
ジャンピング・ニーアップ・ステップにおけるピッチと ATを基準とした運動強度との関係

藤田 幸雄¹、万波 健吾²、吉岡 伸彦¹、村松 成司¹、片岡 幸雄¹

¹千葉大学 ²株式会社ピープル

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

Yukio FUJITA¹, Kengo MAN-NAMI², Nobuhiko YOSHIOKA¹

Shigeji MURAMATSU¹ and Yukio KATAOKA¹

¹Chiba University, ²PEOPLE Co., Ltd.

Abstract

A study was conducted to clarify the relationship between oxygen uptake($\dot{V}O_2$) and repeat frequency of jumping knee-up step movement. Subjects(4 of males, 5 of females) performed the 5 minute sequential jumping knee-up step movement at a step frequency from 120 to 180 beats per minute(BPM).

The following results were obtained:

- 1)The $\dot{V}O_2$ of jumping knee-up step movement was greater than that of other high impact step movements at same step frequency.
- 2)The $\dot{V}O_2$ of jumping knee-up step movement showed significantly smallest value at 150 BPM. The higher(and/or, lower) the step rate increased(and/or decreased) from 150 BPM, the greater $\dot{V}O_2$ were obtained.
- 3)The $\dot{V}O_2$ of jumping knee-up step movement at 180 BPM was greater than Anaerobic Threshold(AT) level.

緒 言

各種の身体活動の運動強度は、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)やこれと強い相関を持つ心拍数を指標として調べられてきた⁴⁾⁵⁾⁷⁾¹²⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。これらの報告では、自転車駆動運動で出力をモニターしながら生体の効率を計測するといった基礎的なものから、ボールゲームの試合中の心拍数を測定するといった現場報告的なものなどが混在し、その測定条件は多岐多様にわたっている。

1969年にJacki Sorensenによって創始されたエアロビック・ダンスは、近年有酸素的トレーニングの一形態としてかなり身近なものとなっており、この運動強度を調べた報告も種々認められる¹⁾²⁾³⁾⁶⁾⁸⁾⁹⁾¹¹⁾¹⁶⁾。しかしこれらの報告では、

実際のレッスン中の実態把握といった面から分析がなされているものが多く、エアロビック・ダンスを構成する各種の動きについて詳細に調べたものは少ない。

また各種の動きのピッチの設定はエアロビック・ダンスにおける重要な要素であるが、過去の報告では測定時のピッチを一定にして調査したものが多く、運動強度がピッチによってどう変化するかを調べたものはほとんど見あたらない。

そこで本研究では、エアロビック・ダンスにおいて主要なハイインパクト系ステップ¹⁷⁾として用いられているジャンピング・ニーアップ・ステップに着目し、このステップを継続しているときの運動強度を測定するとともに、各種のピッチとの

関係を調べることを目的とした。

実験方法

実験には恒常的に持久的運動を行っている健康な男女9名を被験者とした。その形態的特性をTable 1で示した。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。

1. 自転車駆動運動によるAT測定

まず各被験者の無酸素性作業閾値 (Anaerobic Threshold: ATと略称する)¹³⁾ を測定した。負荷する運動様式として自転車駆動運動を用いた。すなわち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) に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。この際負荷は、男子では50Wから毎分20Wずつ漸増 (10分後で250W)、女子では50Wから毎分15Wずつ漸増 (10分後で200W) するものとした。

また被験者に呼気ガス採集用マスクを装着させ、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、換気特性を示す諸パラメータ ($\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}CO_2$ 、 $\dot{V}E$ 、 $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ 、RER等) を算出した。また胸部誘導による心電図波形から運動中の心拍数を監視した。ATの判定にはV-Slope法をはじめ、 $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ の変

化を伴わない $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ の極小点を視認する方法などを併用しつつ、諸パラメータの数値を総合的な判断に供した。

2. 各ピッチにおけるジャンピング・ニーアップ・ステップの運動強度

ジャンピング・ニーアップ・ステップ運動中に、ATの判定に用いたものと同様の呼気ガス分析を行った。ジャンピング・ニーアップ・ステップは両足ジャンプしながら左右交互に大腿部を水平位に挙上する動作を連続するものと規定し、運動実施中には同一のフォームを保つよう常時指示を加えた。

用いたピッチは120、135、150、165、180拍/分 (Beats Per Minute: 以下BPMと表示する) の5種類であり、電子メトロノームで4拍子のピッチ音を聞かせることにより、被験者に随意的にステップの速度を一定化させた。各ピッチでのステップはそれぞれ5分間継続させ、3分～5分の間に得られた $\dot{V}O_2$ の平均値をもって、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被験者ごとにランダムに設定した。

実験結果

1. ATの $\dot{V}O_2$

各被験者において得られたATにおける $\dot{V}O_2$ は、最大2030ml/min、最小1449 ml/min、平均1688 ml/minであった。この値を体重当たりにしたものをFig.1で示した。最大36.1 ml/min/Kg、最小26.4ml/min/Kgで、平均±標準偏差は29.4 ±3.15ml/min/Kgであった。

2. 各ピッチとニーアップ・ステップの運動強度との関係

各ピッチの試行時に測定した体重当たりの $\dot{V}O_2$ の値を被験者ごとにまとめたものをFig.2で示す。どの被験者においても180BPMでは高い値を示していた。また9

Table 1. Physical characteristics of subjects.

INITIAL	SEX	AGE	Height	Weight
H. A	M	21	169	62.6
T. Y	M	21	175	65.2
T. H	M	19	165	59.3
M. I	M	22	172	57.2
H. I	F	20	165	60.8
Y. S	F	19	157	58.7
N. H	F	20	165	53.1
M. I	F	20	165	59.7
Y. U	F	20	156	43.0
MEAN		20	165	57.7
SD		0.92	5.85	6.10
MAX		22	175	65.2
MIN		19	156	43.0
DIM		Years	cm	Kg

名中6名は135～165BPMのいずれかで、3名は120BPMで最低値を示した。この値をFig.3で各BPMの平均値として示した。またそれぞれのATに対する比率としてみると、150BPMにおいてはおおむねATより低い値であったが、数名の被験者では特に120BPMと180BPMでATを越す値を示していた(Fig.4)。

ATに対する比率をFig.5で平均値と標準偏差として示した。120BPMの値は135BPMの値より高く150BPMで最低値、165BPMでは150BPMより高く180BPMで最大値であり103%とATレベルを超えていた。これらの値を2元配置の分散分析を用いて調べたと

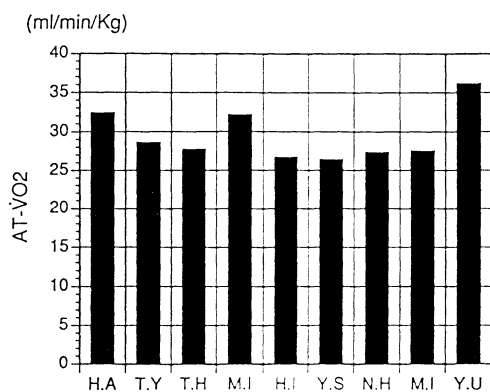


Fig.1. $\dot{V}O_2$ at of each subject.

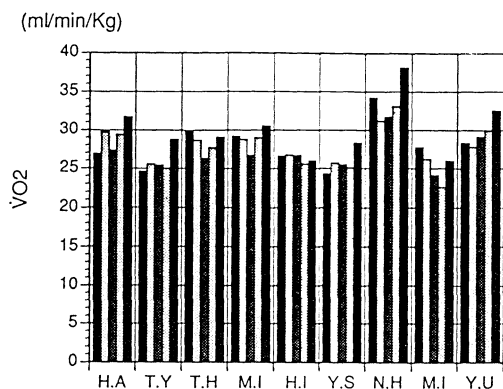


Fig.2. Relationship between oxygen uptake and step frequency during jumping of each subject.

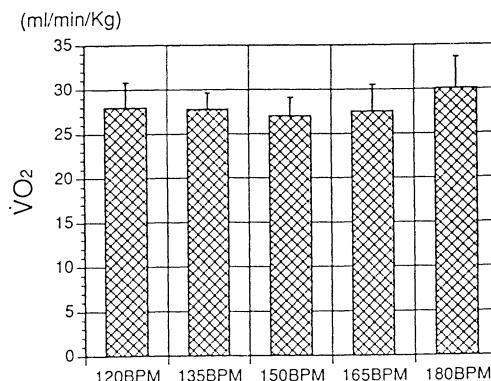


Fig.3. Mean values of oxygen uptake of each step frequency during jumping knee-up step movement.

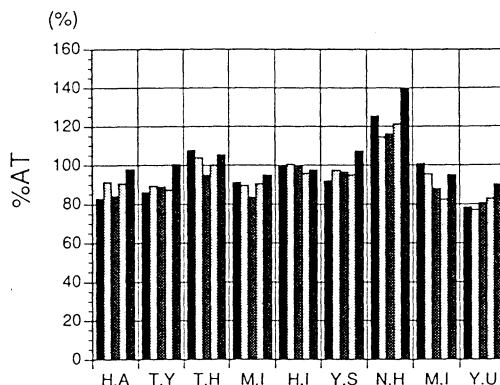


Fig.4. Relationship between oxygen uptake rate (to $\dot{V}O_2$ at AT) and step frequency during jumping knee-up step movement of each subject.

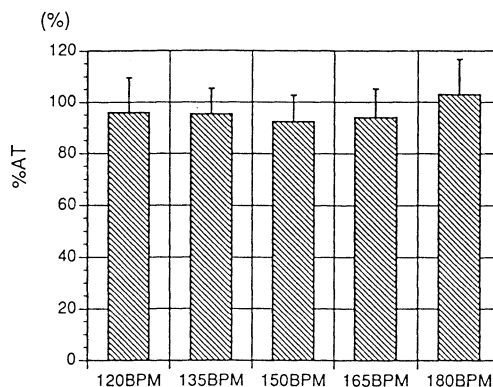


Fig.5. Mean values of oxygen uptake rate (to $\dot{V}O_2$ at AT) of each step frequency during jumping knee-up step movement.

ころ、各試行間と各被験者間ともに5%水準の有意な差が認められた。

考 察

A. 各種ステップと運動強度

ジャンピング・ニーアップ・ステップは、エアロビック・ダンスのいわゆるハイインパクト系のステップの中でも、とりわけ運動強度の高いものとして経験的に位置づけられている。しかしながらこれを明確に示した実験的報告は見当たらない。茶木 et al.²⁾ は数種類のハイインパクト系ステップについて、それぞれ132BPMのピッチで行ったときの $\dot{V}O_2$ を調べており、その値は最大値を示したステップで21.8ml/min/Kgであったとしているが、そのステップの詳細な形態は明記されていない。

沢井et al.⁹⁾はその場かけ足運動(Stationally Running)の $\dot{V}O_2$ を調べ、145BPMでは25.8ml/min/Kgという値を得ている。また山岡 et al.¹⁵⁾もその場かけ足運動の $\dot{V}O_2$ は、150BPMで約24ml/min/Kgであることを報告している。本研究のジャンピング・ニーアップ・ステップで得られた平均値は150BPMでは27.0ml/min/Kg、また135BPMでは27.8ml/min/Kgであった。この値は過去の報告にみられる他のステップに対して、ほぼ同一のピッチでの比較において高値を示している。ジャンピング・ニーアップ・ステップは重量の大きい大腿部を水平位置に引き上げる動作をとるため運動時に動員される筋量が多く、他のハイインパクト系ステップよりも相対的に高い運動強度を示すものと考えられる。

B. ピッチと運動強度との関係

各種のステップの $\dot{V}O_2$ を調べる際に用いるピッチは報告者によって様々であり、沢井 et al.の用いた145BPM⁹⁾や140、160BPM¹¹⁾、茶木 et al.²⁾の132BPM、早川 et al.³⁾の136(ローインパクト系)、158(ハイインパクト系)BPMなど一定しておらず、BPMを記載していない報告も多々ある。実際の

エアロビック・ダンスのレッスンではハイインパクト系のステップによるエクササイズの場合、140~160BPM程度のピッチの音楽が用いられているが、各インストラクターの主観的判断に委ねられている部分が多い。

過去の報告で設定されているピッチには根拠が乏しく、それぞれのステップにおいてピッチと $\dot{V}O_2$ との関係が詳細に調べられていない。今回のジャンピング・ニーアップ・ステップでは体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は150BPMで最小値を示し、これより高いピッチでも低いピッチでも $\dot{V}O_2$ の値が高くなる傾向が有意に認められた。

従来ピッチと $\dot{V}O_2$ との関係は主として自転車駆動運動や走運動に関して調べられている。Seabury et al.¹²⁾は自転車駆動運動を用いて各種負荷における回転数と $\dot{V}O_2$ 関係を調べ、負荷が40.8Wと軽い場合には回転数が42回転/分で最も $\dot{V}O_2$ が小さくなること、また負荷が326.8Wと高くなった場合には、この最小 $\dot{V}O_2$ を示す回転数が62回転/分に上昇することを報告している。

また佐竹 et al.⁷⁾はトレッドミル走運動におけるピッチと $\dot{V}O_2$ との関係を調べており、男子においては単位速度に対する $\dot{V}O_2$ の割合は170~180Steps/minで最小になることを示した。これらいずれの運動様式の場合にも、ある一定のピッチにおいて $\dot{V}O_2$ の最小値が得られている点に関して、本研究と同様の傾向が示されており興味深い。今回得られた結果は150BPM付近にハイインパクト系ステップの至適頻度があることを示唆しており、従来より経験的に用いられてきた音楽の140~160BPMというピッチの妥当性を裏付けている。

各被験者のATに対する $\dot{V}O_2$ は120BPMで3名、180BPMでは4名が100%を超えており、平均値的にも180BPMで103%であった。今回の実験における被験者は恒常的持久運動実施者であり、得られたATの平均値は29.4ml/min/Kgとかなりの高値を示していた。このATレベルの高いと見られる被験者群においても、

ピッチの設定によってはATを上回る運動強度となるという知見は、エアロビック・ダンスにおいて運動強度管理を行う上で、ステップやピッチの選定には厳密な注意が必要なることを示唆するものである。吉岡 et al.¹⁶⁾ はエアロビック・ダンスの実際のレッスンを想定した運動プログラムにおいて、経験者群においてATを超える $\dot{V}O_2$ が認められることを報告しているが、構成要素としての各ステップとピッチについてATとの関係を調べた報告は少なく、さらにそれぞれのステップに関して検討が進められるべきであろう。

C. ピッチとフォームの安定性

沢井 et al.⁸⁾ はその場かけ足運動においてピッチによる $\dot{V}O_2$ の変化を調べているが、150 BPM以上のピッチでは5人の被験者の傾向が一致しなかったことを報告している。その場かけ足運動を規定する際、沢井 et al.^{8) 10)} は膝関節の屈曲を主動作としているが、山岡 et al.¹⁵⁾ は股関節の前傾(屈曲)により大腿部を水平にまで挙上させたとしており報告により異なる。その場かけ足運動では通常のランニングと異なり、大腿部の前方への挙上と下腿部の後方への跳ね上げ動作を正確に規定することが困難であろうと考えられる。このためピッチの上昇にともない動員される筋群に変化がみられる可能性がある。

ジャンピング・ニーアップ・ステップでは動作が比較的規定しやすく、ピッチの変化によっても動員筋群の変化が少ないものと思われ、高いピッチにおいては全被験者でほぼ一致した傾向がみられたものと推測される。しかしながら今回の結果でも被験者間の差異が有意に認められており、また特に120 BPMでは測定中に動作の個体差が顕著に観察された。このため本研究でも、その場ステップを用いて動作と運動強度を規定することに関する、方法論的検討を課題として残している。またジャンピング・ニーアップ・ステップのようなその場での連続ステップにおいて、150 BPM近傍で至適頻度が生じるメカニズムについては手がかりが少なく、今後他の運動様式における至適頻度との比較検討を加え、生体の運動効率とピ

ッチとの関係を明らかにしてゆきたい。

要 約

本研究ではエアロビック・ダンスにおけるハイインパクト系ステップの1つであるジャンピング・ニーアップ・ステップについて、そのピッチと運動強度との関係を、 $\dot{V}O_2$ を指標として調べた。その結果は以下の通りである。

- 1) ジャンピング・ニーアップ・ステップは他のハイインパクト系ステップに比べ、同一のBPMにおいても $\dot{V}O_2$ が高かった。
- 2) ジャンピング・ニーアップ・ステップは平均的には150 BPMのピッチで最小の $\dot{V}O_2$ の値を示し、このピッチより高くても低くても $\dot{V}O_2$ が増加した。
- 3) ジャンピング・ニーアップ・ステップは180 BPMのピッチにおいて、平均値でATを超える $\dot{V}O_2$ を示した。

参考文献・資料

- 1) Blyth, M. and Goslin, B.R.: Cardiorespiratory responses to "aerobic dance". J. Sports Med. 25: 57-64, 1985.
- 2) 茶木香代子, 吉川京子: エアロビックダンスの運動強度—上肢、及び下肢の動きの分類による—, 日本体育学会第42回大会号: A-340, 1991.
- 3) 早川洋子, 浅野勝己, 西村千尋 et al.: Aerobic dance の運動強度, 日本体育学会第42回大会号: A-341, 1991.
- 4) 平川和文, 山岡誠一, 野原嗣弘 et al.: ジャズ体操の運動強度, 日本体育学会第28回大会号: 292, 1977.
- 5) 大城戸道生: なわとびと連続下肢屈伸運動における運動強度の検討, Jpn. J. Sports Sci., 9: 222-227, 1990.
- 6) Otto, R.M., Parker, C.A., Smith, T.K. et al.: The energy cost of low impact and high impact aerobic dance exercise., Med. Sci. Sports Exerc. 18: S23, 1986.
- 7) 佐竹昌之, 前河洋一, 青柳幸利 et al.: 走運動

- 及び自転車運動におけるピッチと酸素摂取量の関係, 体育学研究 32: 91-97, 1987.
- 8) 沢井史穂、手塚一志、川上泰雄 et al. : 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.
- 9) 沢井史穂、吉岡伸彦、平野裕一 et al. : 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.
- 10) 沢井史穂 : エアロビックダンスのその場かけ足, Jpn.J.Sports Sci. 9: 215-221, 1990.
- 11) 沢井史穂: ハイインパクトステップの運動強度 Health Network 99, 13-15, 1992.
- 12) Seabury, J.J., Adams, W.C. and Ramey, M.R.: Influence of pedalling rate and power output on energy expenditure during bicycle ergometry., Ergonomics 20: 491-498, 1977.
- 13) Wasserman, K., Whipp, B.J., Koyal, S.N. et al. : Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J.Appl.Physiol. 35: 236-243, 1973.
- 14) 山地啓司: 心拍数の科学, 大修館書店. 東京 1981.
- 15) 山岡誠一、蜂須賀弘久、五十川敏男 et al. : 筋運動の負荷量、筋収縮速度と酸素需要量の関係 — スポーツのエネルギー代謝に関する研究第8報 —, 体育学研究 3: 37-41, 1958.
- 16) 吉岡伸彦、仲丸幸子、津久浦慶郎 et al. : 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.

(平成4年12月10日受付)