

# 下肢筋パワーが階段昇りの心拍数に及ぼす影響

木村 瑞生<sup>\*1</sup> 山本 正彦<sup>\*2</sup>

## Influence of leg muscle power on heart rate in ascending stairs

Mizuo Kimura<sup>\*1</sup> Masahiko Yamamoto<sup>\*2</sup>

### Abstract

The purpose of the present study was to investigate the influence of leg muscle power (leg extension power and vertical jump) on heart rate (S-HR) in ascending outdoor stairs of a campus. Subjects were 447 healthy freshmen (male:322, female:125). Subjects were instructed to ascend 181 steps of stairs (each step height of 14.0~16.5 cm, each length of tread of 30~34 cm) for 2 min at constant speed (105 steps / min). In the relation between S-HR and leg extension power, the significant negative correlation coefficient (male:  $r=-0.257$ ,  $p<0.01$ , female:  $r=-0.247$ ,  $p<0.05$ ) was shown. Also in the relation between S-HR and vertical jump, the significant negative correlation coefficient (male:  $r=-0.211$ ,  $p<0.05$ , female:  $r=-0.354$ ,  $p<0.01$ ) was shown. These results suggested that S-HR reflecting the cardiorespiratory circulatory function is influenced in the function of the muscular output of the leg.

### はじめに

日常生活動作の中で階段昇りは、比較的強度の高い身体活動である<sup>1)3)</sup>。それゆえ、エレベータやエスカレータなどが当たり前の設備となっている現代の生活環境では、階段を昇ることを億劫に感じ、ついつい昇ることを避けるような行動様式をとってしまう人が多い。体力的に低下しつつある中高年者ならまだしも、体力のピーク期にある大学生でさえ、わずか校舎の2階への移動にもエレベータ待ちをしている次第である。現代社会で暮らす人々のこのような行動様式は、如何に階段が身体の負担になっているかということを表しているが、逆に身近な生活環境の中に体力トレーニングとして好都合の場があると言うこともできる。鈴木と高瀬ら<sup>2)</sup>は、職業上階段の昇り降りを余儀なくされる被験者を対象にアパートの1~4階までの階段昇降の運動強度を調べ、昇段時の心拍数が136拍/分に達することを示している。そして、一般の被験者ではさら

に心拍数が高くなることを指摘している。Aziz と Teh<sup>4)</sup> は、12階建ての公共の住居の階段を使って階段昇りをさせた際に、心拍数が154.6±16拍/分にも達することを報告している。同様にTanら<sup>5)</sup>も公共の住居の階段を使って180段の階段を昇った時の心拍数が、男性で158±14拍/分、女性で172±9拍/分に達することを報告している。このように階段を昇ることは、心臓呼吸系への負荷が高いことから、全身持久力(心臓呼吸系)の体力テストにも応用されている。TehとAziz<sup>6)</sup>は、公共の住居の階段を使った心臓呼吸系の体力テストとして“Stair-Climb Test”を開発している。また、階段昇降については、体力テストへの応用だけでなく日常の体力トレーニングにも応用されている。北村ら<sup>7)</sup>は、週3日、10週間の階段昇降トレーニングによって、全身持久能力が改善されることを示している。一方で、飯塚ら<sup>8)</sup>は、週3日、4カ月間の階段昇降トレーニングでは、心臓呼吸系の機能の改善には至らなかったが、脚筋力と脚筋持久力が向上する

\*1 東京工芸大学工学部基礎教育研究センター教授

\*2 東京工芸大学工学部基礎教育研究センター助教

ことを報告している。木村ら<sup>9)</sup>は、階段昇りの心拍数には、脚の筋出力の能力が関与していると指摘している。飯塚ら<sup>8)</sup>や木村ら<sup>9)</sup>の報告は、脚筋の機能が階段昇りの際の心臓呼吸系への負担度にも影響することを推測させる。

そこで、本研究では本学キャンパス内の181段の階段昇りの心拍数と下肢筋パワーの関係を調べることを目的とした。

## 方 法

### 1) 被験者

被験者は、2008年度から2009年度の本学工学部1年次生447名(男子322名、女子125名)であった(表1)。本研究は、本学の保健体育科目(フィットネス演習A)において実施した体力測定より得られた結果である。したがって、体力測定の事前授業において、学生は測定の目的や測定内容および測定方法を十分理解したうえで体力測定に臨んだ。

表1 被験者の身体的特徴

測定項目	男子学生 (322名)	女子学生 (125名)
年齢	18.5 (±0.6)	18.5 (±0.6)
身長 (cm)	171.4 (±5.9)	158.4 (±5.4)
体重 (kg)	63 (±11.9)	53.7 (±8.3)
BMI (kg/cm <sup>2</sup> )	21.4 (±3.8)	21.4 (±3.0)
体脂肪率 (%)	17.3 (±5.8)	25.8 (±5.6)

### 2) 階段昇りの方法

本研究では、本学キャンパス内の屋外に設置されたビルの8階相当の181段の階段を使用した。その形状は、蹴上14.0~16.5cm、踏面30~34cm、平均斜度22.4°で、7カ所の踊り場が設置されている。各踊り場の距離は、1カ所目238cm、2カ所目940cm、3カ所目240cm、4カ所目248cm、5カ所目244cm、6カ所目245cm、7カ所目292cmであった。被験者は、電子メトロノームの発音に合わせて一定のテンポ(105ステップ/分)で1段ずつ階段を昇った。結果として、7カ所の踊り場を含めて階段昇りに要

する時間は、ほぼ2分であった。

### 3) 階段昇りの運動強度と下肢筋パワーの測定

本研究では、階段昇りの運動強度の指標として心拍数(階段-HR)と主観的運動強度(Rating of perceived exertion : RPE)を、下肢筋パワーの指標として脚伸展パワーと垂直跳びを測定した。尚、RPEの日本語表示には、小野寺と宮下<sup>10)</sup>のスケール(表2)を用い、学生が181段の階段を昇り切った直後の辛さの程度を7~20の数値で記録させた(6の数値は記録しないように指導した)。

表2 RPE scale の日本語表示

カテゴリースケール	
20	
19	非常にきつい
18	
17	かなりきつい
16	
15	きつい
14	
13	ややきつい
12	
11	楽である
10	
9	かなり楽である
8	
7	非常に楽である
6	

階段-HRの測定には、心拍計(Accurex Plus, PLAR Electro 社製)を用いて、各被験者が181段を昇り切った直後の心拍数を記録した。脚伸展パワーの測定には、脚伸展パワー測定装置(アネロプレス3500、コンビ社製)を用いた。垂直跳びの測定には、滞空時間より跳躍高を求めるマルチジャンプテスト(DKH社製)を用いた。

### 4) データ解析

男子学生322名と女子学生125名それぞれについて、階段-HRと脚伸展パワーおよび階段-HRと垂直跳びの回帰直線の相関係数を求めた。有意水準は5%( $p < 0.05$ )とした。

## 結 果

### 1) 階段昇りの運動強度

表3に男子学生と女子学生の安静時の平均心拍数(安静-HR)、平均階段-HRおよび平均RPEを示した。安静-HR、階段-HRおよび最大心拍数の予測値(220-年齢)から、運動強度を求めると男子学生では61.5%HRreserve、女子学生では72.6%

HRreserve であった。RPE の平均値は、男子学生は 13.1 の「ややきつい」に相当し、女子学生では 13.8 の「ややきつい」と「きつい」の中間に相当した。

表3 安静時心拍数と階段-HRおよびRPE

測定項目	男子学生 (322名)	女子学生 (125名)
安静-HR (拍/分)	72.2 (±9.6)	76.5 (±10.5)
階段-HR (拍/分)	151.7 (±12.7)	167.3 (±11.7)
RPE	13.1 (±1.7)	13.8 (±1.9)

### 2) 階段-HR の分布

男子学生と女子学生について、階段-HR の分布を図1に示した。男子学生の階段-HR の最小値と最大値および平均値は、119 拍/分、186 拍/分、151.7±12.7 拍/分であった。女子学生の階段-HR の最小値、最大値および平均値は、それぞれ 131 拍/分、197 拍/分、167.3±11.7 拍/分であった。このように、男子学生および女子学生の階段-HR は、それぞれ広範囲に分布した。

### 3) 下肢筋パワーと階段-HR の関係

前述の階段-HR の広範囲の分布が、下肢筋パワーの大小と関係するの否かについて調べた。図2と図3には、男子学生と女子学生それぞれの脚伸展パワーと階段-HR の関係を示した。男子学生においても女子学生においても、脚伸展パワーの値が高い者ほど階段-HR の値が小となる負の相関が示された。それぞれの相関係数は、男子学生では  $r = -0.257$  ( $p < 0.01$ )、女子学生では  $r = -0.247$  ( $p < 0.05$ ) と高くはないが有意な値であった。

次に、男子学生と女子学生それぞれの垂直跳びと階段-HR の関係を図4、図5に示した。これらの関係においても脚伸展パワーと階段-HR の関係と同様に、垂直跳びの値が高い者ほど階段-HR の値が小となる傾向を示した。それぞれの相関係数は、男子学生では  $r = -0.211$  ( $p < 0.05$ )、女子学生では  $r = -0.354$  ( $p < 0.01$ ) と高くはないが有意な値を示した。

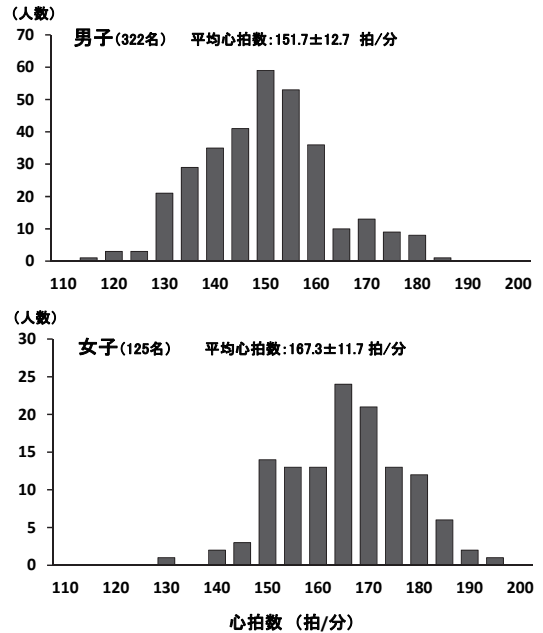


図1 男子学生と女子学生の階段-HRの分布

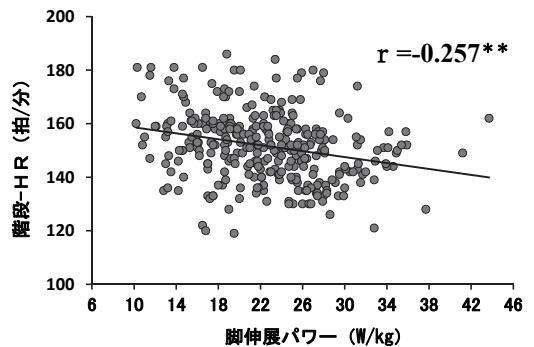


図2 男子学生における脚伸展パワーと階段-HRの関係

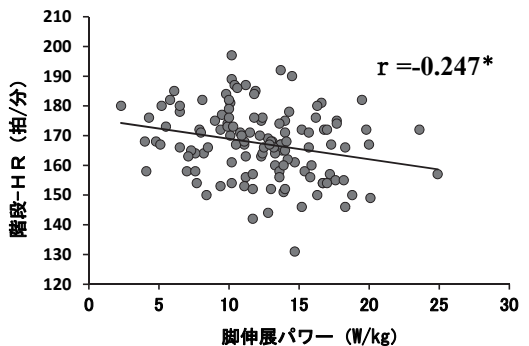


図3 女子学生における脚伸展パワーと階段-HRの関係

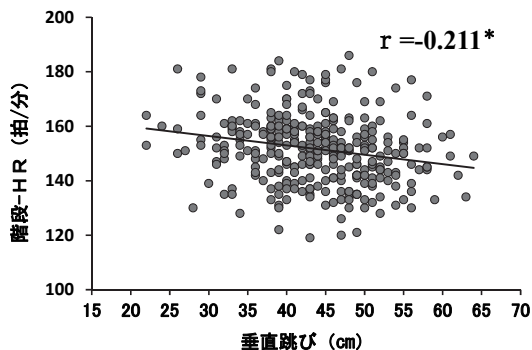


図4 男子学生における垂直跳びと階段-HRの関係

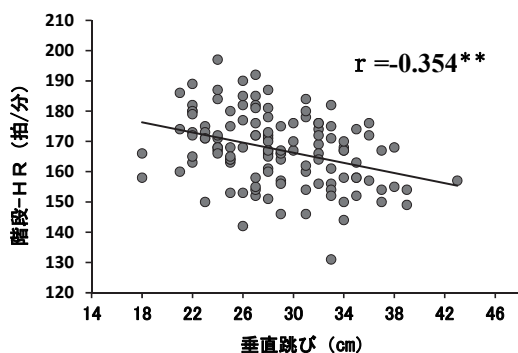


図5 女子学生における垂直跳びと階段-HRの関係

## 考 察

本研究では、大学キャンパス内の181段の階段を利用して、階段-HRと下肢筋パワーの関係について調べた。

本結果において、男子学生と女子学生それぞれの階段-HRは、広範囲に分布することが示された(図1)。このことは、ビルの7～8階に相当する181段の階段昇りの身体負担度には、大きな個人差があることを意味している。この個人差は、TehとAziz<sup>6)</sup>が開発したStair-climb Testからも明らかなように、各被験者の心臓呼吸系機能の差を反映しているものと思われる。しかし、階段昇りは鉛直方向への体重移動を伴う動作であるから、同じ階段を昇ったとしても、仕事(体重)や機械的効率(身長)<sup>11)</sup>などが個人によって異なるので、これらの物理的な要因も階段-HRの個人差の原因となりうる。加えて、階段を昇るスピードの差も階段-HRの個人差の原因として挙げられる。特に昇るスピードの差は、心拍数に強く影響を及ぼすことが報告されている<sup>12)～17)</sup>。本研究では、階段昇りのテンポ(105ステップ

/分)を一定にしたので、この階段昇りのスピードの要因は除外できる。他に階段-HRの個人差の要因として、除脂肪体重<sup>18)</sup>、筋断面積あたりの筋力<sup>19)</sup>、筋線維間の脂肪蓄積量<sup>20)</sup>などの身体的要因も考えられる。

このように、今回の階段-HRの個人差には、心臓呼吸系機能だけではなく物理的要因と身体的要因が複雑に絡み合って影響していることが推測される。それにも係らず、下肢筋パワーと階段-HRの関係には、有意な負の相関( $r = -0.211 \sim -0.354$ )が示された。このことから階段-HRには、物理的・身体的要因よりも下肢の筋機能の方が強く影響していることが推測される。木村ら<sup>9)</sup>は、男女間の階段-HRの差は体重差でも無く、身長差でも無く、除脂肪体重差でも無く、脚の筋出力の機能的な差であると示唆した。このことは、まさしく本結果を裏付けているものである。

本研究結果は、階段昇りの心拍数は、心臓呼吸系の機能と併せて下肢の筋出力の機能を反映していることを示唆している。

したがって、日常生活動作の中に階段昇りを取り入れることは、心臓呼吸系機能および下肢筋機能の体力の診断として利用できること、また、それらの機能を維持・増進するための体力トレーニングとして有用であることを意味している。

## まとめ

本研究結果では、大学キャンパス内の屋外の181段の階段を利用して、階段-HRと下肢筋パワーの関係について調べた。被験者は、男子学生322名(18.5±0.6歳)、女子学生125名(18.5±0.6歳)であった。

男子学生と女子学生それぞれにおいて、階段-HRと脚伸展パワー関係および階段-HRと垂直跳び関係に有意な負の相関( $r = -0.211 \sim -0.354$ )が示された。これらの結果は、心臓呼吸系の機能を反映している階段-HRが、下肢の筋機能に強く影響されることを示唆している。

## 参考文献

- 1) 大道等: 階段昇り降りのバイオメカニクス, J. J. Sports Sci., 9(9):544-551, 1990
- 2) 鈴木幸子、高瀬直彦: 階段昇降時のエネルギー代謝について, 体力科学, 10(1):14-16, 1961

- 3) 松永俊哉、須山靖男、今泉哲雄、荒尾孝：階段登行運動が中高年期男性の生理応答に及ぼす影響：体力科学, 45(6):744, 1996
- 4) Aziz A.R. and Teh K.C. : Physiological responses to single versus double stepping pattern of ascending the stairs. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.*, 24(4):253-257, 2005
- 5) Tan H.Y.F., Aziz A.R., Teh K.C. and Chia Y.H.M. : Reliability of the stair-climb test (STC) of cardiorespiratory fitness. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 10(3):77-83, 2004
- 6) Teh K.C. and Aziz A.R. : Heart rate, oxygen uptake, and energy cost of ascending and descending the stairs. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34(4):695-699, 2002
- 7) 北村潔和、堀田朋基、福田明夫、山地啓司：階段昇降運動による全身持久性トレーニングが最大酸素摂取量に及ぼす影響, *J. J. Sports Sci.*, 8(6):386-391, 1989
- 8) 飯塚鉄雄、日丸哲也、中西光雄、岩崎義正、永田晟、磯川正教、中村誠：中高年の運動処方に関する研究 —階段昇降運動の効果—, *体力科学*, 23(2):60-66, 1974
- 9) 木村瑞生、山本正彦、五十嵐桂一：2分間連続階段昇りの運動強度に及ぼす除脂肪体重の影響 —標準体型の男子学生と女子学生の比較—, *体育の科学*, 61 (9) :713-717, 2011
- 10) 小野寺光一、宮下充正：全身持久力における主観的強度と客観的強度の対応性-Rating of perceived exertion の観点から—, *体育学研究*, 21(4) : 191-203, 1976
- 11) 大道等：階段昇り降りのバイオメカニクス, *J. J. Sports Sci.*,9(9):544-551, 1990
- 12) 吉田忠義、梁川和也、半谷泰章、矢崎祥一郎、渡辺有佳莉、藤沢宏幸：階段昇段における動作パターンが酸素摂取量および運動効率に与える影響, *理学療法科学*, 26(6):759-762, 2011
- 13) 杉山康司、富田寿人、形本静夫：階段上り下りにおける上りステップ様式の違いが運動強度に及ぼす影響, *臨床スポーツ医学*, 27(4):443-449, 2010
- 14) 星照護、久米大祐、宋珠美、脇本敏裕、松枝修二、長尾光城、長尾憲樹：階段昇り歩行におけるテンポが生理応答に与える影響について, *体力科学*, 58(6):910, 2009
- 15) 古川順光、中俣修、富永良一、金子誠喜、堀川博代、池田誠、山本恵三、後藤保正：階段昇降運動時の昇降速度と心拍数変化の関係, *体力科学*, 53(6):894, 2004
- 16) 丹羽文隆、大道等：階段の上り下りをするときのエネルギー消費量を心拍数から推定する, *ウォーキング研究*, 4:73-78, 2000
- 17) Richardson M. : Physiological response and energy expenditures of women using stairs of three designs. *J. Appl. Physiol.*, 21(3):1078-1082, 1966
- 18) 小林寛道：持久力の性差—最大酸素摂取量を中心として—, *臨床スポーツ医学*, 2 (6) :666-672, 1985
- 19) Kanehisa H., Ikegawa S. and Fukunaga T. : Comparison of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *Eur.J. Appl. Physiol.* 68:148-154, 1994
- 20) 中川喜直、服部正明、原田邦明、坂東道夫、岡野五郎：<sup>1</sup>H-MRS 法によるヒト骨格筋内の脂肪量と性差, 体組成, 全身持久力との関係, *体力科学*, 52:149-158, 2003