

氏 名（本籍）	古 ^{ふる} 川 ^{かわ} 順 ^{より} 光 ^{みつ}
学位の種類	博士（障害科学）
学位記番号	医博（障）第 67 号
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 24 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科専攻	東北大学大学院医学系研究科 （博士課程）障害科学専攻
学位論文題目	階段昇降運動のエネルギー消費量の検討

（主 査）

論文審査委員	教授 永 富 良 一	教授 上 月 正 博
	教授 市 江 雅 芳	

論文内容要旨

研究目的

身体活動量の増減は健康状態に関わる。階段昇降運動は日常生活活動の中でも運動強度が高く、日常のエネルギー消費量への寄与が大きいと考えられている。しかし、現在は実際の日常生活での階段昇降運動時のエネルギー消費量を適切に評価出来る方法はない。最近、軽量の携帯型の呼気ガス分析装置が開発され日常生活における様々な行動のエネルギー消費量測定が容易になってきた。そこで本研究では、この軽量の携帯型呼気ガス分析装置を用い実際の階段昇降時のエネルギー消費量を測定し、その動態から予測式を作成、検討することを目的とした。

研究方法

健康成人男性 13 名（平均年齢 22.5 ± 3.2 歳，身長 171.9 ± 4.0 cm，体重 68.2 ± 12.3 kg）を対象とした。使用階段は屋内階段で、高さ 0.17 m，幅 0.28 m，平均斜度 31.3° で、使用段数は通常使用すると考えられる 2 階分で 60 段であった。通常の昇降速度（上行時 114 ± 12.6 ，下行時 122 ± 13.0 steps/min），通常用いているよりも速い速度（上行時 200 ± 30.2 ，下行時 225 ± 26.6 steps/min），規定昇降速度（60，90，120 steps/min）により階段昇降運動を行わせた。各運動の前後に酸素摂取量が定常状態になるまで 5 分間の立位状態を保たせた。各運動時に呼気ガス分析法（一呼吸毎）から得られた間接エネルギー消費量（Energy Expenditure by Respiratory Gas Analysis：EE Gas）の経時的变化を検討し、運動に要したエネルギー消費量の総和（EE Gas 積分値）と昇降速度との関係を検討し、昇降速度から消費エネルギー量を算出する予測式を作成検討した。統計処理は、回帰分析，t-test を行い、有意水準は 5 % とした。

研究結果

階段昇降時の酸素摂取量は開始直後より漸増し、上行時は終了時または終了後、下行時は運動終了時にピークを迎えた。運動終了後も立位安静時を上回る酸素摂取量の増加は継続し、徐々に安静時の水準に回復した。回復までに要した時間は、通常より速い速度で、上行時平均 4.3 ± 1.5 min，下行時平均 2.0 ± 0.73 min，最も遅い速度で（60 steps/min）上行時平均 2.8 ± 1.2 min，下行時平均 1.0 ± 0.25 min であった。運動中の EE Gas と階段昇降速度は負の相関がみられ、運動終了後の酸素摂取量から安静時代謝量を差し引いた部分から求めた EE Gas は昇降速度と正の相関がみられた。また、昇降速度と EE Gas の間には、上行、下行時ともに有意な相関が認められ、回帰分析から以下の予測式が得られた。

上行： $Y = 1.22 \cdot 10^{-5} X^2 - 4.64 E^{-4} X + 0.131$ ， $r = 0.954$ （ $p < 0.0001$ ）

下行： $Y=5.96 \cdot 10^{-6} X^2-9.44 E-4 X+0.103$, $r=0.828$ ($p<0.0001$)

(Y：EE Gas (kcal/kg/min), X：Speed (steps/min))

結 論

本研究の結果、階段昇降時のエネルギー消費量推定には運動中のみならず、運動後の回復過程における酸素負債量を考慮すべきであることが明らかになり、酸素負債量を考慮して求めたエネルギー消費量は、上行下行時とも昇降速度と相関し、速度からエネルギー消費量算出式を作成することが可能であった。

研究の意義・独創的な点

階段昇降速度から実際の階段昇降運動で消費されるエネルギー量の算出式を作成した点。携帯型呼気ガス分析装置を使用することにより、運動中、後（酸素負債量）の影響を検討でき、運動後の影響を考慮すべきとした点は今後の身体活動量評価実施に際し有用である。

審査結果の要旨

本論文は、階段昇降運動が日常生活活動の中でも運動強度が高く、日常のエネルギー消費量への寄与が大きいにも関わらず、現在用いられている階段昇降運動時のエネルギー消費量が的確に評価されていないことに注目し、実際の階段昇降時の呼気ガス分析を行い、その動態からエネルギー消費量の予測式を作成、検討したものである。

健康成人男性 13 名（平均年齢 22.5 ± 3.2 歳、身長 171.9 ± 4.0 cm、体重 68.2 ± 12.3 kg）に携帯型呼吸代謝分析装置（K4b2）を装着させ 60 段（各段高さ 0.17 m、幅 0.28 m）の階段昇降運動を 5 種の方法で行わせ、得られた酸素摂取量からエネルギー消費量（Energy Expenditure by Respiratory Gas Analysis：EE Gas）の経時変化を検討した。昇降速度と運動に要したエネルギー消費量の総和（EE Gas 積分値）との関係を求め、昇降速度から消費エネルギー量を算出する予測式を作成した。

階段昇降時の酸素摂取量は、運動終了後も立位安静時を上回る状態が継続し、徐々に安静時の水準に回復するいわゆる酸素負債が、運動終了後数分にわたって観察された。運動中の酸素摂取量と運動終了後の酸素負債量の間には負の相関がみられ、昇降速度と運動終了後の酸素負債の間には、上行、下行時ともに有意な相関が認められた。階段昇降速度から運動中の酸素摂取量と運動後の酸素負債から安静時酸素摂取量を差し引いた値 EE gas を直線回帰により求め、以下の式を得た。

（Y：EE Gas (kcal/kg/min), X：Speed (steps/min)）

上行： $Y = 1.22 \cdot 10^{-5} X^2 - 4.64 E-4 X + 0.131$, $r = 0.954$ ($P < 0.0001$)

下行： $Y = 5.96 \cdot 10^{-6} X^2 - 9.44 E-4 X + 0.103$, $r = 0.828$ ($P < 0.0001$)

本研究の結果、階段昇降時のエネルギー消費量推定には運動中のみならず、運動後の回復過程における酸素負債量を考慮すべきであることが明らかになった。従来求められていた階段昇降運動のエネルギー消費量は酸素負債を考慮していないため過小評価されていることがわかった。また本研究で作成した予測式は従前の方法とは異なり、昇降速度の増加に伴うエネルギー消費量の変化を的確に捉えることが可能になった。この予測式を用いることにより身体活動量の評価の精度が高くなり、運動処方や運動療法においてきわめて有用であると考えられる。よって本論文は学位論文に値する。