 10) 芝山秀太郎, 魏 長年, 倉田 博: 運動時の消費エネルギーのカロリーカウンターによる定量化, 鹿屋体育大学学術研究紀要, 第10号: 51-61, 1993.
- 11) 高見京太, 北川 薫, 石河利寛: 酸素摂取量の実測によるスポーツ活動中のエネルギー消費量, 体力科学, 42(3): 257-264, 1993.
- 12) 高見京太, 北川 薫: 歩行および走行時におけるカロリーカウンターセレクトの精度の検討, 体力科学, 43(6): 573, 1994.
- 13) 東京都立大学体育学研究室編: 日本人の体力標準値 第4版, 不味堂出版 (東京), 1989.
- 14) 渡辺義行, 平岡 淳, 楓 美恵子, 石子裕朗: Kenz カロリー・カウンターの信頼性の検討, 臨床スポーツ医学, 6(11): 1265-1269, 1989.
- 15) 柳堀朗子, 青木和夫, 鈴木洋児, 郡司篤晃: 一日の日常生活活動量測定方法の検討, 日本公衆衛生雑誌, 38(7): 483-491, 1991.
- 16) 山田誠二, 馬場快彦: 加速度計を利用したカロリーカウンターによる身体活動エネルギー量測定の有効性, 産業医学, 32: 253-257, 1990.
- 17) 山田誠二, 馬場快彦: 運動強度を加味したカロリーカウンターによる運動時消費エネルギー量の測定, 産業医科大学雑誌, 12(1): 77-82, 1990.