

---

## ジャンピング・ニーアップ・ステップにおける 酸素摂取量と心拍数の関係

万波 健吾<sup>1</sup>、藤田 幸雄<sup>2</sup>、吉岡 伸彦<sup>2</sup>、村松 成司<sup>2</sup>、片岡 幸雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社ピープル、<sup>2</sup>千葉大学

A Study on the Relationship between Oxygen Uptake and Heart-Rate  
during Jumping Knee-Up Step Movement

Kengo MAN-NAMI<sup>1</sup>, Yukio FUJITA<sup>2</sup>, Nobuhiko YOSHIOKA<sup>2</sup>  
Shigeji MURAMATSU<sup>2</sup> and Yukio KATAOKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PEOPLE Co.,Ltd.      <sup>2</sup>Chiba University

---

### Abstract

We studied the relationship between oxygen uptake and heart-rate normalized by anaerobic threshold level during jumping knee-up step movement and pedalling movement.

Results obtained were summarized as follows;

- 1) Significant correlation between oxygen uptake and heart-rate during both jumping knee-up step movement and pedalling movement were confirmed for each subject.
- 2) Correlation between oxygen uptake and heart-rate for jumping knee-up step is almost the same as pedalling movement.
- 3) We observed remarkable differences among some subjects for jumping knee-up step movement: standard deviation is 2.64 times of the pedalling movement.

### はじめに

近年運動不足が原因と考えられる虚血性心疾患が先進国を中心に流行し、これを機としてエアロビック・ダンス・エクササイズが急速に普及・展開されてきた。一方で運動生理やキネシオロジー等の基礎研究も活発になり、様々な運動様式について目標心拍数（運動強度）や可動範囲等に関する運動処方（規定）が作られている<sup>1) 5) 7) 9) 13)</sup>。

この中でこれまでのエアロビック・ダンス・エクササイズに関する研究報告は現場の実態を調査する内容のものが多く<sup>4) 11) 12) 15)</sup>、個々の動きを調べる基礎研究はほとんど未開拓であると思われる。

以上のような背景を踏まえて今回は、エアロビ

ック・ダンス・エクササイズの動きの一つ、ジャンピング・ニーアップ・ステップ<sup>4)</sup>の運動強度の条件をいくつか規定し、酸素摂取量と心拍数の関係を調べ、さらに自転車駆動の結果と比較し、現場における運動強度の心拍数管理についてその妥当性を検討した。

### 実験方法

恒常的に持久的な運動を行っている健康な男性8名を被験者とした。各被験者の身体的特性をTable 1に示した。

実験に先立ち本研究の目的と手順について説明し、十分な同意を得た上で協力を依頼した。

運動中の測定に関しては、自転車駆動、ジャン

Table 1. 各被験者の身体的特性

| SUBJECTS | HEIGHT | WEIGHT | AGE  |
|----------|--------|--------|------|
| Y.F      | 174    | 71.3   | 34   |
| K.M      | 174    | 60.2   | 30   |
| M.F      | 172    | 76.5   | 21   |
| T.S      | 171    | 69     | 21   |
| D.M      | 172    | 68.5   | 18   |
| T.Ok     | 170    | 58     | 18   |
| T.Oo     | 183    | 74     | 18   |
| I.O      | 174    | 54.5   | 18   |
| MEAN     | 174    | 66.5   | 22.3 |
| SD       | 3.77   | 7.46   | 5.85 |

ジャンピング・ニーアップ・ステップとともに被験者に呼気ガス採集用のマスクを装着させ、ガス分析器（ミナト医科学社製AE-280）にて換気量、呼気および吸気中の酸素濃度と二酸化炭素濃度を各呼吸ごと（ブレスーバイブレス）に測定し、換気特性を示す酸素摂取量・換気量等の諸パラメータを調べた。また胸部誘導による心電図波形から、運動中の心拍数を測定した。

### 1. 自転車駆動によるAT測定

まず各被験者の無酸素性作業閾値（Anaerobic Threshold：以下ATと略す）レベルを自転車を駆動させることにより調べた<sup>6) 8) 17)</sup>。測定中のプロトコールとして、電磁ブレーキ式自転車エルゴメータ（竹井機器社製ハイパワーエルゴメータ）を用いて直線的に漸増する負荷を設定し、その駆動運動を10分間継続させた。この際の負荷は、50Wから毎分20Wずつ250Wまで漸増させた。

測定データの分析の際、V-Slope法および諸パラメータの極小点に基づく総合判断からATレベルを判定した。

### 2. ピッチとウェイトを用いたジャンピング・ニーアップ・ステップにおける運動強度の条件

ジャンピング・ニーアップ・ステップは左右交互に大腿部を水平位置まで挙上する両足ジャンプ動作を連続するものと規定した。

ジャンピング・ニーアップ・ステップの条件はウェイトのなし/ありの2種類の負荷条件と、150拍/分（Beats Per Minute：以下BPMと略す）、120BPMの2種類のピッチの組合せで、4種類と設定した。ウェイトがある条件では、被験者の腰に体重の約10%に相当するウェイト（スキューバ・ダイビング用）を巻いた。電子メトロノームを使い4拍子のピッチ音を聞かせ、ウェイトのなし/ありにかかわらず、随時被験者に指示し正しいフォームを保持させた<sup>10)</sup>。ジャンピング・ニーアップ・ステップは5分間継続させ、3~5分の定常状態に得られた酸素摂取量と心拍数の両平均値を、その条件における運動強度と規定した。各ピッチの試行順序は、150BPM→休息→120BPM→休息→その後ウェイトを巻いて150BPM→休息→120BPMとした<sup>2)</sup>。休息時間は10分以上とし、また4つの試行は2週間以内にすべて測定した。

### 3. AT負荷を基準とした自転車駆動における運動強度の条件

自転車駆動によるAT測定データより、判定したATレベルにおける自転車ペダル負荷の実測値を、AT負荷と規定した。このAT負荷を基準に50%、80%、100%、110%の4種類の負荷を自転車駆動の条件とした。100%はAT負荷である。各条件ともに、自転車駆動は5分間継続させ、3~5分間の定常状態に得られた酸素摂取量と心拍数の両平均値を、運動強度と規定した。AT測定データから推定されるAT負荷以下の負荷条件では、3~5分間の酸素摂取量の変化が定常状態に達したことをすべての被験者において確認した。

## 実験結果

### 1. ATレベルの酸素摂取量

Fig.1 には被験者毎に得られたATレベルにおける単位体重当りの酸素摂取量を示した。ATレベルにおける酸素摂取量は、最大36.1ml/min/kg、最小26.6ml/min/kg、平均31.8ml/min/kg、標準偏差3.06ml/min/kgであった。

### 2. ジャンピング・ニーアップ・ステップにおける酸素摂取量と心拍数の関係

各被験者の酸素摂取量と心拍数は、それぞれ安静時を基準に予備値で定義した。

まず酸素摂取量のみをATレベルの値を100%として規格化した。%酸素摂取量と心拍数の関係をFig. 2とFig. 3に表示した。Fig. 2はジャンピング・ニーアップ・ステップの関係であり、またFig. 3は自転車駆動の関係である。各被験者の関係は測定された4点から最小自乗法により求められ、それぞれ細い直線で示される。4点については、すべての被験者で1%ないしは5%水準で有意な相関関係が認められた。傾きaとy軸切片bの平均値は太い直線で代表される。

### 3. 自転車駆動との比較

Fig. 4と5において、自転車駆動（以下の図表中でERG.と記す）とジャンピング・ニーアップ・ステップ（以下の図中でK.U.と記す）の傾きaとy軸切片bをそれぞれ比較した。傾きaの値については、自転車駆動の場合、平均0.843、標準偏差0.201、ジャンピング・ニーアップ・ステップの場合、平均0.891、標準偏差0.345、またy軸切片bの値は、自転車駆動の場合、平均62.2、標準偏差12.9、ジャンピング・ニーアップ・ステップの場合、平均62.0、標準偏差30.2であった。

次に酸素摂取量と心拍数をATレベルの値を100%として規格化した。4つの測定点より被験者毎に

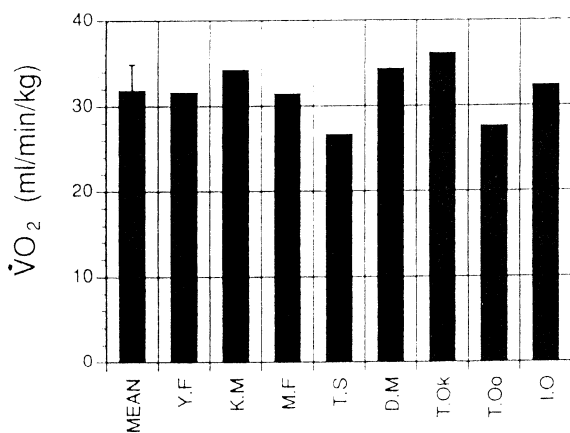


Fig. 1. 各被験者のATにおける酸素摂取量

回帰直線の傾きaを算出した。傾きaの平均と標準偏差より作った回帰直線を、それぞれFig. 6と7に%酸素摂取量-%心拍数の関係として表した。ATレベルを基準にしているため、すべての直線は酸素摂取量と心拍数がそれぞれ100%になる点で交差する。

Fig. 6と7において、傾きaはジャンピング・ニーアップ・ステップの場合、最大1.540、最小0.624、平均0.980、標準偏差0.283、自転車駆動の場合、最大1.120、最小0.853、平均0.979、標準偏差0.107となる。

二元配置の分散分析で統計処理したところ、両者の間に有意な差は認められなかった。

### 考 察

本論文では4点から回帰直線を求め、論じている。%酸素摂取量のデータ範囲は4点の最大値と最小値の差で定義され、自転車駆動の場合、最大61.6%、最小44.3%、平均55.7%、標準偏差5.2%、

これに対してジャンピング・ニーアップ・ステップの場合、最大51.3%、最小20.3%、平均36.4%、標準偏差11.4%となった。ジャンピング・ニーアップ・ステップの標準偏差は自転車駆動の2.19倍であった。

4名の被験者ではジャンピング・ニーアップ・ステップの範囲の方が比較的狭い傾向にあり、自転車駆動の約0.82~1.16倍あった。4名中1名のみ、ジャンピング・ニーアップ・ステップの範囲は自転車駆動より広がった（自転車駆動の1.16倍）。これ以外の4名にはジャンピング・ニーアップ・ステップの範囲の方が明らかに狭かった（自転車駆動の0.36~0.51倍）。

ジャンピング・ニーアップ・ステップの自転車駆動に対する倍率は、最大1.16、最小0.36、平均0.67、標準偏差0.26であった。

またデータの最小点は、自転車駆動の場合43.8%、ジャンピング・ニーアップ・ステップの場合、63.8%、最大点は、自転車駆動の場合134.5%、ジャンピング・ニーアップ・ステップの場合、133.2%となった。各被験者においては、ジャンピング・

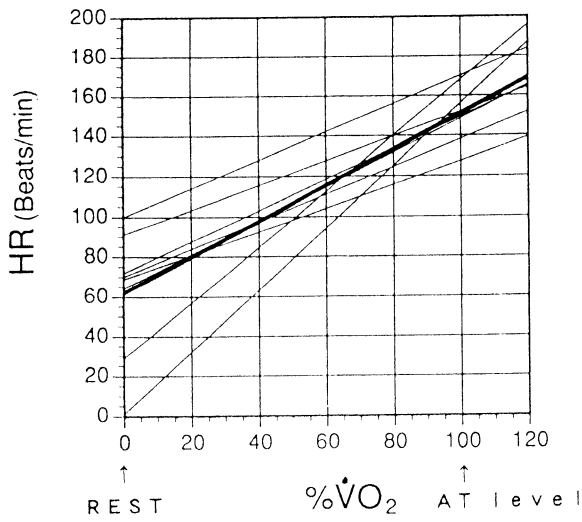


Fig.2. ニーアップステップにおけるATレベルを100%とした%酸素摂取量と心拍数の関係

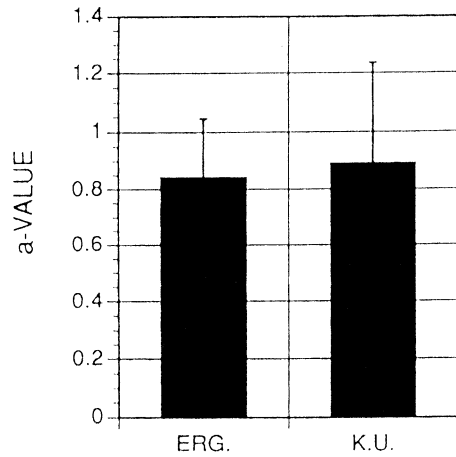


Fig.4. 傾きaについて自転車駆動とジャンピング・ニーアップ・ステップの比較

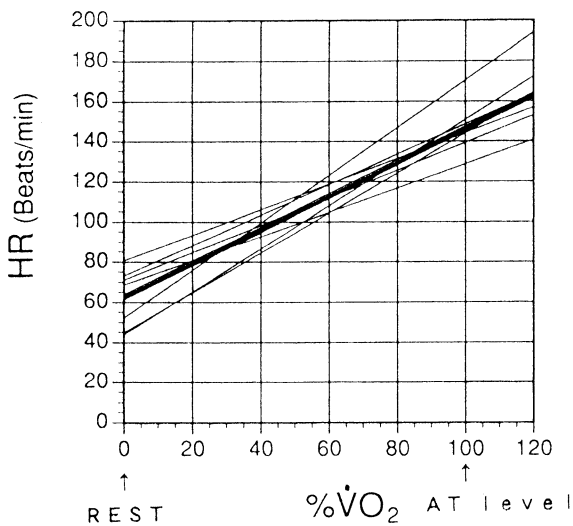


Fig.3. 自転車駆動におけるATレベルを100%とした%酸素摂取量と心拍数の関係

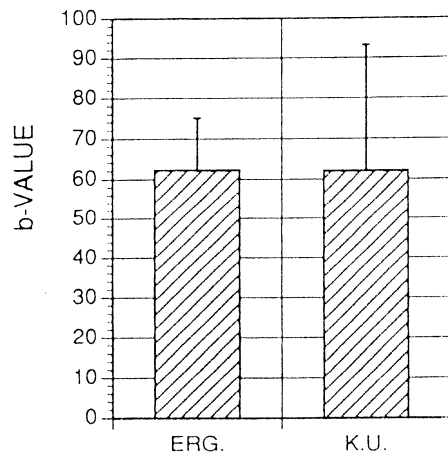


Fig.5. y軸切片bについて自転車駆動とジャンピング・ニーアップ・ステップの比較

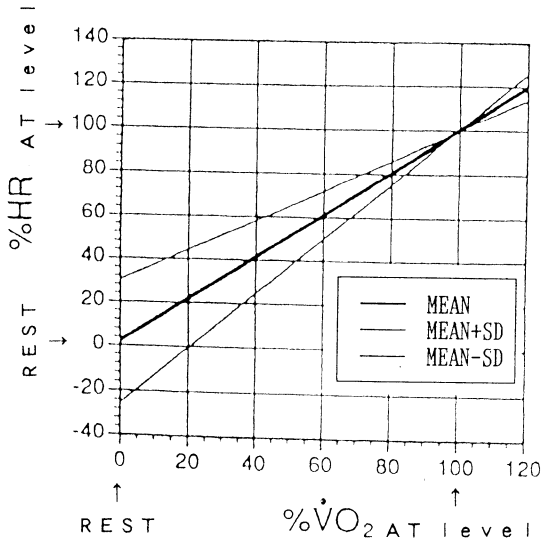


Fig. 6. ジャンピング・ニーアップ・ステップにおけるATレベルを100%とした%酸素摂取量と心拍数の関係

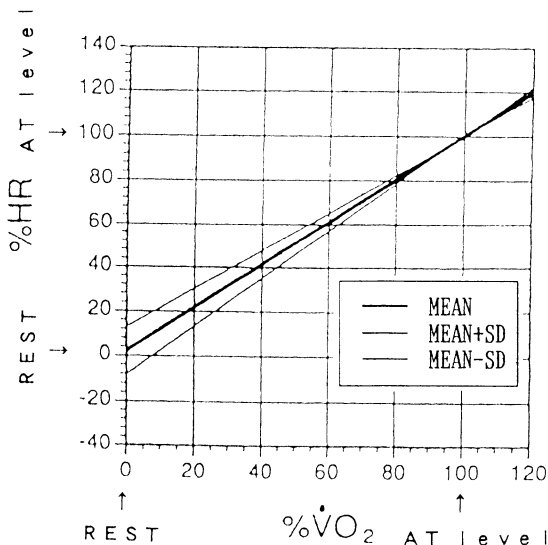


Fig. 7. 自転車駆動におけるATレベルを100%とした%酸素摂取量と心拍数の関係

ニーアップ・ステップの最大値と最小値が自転車駆動よりやや大きくなる傾向が観察された。

総じて、ジャンピング・ニーアップ・ステップの範囲は、明らかに狭いデータもあったが、データの半数はジャンピング・ニーアップ・ステップと同レベルにあった。ただし範囲の広さが同レベルにあっても、ジャンピング・ニーアップ・ステップの方が%酸素摂取量のやや高い範囲にある傾向が観察された。

Fig. 4の自転車駆動とジャンピング・ニーアップ・ステップの比較から明らかなように、心拍数の上昇率(傾きa)は平均値がほとんど同じものの、標準偏差はジャンピング・ニーアップ・ステップの方が1.72倍も大きい。

この結果は、自転車駆動で得られた%酸素摂取量-心拍数直線を使ってジャンピング・ニーアップ・ステップ中の心拍数から%酸素摂取量の推定は平均的には可能であるが、個体によっては他のスポーツ同様個体差を加味する必要もあり得ることを示唆している<sup>13)</sup>。

これら%酸素摂取量-心拍数とFig. 6とFig. 7に示した%酸素摂取量-%心拍数の関係について傾きaの平均値を比較すると、%酸素摂取量-心拍数の場合ジャンピング・ニーアップ・ステップ0.891、自転車駆動0.843に対して、%酸素摂取量-%心拍数ではジャンピング・ニーアップ・ステップ0.980、自転車駆動 0.979と両試行間の差がほとんど認められなかった。これは心拍数の基準として直接測定値である安静値とATレベルを採用したため、安静値やATレベルに反映される年齢差等個体差にかかわるいくつかの要因を排除できたことに起因すると考察できる<sup>13)</sup>。

このように%酸素摂取量-%心拍数の関係では、平均直線の傾きaがFig. 6と Fig. 7の間ではほぼ一致することから、平均的には自転車駆動より導き出される%酸素摂取量と%心拍数の関係を用い、ジャンピング・ニーアップ・ステップ中の%心拍数から%酸素摂取量を推定できると考えられる。

しかしながらエアロビク・ダンス・ステップに関して他の報告<sup>15)</sup>にもあるように、本研究の

場合もジャンピング・ニーアップ・ステップにおける%酸素摂取量と%心拍数の関係の中で個体差が比較的大きく観察された。

本研究の場合、ジャンピング・ニーアップ・ステップの傾きaの標準偏差は、自転車駆動の標準偏差の2.64倍であった。ジャンピング・ニーアップ・ステップと自転車駆動間のこのような違いに対して、今後さらにエアロビック・ダンス・エクササイズの種類別のステップについても平行して調査を進め、各運動様式に対応した個体差の出現に関して検討していくことを考えている<sup>3) 13) 14) 16)</sup>。

### 要 約

本研究では、ATレベルを基準にしてジャンピング・ニーアップ・ステップにおける酸素摂取量と心拍数の関係を調べ、自転車駆動の関係と比較した。この結果、

1)ジャンピング・ニーアップ・ステップ、および自転車駆動において、酸素摂取量と心拍数の関係は、すべての被験者で有意な相関関係が認められた。

2)ジャンピング・ニーアップ・ステップにおける酸素摂取量と心拍数の関係は、自転車駆動の関係と平均的に同じであった。

3)自転車駆動よりもジャンピング・ニーアップ・ステップの運動強度に顕著な個体差が見られた。ジャンピング・ニーアップ・ステップの標準偏差はニーアップステップの2.64倍であった。

今後の展開として

4)個体差間をさらに分析するとともに、別種のステップへの応用を考えている。

### 参考文献

- 1)Edward T.Howley,B.Don Franks:Health/Fitness Instructor's Handbook, 日本エアロビクスフィットネス協会 1986.
- 2)藤田幸雄、万波健吾、吉岡伸彦、村松成司、片岡幸雄：ジャンピング・ニーアップ・ステップにおけるピッチとATを基準にした運動強度との関係，千葉体育学研究,16,61-66.1993
- 3)福田明夫、北村潔和、山地啓司、有沢一男：作業部位（活動筋量）の相違によるHR-%VO<sub>2</sub>max直線の変異性，体育の科学 30, 751-758,1980.
- 4)早川洋子、浅野勝美、西村千尋、水野康：Aerobic dance の運動強度，日本体育学会第42会大会号 A: 341,1991.
- 5)池上晴夫：運動処方－理論と実際，現代の体育・スポーツ科学 1990.
- 6)James A.,D.,Paul,V.,Jack H,w.,Jennifer,V. and Peter,K.:Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. J.Appl.Physiol.,41,544-550,1976.
- 7)Kenneth H.Cooper,M.D.: エアロビクス－新しい健康づくりのプログラム－，ベースボールマガジン社 1970.
- 8)小池日登美、中村真人、池田千恵子、柳沢悦子、有田真由美、小林敏夫、宮沢幸世、鳩貝文彦、岩垂信、伊東春樹：高血圧患者におけるATを基準とした運動療法，臨床スポーツ医学 9,1027-1031,1992.
- 9)Rolf Wirhed：目でみる動きの解剖学，大修館書店・東京 1984
- 10)沢井史穂、手塚一志、川上泰雄、平野裕一、宮下充正、吉岡伸彦：ピッチの違いがその場かけ足運動に及ぼす影響，体力科学 38,628,1989.
- 11)沢井史穂、吉岡伸彦、平野裕一、宮下充正：上肢の運動を伴うその場かけ足運動中の心拍数と酸素摂取量，体力科学 39,582,1990.
- 12)沢井史穂：エアロビックダンスを科学する⑤エアロビックダンスの運動強度を考える－上肢の運動の影響－,HEALTH NETWORK 97,11-13,1992.
- 13)山地啓二：心拍数の科学，大修館書店・東京 1981
- 14)山地啓司、宮下充正：最大自転車駆動と走運動にみられる呼吸・循環機能の反応の違いに関する研究，体育学研究 22,179-187,1977
- 15)吉岡伸彦、仲丸幸子、津久浦慶郎、武藤芳照、宮下充正：換気閾値からみたエアロビック・ダンスの運動強度，Jpn.J.Sports.Sci.5,415-420,

1986.

16)湯浅景元、福永哲夫、角田直也、朝比奈一男、藤松博、平田敏彦：作業姿勢が最大下と最大作業中の酸素摂取量と心拍数に及ぼす影響，体育学研究 25,31-38,1980.

17)Wasserman,K., Whipp,B.J., Koyal,S.N.:Ana-

erobic threshold and respiratory gas exchange during exercise, J.Appl.Physiol.35, 236-243,1973

(平成4年12月10日受付)