

論文要約

学位論文題目 心拍数による個人毎のキャリブレーションを伴わないエネルギー消費量推定式の検討
カバリエロ 優子

一日に摂取すべき食物の量の決定と、生活習慣病の予防や健康増進を目的とした身体活動の強度や量を定めるためにも、正確なエネルギー消費量 (EE) の推定は重要である。日常生活における総エネルギー消費量を最も正確に測定する方法は二重標識水法であるとされているが、時間とコストの問題から現実的ではない。また、二重標識水法は、身体活動や EE の経時的な変化は把握できないために、日常生活における様々な活動時の EE、ひいては総エネルギー消費量を簡便かつ正確に推定する方法が求められている。

第1章では、EE 推定の意義とその課題、本研究の目的について詳述した。近年は、3軸加速度計が開発されているが、加速度計のみでは、階段昇降や荷物を持つての動作などで誤差が大きいといった限界が残っている。一方心拍数計は、数年前から簡便かつ安価な製品が市販されるようになってきた。心拍数(HR)と EE は直線性を示すために、HR から EE を推定することができる。しかし、低強度活動では、その直線関係が崩れるために正しく推定できないことや、ストレスなどの心理状態に影響されることが課題となっている。なにより、HR と EE の関係式は個人間差が大きいために、一人ずつ呼気分析を行って回帰式を作成する必要があると、大規模調査をはじめ、実用化が難しいと指摘されている。

Metabolic equivalents (METs: メッツ) は、安静時を1とした運動強度の相対値であり、健康維持のための運動の目安や活動強度を客観的に把握するのに有用である。また、METs は、活動時の EE を座位安静時 EE で除していることから、EE に比べて個人間差が小さくなっている可能性がある。そこで本研究は、HR による個人毎の回帰式を作成せずに、安静時 HR (resting HR)、age、sex、height、weight などの個人差を考慮した変数を加えた重回帰式により、METs を簡便に推定することを目的とした。また、Percent heart rate reserve (%HRR) は、Resting HR を基準にして最大心拍数を100%とした場合に、活動時の HR がその何%の値であることを示す、個人の体力に応じた相対的な身体活動強度である。よって%HRR は、HR よりも EE との相関が高いために METs の推定にも利用できる可能性が高い。そこで、本研究では HR の代わりに%HRR を独立変数として加えた。

第2章では、HR と EE との直線性が明らかになっている 20~75%HRR の範囲の中等度から高強度の活動のみを抽出して、ステップワイズ法により HR から METs を推定する方法を検討した。重回帰式により直接 METs を求める方法と、x 軸を HR、y 軸を METs とした1次式の切片と傾きのそれぞれの係数を寄与する独立変数を含めた重回帰式により求めた後に、METs を推定する方法との2種類を検討した。全活動の Mean percent error (MPE) が最も小さかったのは、直接 METs を求める重回帰式で身体組成を含めたものであり、0.3%となった。

第3章では低強度活動から高強度活動までの日常活動を含むすべての活動を対象に、%HRR から METs を推定するモデルを構築した。x 軸を%HRR、y 軸を METs とし、モデルの形状を1、2、3次式および対数で検討したところ、1次式のあてはまりがもっともよかった。また、x 軸の%HRR に分岐点を設けずに、一つの回帰式により算出した MPE が最も小さいことが明らかになった。

次に、総当たり法により%HRR から METs を推定する式の検討を行った。モデルは、BMI を含む場合と weight、height を含む場合の2種類で検討した。Akaike's information criterion (AIC: 赤池情報量規準) が最も低い値となるように変数を選択した。その結果、%HRR、resting HR、height が選択されたモデルと、%HRR、resting HR、sex が選択されたモデルが構築された。どちらのモデルにおいても%HRR の寄与率が最も高く、標準化 β で 0.94 と高値を示した。Resting HR も、いずれのモデルでも選択されたが、%HRR ほど寄与率が高くなく、標準化 β で-0.08 であった。Height、sex はそれよりもさらに小さい値を示した。全活動平均の MPE は、height が選択されたモデルでは 2.4%であったが、%HRR のみのモデルとの MPE の差は、一番大きい活動でも約 2%であったことから、重回帰式の独立変数が%HRR のみでも、精度よく METs が推定されることが明らかになった。

第4章では、本研究で得られた結果と、先行研究の HR アルゴリズムおよび加速度計単独や加速度計と HR を組み合わせたモデルとの誤差を比較した。その結果、本研究で構築されたモデルは、低強度と中強度活動の2つの推定式を組み合わせた Crouter の HR アルゴリズムと同程度の精度でエネルギーを推定できることが明らかになった。また、本研究の MPE は、低強度活動と階段昇降においては、加速度計よりも小さく、加速度計と HR とを組み合わせた Couter の ActiHeart and movement sensor と同程度の精度が高くなったことが明らかになった。

本研究で明らかになったことは、%HRR のみでも、低強度や階段昇降などを含めたあらゆる活動において、従来の HR アルゴリズムよりも精度が高く、加速度計の最も精度のよい推定値に近い精度が得られたことである。しかし、体力を考慮するために resting HR などに加えてみたが、その効果は小さいことが明らかになった。本研究の成果は、今後ウェアラブルデバイスへの活用に期待できる。