

資料

## バランスボールを用いた有酸素運動では遅いテンポの運動でエネルギー消費が増加する

脇本敏裕\*1 久米大祐\*2 赤星照護\*2 長尾憲樹\*1

### 要 約

バランスボールを用いた運動は下肢への負担が少なく、膝障害や股関節症を有する者に対しても有効であるとされている。バランスボールを用いた有酸素運動に関する資料から、100-110拍/分程度のテンポが適していること、上肢・下肢の動きの種類、バランスボールによる有酸素運動が5-7Metsの運動強度であることなどが示されている。一方で、運動のテンポや運動する部位（上肢・下肢・上下肢の組み合わせ）の違いが生理応答に及ぼす影響については詳細に検討されていない。本研究では、バランスボールを用いた有酸素運動について、運動のテンポと運動する部位の違いが生理応答に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。健康な成人男性8名を対象とした。有酸素運動プログラムは、バランスボールに座り、上下に弾みながら、上肢、下肢を動かす運動とした。上肢のみを動かすプログラム、下肢のみを動かすプログラム、上肢・下肢を同時に動かすプログラムを作成し、それぞれ80拍/分、90拍/分、100拍/分のテンポにおいて実施した。有酸素運動プログラムの映像をDVDに収録し、被験者は映像を見ながら同じ運動を行い、その間の心拍数と呼吸代謝応答、主観的運動強度を測定した。テンポ別では、酸素摂取量、エネルギー消費量、および心拍数が90拍/分において80拍/分、100拍/分と比較して有意に低値を示した。運動部位別では、酸素摂取量およびエネルギー消費量が下肢のみを動かすプログラム、上肢と下肢を同時に動かすプログラムにおいて、上肢のみを動かすプログラムと比較して有意に高値を示した。以上の結果から、バランスボールを使用した有酸素運動では、90拍/分程度のテンポで効率が高くなることが示唆された。また、80拍/分のテンポでの運動や下肢を動かす運動でエネルギー消費が増大することが明らかとなった。

### 1. 緒言

バランスボールとは直径が40-80cmあり、ボールに座ったり、脚を乗せたりして関節や筋への負担を軽減しながら様々な運動を行うことのできるボールのことである<sup>1)</sup>。バランスボールの他にスイスポールやGボールなどと呼称され、1960年ごろにヨーロッパで開発され、主にリハビリテーションの道具として使用された<sup>2)</sup>。バランスボールを用いたトレーニングにより、身体動揺が改善すること<sup>3)</sup>や座位姿勢が改善することなどが報告されている<sup>2)</sup>。

またバランスボールを用いた運動は下肢への負担が少なく、膝障害<sup>4)</sup>や股関節症<sup>5)</sup>を有する者に対しても有効であるとされている。バランスボールを用

いた運動プログラムではこの下肢への免荷作用を活用し、ボールに座った状態でリズムカルに上下に弾む方法で有酸素運動が行われる。バランスボールを用いた有酸素運動に関する資料から、100-110拍/分程度のテンポが適していること、上肢・下肢の動きの種類、バランスボールによる有酸素運動が5-7Metsの運動強度であることなどが示されている<sup>6-8)</sup>。一方で、運動のテンポや運動する部位（上肢・下肢・上下肢の組み合わせ）が生理応答に及ぼす影響について、詳細に検討されていない。

本研究では、バランスボールを用いた有酸素運動について、運動のテンポと運動する部位が生理応答に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

\*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 \*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究所 健康科学専攻  
(連絡先) 脇本敏裕 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学  
E-Mail : wakimoto@med.kawasaki-m.ac.jp

## 2. 方法

### 2.1 被験者

健康な成人男性8名（年齢：23±4歳，身長：173±3cm，体重：62.4±2.1kg）を被験者とした。被験者には研究の趣旨，方法，得られる成果，研究参加の自発性などを説明し，同意を得て実施した。

### 2.2 測定手順

実験では，バランスボールを用いた有酸素運動プログラムを実施し，その際の呼吸代謝応答，心拍応答，主観的運動強度を測定した。被験者は5分間の座位安静の後，3分間の休息を設けながら，9種類のプログラムを実施した。その間の心拍数と呼吸代謝応答，主観的運動強度を測定した。心拍数の測定にはパルスウォッチ（S610，Polar社製），呼吸代謝の測定には全自動呼吸代謝測定装置（VO2000，Medical Graphics Corporation社製）を使用した。なお，エネルギー消費量は酸素摂取量，呼吸交換比を用いて算出した。主観的運動強度はBorgスケールを用いて評価した。

有酸素運動プログラムは，バランスボールに座り，上下に弾みながら，上肢，下肢を動かす運動とした。上肢のみを動かすプログラム，下肢のみを動かすプログラム，上肢・下肢を同時に動かすプログラムを作成し，それぞれ80拍/分，90拍/分，100拍/分のテンポにおいて実施した。図1にプログラムに使用した動作を示した。1つのプログラムの所要時間は5分間から6分間で，ランダムに提示した。有酸素運動プログラムの映像をDVDに収録し，被験者は映像を見ながら，同じ運動を行った。

### 2.3 データ処理

結果は，平均値±標準偏差で示した。平均値の比較には繰り返しのある一元配置の分散分析を使用した。有意差の認められた項目に対して，Bonferroniのポストホックテストを実施した。全ての統計処理にはPASW Statistics 19（日本IBM社製）を用い，危険率5%未満を有意とした。

### 2.4 倫理的配慮

本研究の実施に際し，川崎医療福祉大学医療技術



上段：上肢を中心に動かすプログラム  
 中段：下肢を中心に動かすプログラム  
 下段：上・下肢を同時に動かすプログラム

図1 プログラムに使用した動作

学部健康体育学科倫理委員会からの承認を得た（承認番号：HSS110020）。

強度には運動部位による有意な差は認められなかった。

### 3. 結果

#### 3.1 テンポ別

テンポ別の酸素摂取量、エネルギー消費量、心拍数、主観的運動強度を図2に示した。酸素摂取量、エネルギー消費量、および心拍数は90拍/分が80拍/分、100拍/分に対して、有意に低値を示した（酸素摂取量 80拍/分：10.1±2.0ml/kg/分、90拍/分：8.9±1.8ml/kg/分、100拍/分：9.7±2.1ml/kg/分）（80拍/分：3.3±0.7kcal/分、90拍/分：2.8±0.6kcal/分、100拍/分：3.1±0.7kcal/分）（心拍数 80拍/分：85±6拍/分、90拍/分：83±6拍/分、100拍/分：85±6拍/分）。主観的運動強度にはテンポによる有意な差は認められなかった。

#### 3.2 運動部位別

運動部位別の酸素摂取量、エネルギー消費量、心拍数、主観的運動強度を図3に示した。酸素摂取量、エネルギー消費量、心拍数は上肢を動かすプログラムが、下肢のみを動かすプログラム、上肢と下肢を同時に動かすプログラムと比較して、有意に低値を示した（酸素摂取量 上肢：8.3±1.8ml/kg/分、下肢：9.7±2.1ml/kg/分、上・下肢：10.6±2.3ml/kg/分）（エネルギー消費量 上肢：2.7±0.6kcal/分、下肢：3.2±0.7kcal/分、上・下肢：3.5±0.8kcal/分）（心拍数 上肢：82±7拍/分、下肢：84±7拍/分、上・下肢：88±5拍/分）。主観的運動

### 4. 考察

本研究はバランスボールを使用した有酸素運動プログラム実施中の呼吸・循環応答を明らかにすることを目的とした。運動のテンポ別に見ると、酸素摂取量、エネルギー消費量、および心拍数は90拍/分において有意に低値を示した。ジョギングやランニングといった走行運動では、走行速度の増加に伴って酸素摂取量が増大する<sup>9)</sup>。エアロビックエクササイズにおいても、運動のテンポと酸素摂取量には正比例の関係が認められる<sup>10)</sup>。一方で、歩行では、効率のよい速度があり、4.4km/時付近の速度が最も効率を高める速度とされている<sup>11)</sup>。本研究の結果から、歩行運動と同様にバランスボールを使用した有酸素運動においても、効率の高まる運動のテンポが存在すると考えられる。先行研究では、バランスボールを使用した有酸素運動のテンポとして、100-110拍/分が推奨されているが<sup>6,8)</sup>、それよりもやや遅い90拍/分付近のテンポにおいて最も効率が高まると考えられる。本研究では実験に使用するボールを統一し、本谷ら<sup>2)</sup>の研究を参考に空気圧を0.05mbarに調節して使用した。そのため、ボール自体の弾性は一定であり、80拍/分のテンポでは、テンポの延長に対して、沈みこんでいる時間（お尻を落とした状態）の延長により対処することは困難であると考えられる。したがって、弾み上がっている

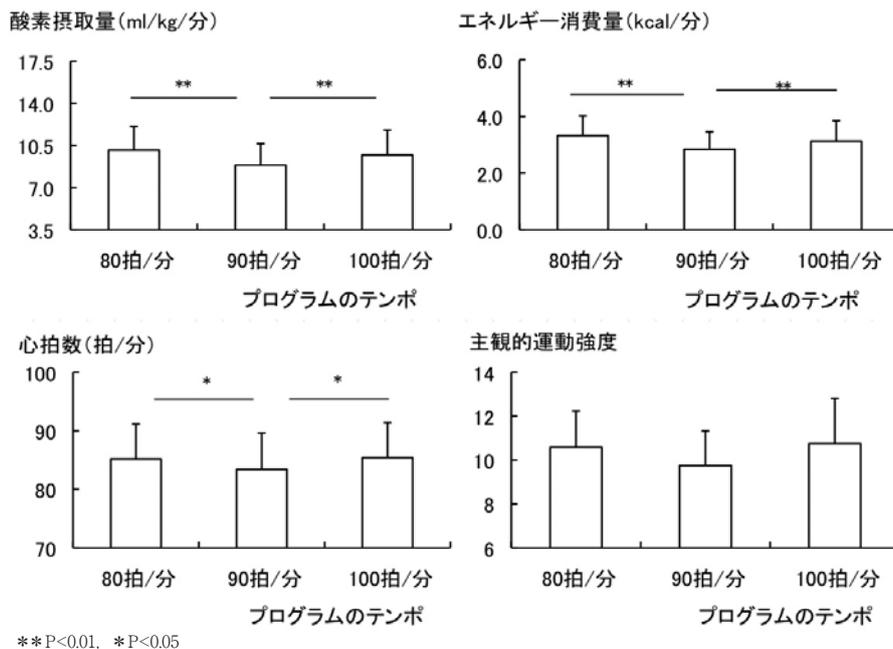


図2 テンポ別の酸素摂取量、エネルギー消費量、心拍数、主観的運動強度

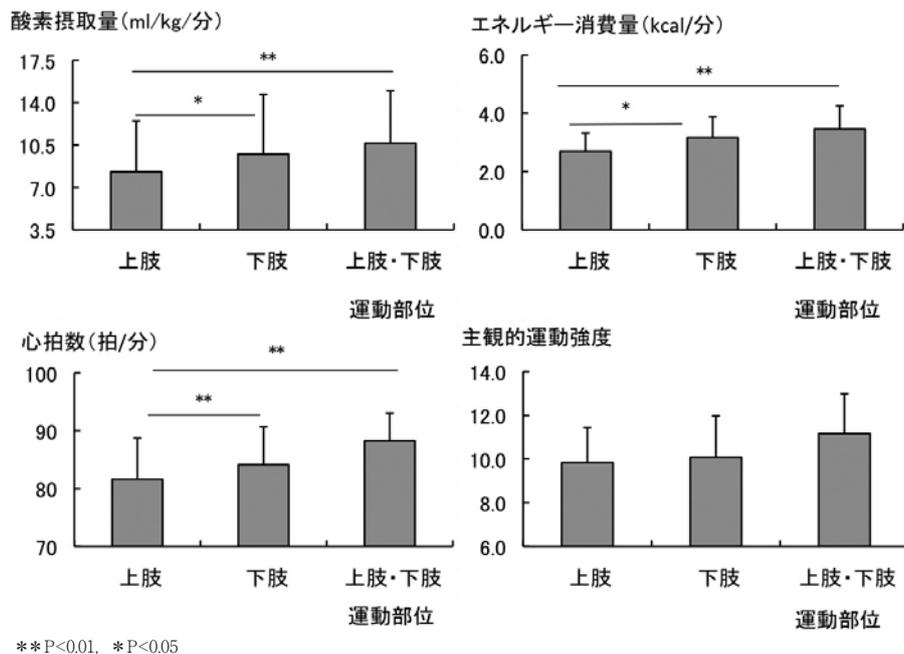


図3 運動部位別の酸素摂取量，エネルギー消費量，心拍数，主観的運動強度

時間（身体を持ち上げている時間）を延長することで、テンポの延長に対処したと推測される。このような運動により1回1回のバウンドの際のエネルギー消費がわずかに増大し、単位時間あたりの弾む回数が少ないにも関わらず、80拍/分におけるエネルギー消費が有意に高値を示したと考えられる。一方で、100拍/分では単位時間あたりの弾む回数の増加に伴って、運動強度やエネルギー消費量が増大したと考えられる。肥満者に対する運動療法など、より多くのエネルギーを消費する必要がある症例に対してバランスボールを用いた運動を処方する場合、100拍/分程度の早いテンポで、より長時間運動する方法が適していると考えられる。一方で高齢者など早いテンポでの運動が困難な対象者では、80拍/分程度のテンポで時間をかけて運動する方法においても、早いテンポでの運動と同等の運動強度やエネルギー消費を得ることができる。

運動部位別に見ると、下肢を中心に動かす運動や下肢と上肢を同時に動かす運動で酸素摂取量やエネルギー消費、心拍数が増大することが明らかとなっ

た。エアロビックダンスにおいても、下肢の大筋群を中心に身体重心を大きく移動させることでエネルギー消費が増大することが報告されている<sup>10)</sup>。上肢と下肢の部分重量比は、全身を100%とすると上肢が10.1%であるのに対し、下肢は34.5%である<sup>12)</sup>。また、上肢と下肢の筋体積を比較すると、上肢が1155cm<sup>3</sup>であるのに対し、下肢は4816cm<sup>3</sup>である<sup>13)</sup>。この下肢と上肢の重量比や筋体積の差が運動部位による運動強度やエネルギー消費量の差につながっていると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、バランスボールを使用した有酸素運動について、運動のテンポ、および運動する部位が生理応答に及ぼす影響について検討した。その結果、バランスボールを使用した有酸素運動では、100拍/分や90拍/分と比較して遅い80拍/分のテンポの運動や下肢を動かすプログラムで酸素摂取量やエネルギー消費が増大することが明らかとなった。

文 献

- 1) 神田知：中・高年者の体力増進及び生活習慣病予防に関する研究. 大阪ガスグループ福祉財団研究調査報告書, **13**, 91-96, 2000.
- 2) 本谷聡, 藤瀬佳香, 長谷川聖修：体づくり運動における姿勢改善プログラムについて—Gボールによる弾性運動とそのテンポに着目して—. スポーツ方法学研究, **14**(1), 131-141, 2001.
- 3) 中谷敏昭, 難本雅一, 森井博之：身体動揺に及ぼすバランスボール・トレーニングの効果. 体力科学, **50**, 643-646, 2001.
- 4) 多久泰夫：膝障害と運動療法. *Sportsmedicine*, **103**, 42-47, 2008.
- 5) 太藻ゆみこ：股関節症対応のボール体操. *Sportsmedicine*, **112**, 51-53, 2009.
- 6) 鴫田佳津子：女性の不定愁訴改善のためのプログラム②. *Sportsmedicine*, **100**, 43-45, 2008.
- 7) 芝崎美幸：国保ヘルスアップ事業から「元気ぼんぼんクラブ」へ. *Sportsmedicine*, **106**, 45-47, 2008.
- 8) 森谷敏夫, 石井千恵：ボールエクササイズ 弾む健康づくり・フィットネスから福祉まで. 第1版, 金原出版, 東京, 1999.
- 9) 山地啓司：ランニングの経済性に影響を及ぼす要因. 日本運動生理学雑誌, **4**(2), 81-98, 1997.
- 10) 沢井史穂：トレーニングとしてのダンス—エアロビックダンス—. 体育の科学, **41**(3), 148-190, 1991.
- 11) Ralston HJ：Energy-speed relation and optimal speed during level walking. *International Zeitschrift für angewandte Physiologie einschliesslich Arbeitsphysiologie*, **17**, S277-S283, 1958.
- 12) 松井秀治：運動と身体の重心—各種姿勢の重心位置に関する研究. 第1版, 杏林書院, 東京, 21-42, 1958.
- 13) Miyatani M, Kanehisa H, Masuo Y, Ito M and Fukunaga T：Validity of estimating limb muscle volume by bioelectrical impedance. *Journal of Applied Physiology*, **91**, 386-394, 2001.

(平成24年5月8日受理)

## Aerobic Exercise Program Using Balance Balls Stimulates Energy Expenditure During Slow Tempo Exercise Program

Toshihiro WAKIMOTO, Daisuke KUME, Shogo AKAHOSHI and Noriki NAGAO

(Accepted May 8, 2012)

Key words : balance ball, aerobic exercise, exercise tempo, energy expenditure

Correspondence to : Toshihiro WAKIMOTO

Department of Health and Sports Science  
Faculty of Health Science and Technology  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-Mail : wakimoto@med.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.22, No.1, 2012 111-115)