

ヒューマンカロリメーターを用いた簡易エネルギー消費量測定法の検討

○中江悟司¹, 山本満², 海老根直之³

1 国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部

2 同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科

3 同志社大学スポーツ健康科学部

【目的】

近年, 身体活動の評価に加速度計がよく用いられるようになってきた. 加速度計法では, 歩数計法にくらべ, 身体活動を量的側面のみでなく, 質的側面(身体活動強度)を考慮して評価することが可能である. 従来の加速度計は鉛直成分のみの加速度で評価する1軸加速度計であったが, 科学技術の進歩に伴い, 水平成分および平行成分を加えた3軸加速度計も安価に利用することができるようになった. また, これらの加速度計は主に腰に装着するタイプのものであったが, 最近になって胸部貼付型の加速度計が開発された. 胸部貼付型の加速度計は, 加速度信号に加えて, 心電情報も同時に収集することができるという利点がある.

一方で, 身体活動量, あるいはエネルギー消費量評価の実験室的ゴールドスタンダードとされている方法にヒューマンカロリメーター(以下, HC)法がある. HC法では, HC内に滞在することの時間的制約以外に対象者に負担はなく, マスクの装着なしにエネルギー消費量を経時的に測定することができる. そこで本研究では, HCを妥当基準とし, 簡易エネルギー消費量測定法である加速度計法として, 1軸加速度計, 3軸加速度計, 胸部貼付型加速度計の妥当性を検討した.

【方法】

1. 対象

実験参加に関して同意の得られた健康な大学生 8名を対象とした(男性4名, 女性4名, 年齢 21.9 ± 0.6 歳, 身長 166.8 ± 9.9 cm, 体重 63.0 ± 13.1 kg). 測定開始前3時間の食事, ならびに当日の激しい運動は控えさせた.

2. 使用機器

本研究では, ヒューマンカロリメーターとしてFuji Human Calorimeter System(富士医科産業社製)を用いた. 測定環境は, 室温 25°C , 相対湿度50%とした.

加速度計として, Lifecorder Plus(スズケン社製,

以下 LC), Active style Pro HJA-350IT(オムロン社製, 以下 OM), CarPod(メディリンク社製, 以下 CP)の3機種を用いた. LCおよびOMは先行研究でもその妥当性が証明されている腰部装着型の加速度計である^{1,2)}. CPは, 胸中心胸骨柄上にセンサを, 左第5肋間上に生体信号のノイズ除去のためアース電極を貼付した.

3. 実験手順

まず対象者に身体状況, 運動状況, および食事状況についてのアンケートを記入させた後, 身体特性の測定を行った. 続いて, 対象者の腰部にLCおよびOMを, 胸部にCPを装着した状態でHCに入室させ, 座位安静状態で65分, 生活活動動作(掃き掃除, 雑巾がけ, シーツの付け替え, 調理動作, 衣類を畳む動作, キーボードのタイピング)を計40分, 自転車エルゴメータによる運動(40W)を45分間行わせた. なお, 直前の行動の影響を除くため, 日常生活動作と自転車運動の間には20分以上の安静時間を設けた.

4. データ解析

値はすべて平均値±標準偏差(SD)で示した. 身体活動は, エネルギー消費量およびMETs値⁴⁾として評価した. METsとは, 1.0kcal/kg/h (≒安静状態)の何倍に相当するかという指標であり, 身体活動強度の指標として広く利用されている³⁾. 座位安静, 生活活動動作, 自転車運動それぞれの活動における方法間の比較にはHC法を妥当基準とし, 活動別の心拍数の比較には座位安静時を対照としたSteel検定を用いた. なお, 統計的有意水準は5%未満とした.

【結果】

各活動および各測定方法におけるエネルギー消費量を図1に示す. 座位安静および生活活動では, いずれの加速度計においてもHC法との間に差は認められなかった. しかしながら, 自転車運動ではすべての加速度計で有意に過小評価をしていた($p < 0.01$).

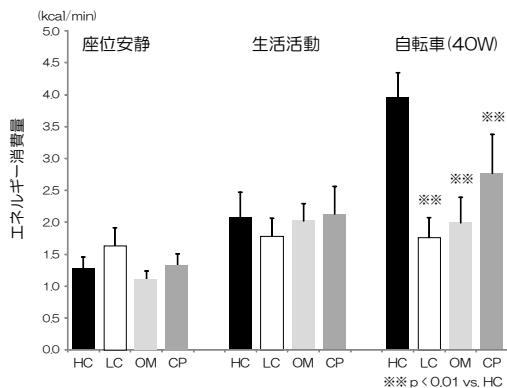


図1. 活動別の各測定方法によるエネルギー消費量

各活動および各測定方法における METs 値を図 2 に示す。エネルギー消費量と異なり、LC は HC 法にくらべ座位安静時で有意な過大評価、生活活動時には有意な過小評価が認められた。自転車運動時は、エネルギー消費量と同じくすべての加速度計で有意に過小評価をしていた。

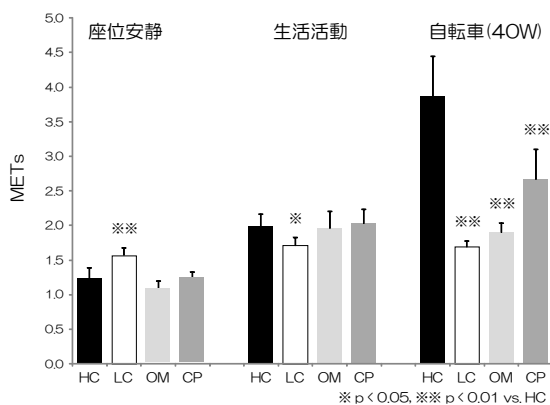


図2. 活動別の各測定方法によるMETs値

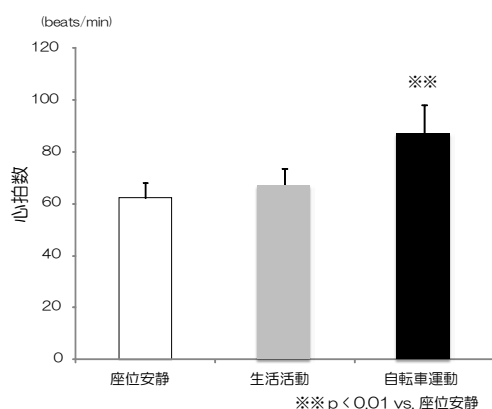


図3. 各活動時における心拍数

CP によって測定された各活動時の心拍数を図 3 に示す。生活活動時では座位安静時にくらべ差が認められなかったものの、自転車運動時では心拍数の有意な上昇がみられた。

【考察】

エネルギー消費量の絶対値は、自転車運動時で有意な過小評価が認められた。自転車運動は主に下肢の運動であり、腰部および胸部の加速度信号では、正しく評価できないことが示された。一方で、胸部よりも動きが小さいと考えられる腰部では過小評価がより顕著であり、胸部貼付型加速度計の有用性が示唆された。

また、METs 値で評価した場合、座位安静時および生活活動時において LC と HC 法との間に有意な差がみられた。LC のような 1 軸加速度計では、安静状態や生活活動のような歩行を伴わない微小な動きを正しく検知できない可能性があり、低強度活動時における 3 軸加速度計の有用性が示唆される。

自転車運動時は、いずれの加速度計でも過小評価していたものの、心拍数は有意に上昇していた。本研究の結果より、加速度計では検知できない座位姿勢での下肢の運動や、大きな重心の動きを伴わない運動(例: 荷物の挙上、ウェイトトレーニング)時には、加速度信号のみでなく心拍情報も計算アルゴリズムに組み込むことで、さらに精度の高い活動量測定機器の開発につながる可能性が考えられる。

最後に、本研究に参加した対象者数はわずか 8 名であり、さらに例数を増やして追検討する必要があるものの、本研究の結果より、3 軸加速度計の有用性や胸部貼付型加速度計の発展可能性が示された。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 23680068 の助成を受けて実施した。

【参考文献】

- 1) Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M et al: 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 2011: 235-243.
- 2) Ohkawara K, Oshima Y, Hikiyama Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S: Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. Br J Nutr 2011: 1681-1691.
- 3) Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD et al: 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. Med Sci Sports Exerc 2011: 1575-1581.