

# 三軸加速度計と気圧計を用いた自転車走行時の消費エネルギー推定式の精度の検証

渡邊 凧紗 (上越教育大学)

## 1. 目的

本研究の目的は、三軸加速度計により測定した加速度ノルムと気圧計により算出した高度変化を用いたサイクリング時の消費エネルギーの推定方法が、従来より広く採用されている推定方法(加速度のみ、または心拍数から推定する方法)に比べて、正確度および精度が高いという仮説を検証することである。

## 2. 方法

- 1) 被験者: 健康な男女9名(35±14歳)。
- 2) プロトコル: 舗装された屋外のコースを自転車で走行した。走行中は三軸加速度ノルム(VM)、消費エネルギー(=酸素摂取量、VO<sub>2</sub>)、心拍数(HR)、および気圧計から換算した上り(H<sub>u</sub>)と下り(H<sub>d</sub>)の高度変化を連続的に記録した。
- 3) 分析方法: 実験により得られたパラメーターを以下の推定式に代入してVO<sub>2</sub>の推定値(eVO<sub>2</sub>)を算出し、Pearsonの相関分析およびBland-Altman分析を用いてVO<sub>2</sub>の実測値(mVO<sub>2</sub>)との一致度を評価した。  
eVO<sub>2</sub> = 0.129 VM + 1.534 H<sub>u</sub> + 0.311 H<sub>d</sub> (推定式①)<sup>1)</sup>  
eVO<sub>2</sub> = 0.129 VM (推定式②)<sup>1)</sup>  
eVO<sub>2</sub> = 23.2 HR / 安静時 HR - 17.37 (推定式③)<sup>2)</sup>

## 3. 結果と考察

### 1) 推定式①の正確度と精度

mVO<sub>2</sub>(y)と推定式①から算出したeVO<sub>2</sub>(x)の間には有意な正の相関があることがわかった(y = 0.94 x + 0.17, P < 0.001, r = 0.84)。また、Bland-Altman分析の結果、推定式①はVO<sub>2</sub>の範囲が-4.4~56.6 ml/kg/minの範囲において、mVO<sub>2</sub>とeVO<sub>2</sub>の差の平均(正確度)が0.3 ml/kg/min、95%予測限界(精度)が±12.6 ml/kg/minであった。

### 2) 推定式①と推定式②の比較

mVO<sub>2</sub>(y)と推定式②から算出したeVO<sub>2</sub>(x)の間には有意な正の相関が確認された(y = 0.94 x + 1.40, P < 0.001, r = 0.66)。また、Bland-Altman分析の結果、推定式②はVO<sub>2</sub>の範囲が-2.5~47.3 ml/kg/minの範囲において、mVO<sub>2</sub>とeVO<sub>2</sub>の差の平均が-0.7 ml/kg/min、95%予測限界が±17.4 ml/kg/minとなり、推定式①に比べ、正確度と精度がともに低くなった(P

< 0.001)。これは、走行コースに高度変化があるにも関わらず、推定式②は位置エネルギーを考慮された形でなかったことが原因であると考えられる。

### 3) 推定式①と推定式③の比較

mVO<sub>2</sub>(y)と推定式③から算出したeVO<sub>2</sub>(x)の間には、有意な正の相関が確認された(y = 0.79 x + 4.73, P < 0.001, r = 0.53)。また、Bland-Altman分析の結果、推定式③はVO<sub>2</sub>の範囲が-1.9~41.8 ml/kg/minの範囲において、mVO<sub>2</sub>とeVO<sub>2</sub>の差の平均が-2.9 ml/kg/minであり、95%予測限界が±20.1 ml/kg/minとなり、推定式①に比べ、正確度と精度がともに低くなった(P < 0.001)。これは、心拍数が個々の体力や姿勢、体温、脱水レベル、標高など運動強度以外の要因に影響されるためと考えられる。

### 4) 推定式①の課題

推定式①において最も高い正確度と精度が確認されたものの、心拍数が約180 bpmに達するような急勾配を登った直後の下り坂で、推定値が過小評価される傾向が確認された。Ikegawaら<sup>1)</sup>は、推定式①の下りの高度変化の係数が走行速度に影響を受ける可能性を示唆しており、この傾向はそういった事象を反映しているものと思われる。また、推定式①では酸素負債を検知できないため、そのことも過小評価の一因となっているのかもしれない。

## 4. 結論

本研究では、加速度計および気圧計を用いて自転車走行時の消費エネルギーを推定する方法は、従来実施されている方法に比べて、正確度及び精度が高いことが明らかとなった。

## <参考文献>

- 1) Ikegawa S et al. (2016) A new device to estimate VO<sub>2</sub> during cycling on inclines by accelerometry and barometry. Int Sports Sci Network in Nagano Abstracts: P2.
- 2) Inaoka T et al. (1982) Group regressions predicting oxygen consumption from heart rates in Japan male adults. J Nutr Sci Vitaminol, 28: 631-642.