

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500550

研究課題名（和文）

特殊環境を利用したメタボリックシンドローム改善のための効果的運動処方の開発

研究課題名（英文）

Development of exercise therapy in hypoxic conditions for improving metabolic syndrome

研究代表者

荻田 太 (OGITA FUTOSHI)

鹿屋体育大学・体育学部・教授

研究者番号 50224134

研究成果の概要：本研究の目的は、特殊環境を利用したメタボリックシンドロームの危険因子の予防・改善に効果的な運動処方プログラムを確立することであった。その結果、海拔 2000m~2500m 相当の低圧環境下で週 4 日ほどの運動を行うと、常圧環境におけるそれよりも、効果的に血圧を低下させ、心ポンプ負担を軽減させること、インスリン感受性を高め、糖の取り込みを亢進させること、体脂肪を低下させやすいことなどが明らかとなった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	600,000	4,100,000

研究分野：運動生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ 応用健康科学

キーワード：運動処方と運動療法、生活習慣病、高血圧、高血糖、高脂血症、腹部内臓脂肪、低圧低酸素環境

## 1. 研究開始当初の背景

科学技術の進歩にともなう近年のライフスタイルの変化は「脂質異常」、「血圧異常」、「高血糖」症状が認められる「メタボリックシンドローム」該当者を急増させ、医学的にも社会的にも大きな問題となっている。特に、心血管疾患、肥満、高脂血症、糖尿病などの生活習慣病が死亡原因の 3 分の 2 以上を占める我が国において、「無理なく手軽に行え、かつ生活習慣病の予防・改善に効果的な運動処方を開発すること」は、体

育科学が担う急務課題といえる。

このような中、我々は低酸素刺激とさらに運動刺激をプラスした相乗効果に注目してきた。これらの特徴的な身体適応としては、血管拡張物質の増大、それに伴う血管抵抗、血圧の低下、さらには糖・脂質代謝の亢進などが確認されている。したがって、低酸素環境下での運動処方は、心血管疾患、肥満、糖尿病などの改善に対してより効果的である可能性が示唆されている。

## 2. 研究の目的

上述したようなエビデンスを基に、本研究ではメタボリックシンドロームのリスクファクターの予防・改善に対する至適な特殊環境条件、および年齢、危険因子別に考慮した運動処方プログラムを確立することを目的として、以下の点について検討した。

- 1) 異なる低圧環境下で水中軽運動トレーニングを行い、心血管系、糖および脂質代謝それぞれの機能改善に対して、至適な特殊環境を見いだす。
- 2) 異なった年齢層、異なった危険因子を有する対象者に対する検討を行い、特殊環境下における運動処方の効果程度を比較する。
- 3) それぞれの危険因子別に経時的な変化を検討し、最小限の期間、環境・運動条件など、対象者に応じた運動プログラムを確立する。

## 3. 研究の方法

### ①目的1に対する検討

異なる低圧環境下における運動効果について検討するために、青年群 A(7名:週3回)、青年群 B(10名:週4回)、中高年群 C(9名:週3回)、中高年群 D(6名:週3回)の4群を被検者とした。尚、A、C群は平地環境で、B群は海拔1200m相当、D群は2000m相当の低圧環境下において、50%VO<sub>2</sub>max相当の強度で1回30分(曝露は2時間)のトレーニングを、A、B群は4週間、C、D群は8週間行った。

### ②目的2に対する検討

異なった年齢層、異なった危険因子を有する対象者に対する特殊環境下での運動効果について検討するために、青年群 A(7名:週3回)、同群 B(6名:週3回)、中年男性群 C(9名:週3回)、同群 D(7名:週3回)、閉経後の中年女性で危険因子を有する群 E(8名:週4回)、同群 F(8名:週4回)の6群を被検者とした。A、C、E群は平地環境で、B、D、F群は2000m相当の低圧環境下において、50%VO<sub>2</sub>max相当の強度で1回30分(曝露は2時間)のトレーニングを、A、B群は4週間、C~F群は8週間行った。

### ③目的3に対する検討

効果が得られる最小期間を危険因子別に検討するために、健康な青年男性(23±1歳)を対象とし、常圧群 A(n=8)、低圧群 B(n=8)、低圧群 C(n=6)の3群に分けた。A群は常圧環境下で、B群は海拔2000m相当、C群は海拔2500m相当の低圧環境下において、50%VO<sub>2</sub>max相当の強度で1回30分(曝露は2時間)のトレーニングを、それぞれ連続5

日間行った。

すべての実験において、トレーニング前後に、同一最大下運動時の循環応答、血中脂質、血糖値、糖負荷試験後の血糖値、およびインスリン濃度の変化、身体組成などについて測定し、効果を評価した。

## 4. 研究成果

### ①異なる低圧環境の影響

トレーニング後、最大下運動中の循環応答についてみると、常圧環境でトレーニングを行ったA群、B群、C群ではなんら有意な変化が認められなかったが、D群では最低血圧、平均血圧の有意な低下が認められた。また、早朝空腹時の血糖値、糖負荷テスト後の血糖値およびインスリン濃度については全群有意な変化は認められなかったが、D群においては顕著な低下を示す被検者も認められた。腹膜前脂肪厚(いわゆる内臓脂肪厚)についても有意ではないが、中高年群のD群において顕著な低下が認められた。一方、血中脂質、皮脂厚についてはB群において低下傾向が示された。以上の結果より、海拔1200m相当の環境では脂質代謝を亢進させる可能性が示唆され、海拔2000m相当の環境では心血管応答の改善、糖代謝の亢進が示唆された。

### ②異なる年齢層、危険因子保有者に対する影響

トレーニング後、最大下運動中の循環応答は、常圧環境でトレーニングを行ったA~C、E群では有意な変化が認められなかったが、D、F群では最低血圧、平均血圧の有意な低下が認められた。また、早朝空腹時の血糖値、糖負荷テスト後の血糖値およびインスリン濃度についてみると、F群において有意なインスリン感受性の向上が認められた。さらに、F群では腹膜前脂肪厚、体脂肪率、ウエスト周囲径についても有意な低下が認められた。一方、血中脂質、皮脂厚については全群有意な変化は見られなかった。以上の結果より、週3回の頻度の場合、4週間では効果は得られず、8週間行くと低圧群のみ血圧低下の効果が認められた。さらに、週4回行った中年女性群においては、低圧群のみ血圧、体脂肪率、ウエスト周囲径の低下、インスリン感受性の向上などの効果が認められ、低圧環境下における運動の有効性が示唆された。

### ③最低効果期間に対する検討

5日間のトレーニング後、最大下運動時の心血管応答については、常圧群、2000m群ともに何ら変化は認められなかった。2500m群では最低血圧、平均血圧が低下傾向を示したが、その差は統計上有意ではなかった(6名

中 5 名の低下)。血液性状については、空腹時の血中脂質、血糖値などすべての指標においてどの群においても有意な変化は認められなかった。しかしながら、糖負荷試験の結果、経時的な血糖値の変化に有意な変化は認められなかったものの、2500m 群においてのみインスリンのアンダーカーブ面積が有意に低下し、インスリン感受性の向上が認められた。さらに、形態、身体組成については、2500m 群にのみ体重、体脂肪率、腹膜前脂肪厚の有意な低下が認められた。以上の結果から、低圧環境下における運動は、1) 循環応答よりも糖・脂質代謝の方へ早期に影響を及ぼすこと、2) 5 日程度で効果を得るためには海拔 2500m 程度の低圧刺激が必要であることが示唆された。

以上まとめると、低圧環境下における運動トレーニングは

- 1) 常圧環境下と比較して、血圧応答の低下を誘発しやすい
- 2) 週 3 日の運動では必ずしも十分とは言えないが、週 4 日ならば効果が認められる
- 3) 腹部内臓脂肪厚をはじめとする体脂肪の低下を誘発しやすい
- 4) 若年者においても中高年者においても効果が確認できる（閉経女性についても同様）
- 5) 海拔 2000m 相当の低圧環境下では短期間では効果が得にくい、海拔 2500m 相当の低圧環境下では、5 日間で糖代謝が亢進したなどの点が明らかとなった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)

- ① Wagatsunma, A., H.Tamaki, F.Ogita. Sequential expression of vascular endothelial growth factor, Flt-1, and KDR/Flk-1 in regenerating mouse muscle. *Physiological Res.* 55: 633-640, 2006. (査読有)
- ② Ogita, F., T.Tanaka, H.Tamaki, A.Wagatsunma, T.Hamaoka, H.M.Toussaint. Metabolic and mechanical characteristics of olympic female gold medalist. *Biomechanics and Medicine in Swimming X, Portuguese journal of sport sciences* 6, Suppl.2: 194-197, 2006. (査読有)
- ③ 田巻弘之、荻田太、竹倉宏明、齋藤和人. 若年成人から始まる運動習慣の有無と心血管系の機能的構造的差異の検討、第22回健康医科学研究助成論文集22: 79-86, 2007. (査読有)
- ④ Ogita, F., T.Tanaka, N.Taguchi. A contribution of sports science for improving sports

performance -Top Athlete Support System in Kanoya-. 2007 KNSU International Sports Science Symposium. Contribution of Sports Science to Sports Performance. :135-146, 2007. (査読無)

- ⑤ Shi, M., X.Wang, T.Yamanaka, F.Ogita. K.Nakatani, T.Takeuchi. Effects of anaerobic exercise and aerobic exercise on biomarkers of oxidative stress. *Environmental Health and Preventive Medicine.* 12:202-208, 2007. (査読有)
- ⑥ Ogita, F. Effects of high-altitude training and the possible mechanism. The 11th International Symposium on Altitude training 2007 in Gero-Ontake Proceedings: 38-44, 2008. (査読無)
- ⑦ 西脇雅人、川上諒子、齋藤和人、田巻弘之、竹倉宏明、福岡義之、荻田太. 閉経後女性の動脈スティフネスと最大下運動時における血圧応答の関係、トレーニング科学 (印刷中) (査読有)

[学会発表] (計 75 件)

- ① Ogita, F., M.Nishiwaki, R.Kawakami, A.Wagatsunma, H.Tamaki, T.Tanaka, K.Saito. Effects of training frequency under a hypobaric hypoxia on cardiovascular functions. 11th Annual Congress of European College of Sport Science, 2006年7月7日, Palais de Beaulieu Lausanne (Switzerland).
- ② 荻田太、西脇雅人、川上諒子、小田啓之。低圧環境下での水中運動が心血管応答に与える効果。日本体育学会第57回大会、2006年8月18日、弘前大学(弘前市)。
- ③ 荻田太、田巻弘之、川上諒子、西脇雅人、小田啓之、青木範一. 低圧環境下における短期間の運動がメタボリックシンドローム予防・改善に与える効果 -糖・脂質代謝に着目して-。第19回日本トレーニング科学会、2007年1月18日、立命館大学(草津市)。
- ④ Ogita, F., M.Nishiwaki, R.Kawakami, H.Oda, N.Aoki, H.Tamaki, T.Tanaka, N.Taguchi, K.Saito. Effects of intermittent hypobaric hypoxic exercise on cardiovascular functions during exercise. 12th Annual Congress of European College of Sport Science, 2007年7月12日, Jyväskylä Paviljonki and Dynamo (Finland).
- ⑤ Ogita, F., M.Nishiwaki, R.Kawakami, H.Oda. Effects of aquatic exercise under different levels of hypobaric hypoxic condition on cardiovascular functions. 第15回日本運動生理学会大会、2007年8月2日、ホテルニューキャッスル(弘前市)。

- ⑥ 荻田太、西脇雅人、川上諒子、小田啓之、青木範一、松本達、黒部一道、田巻弘之、齊藤和人。異なる低圧環境下における運動トレーニングが反応性充血時の血管系および心血管応答に与える影響。第62回日本体力医学会大会、2007年9月15日、ノースアジア大学（秋田市）。
- ⑦ Ogita,F., M.Nishiwaki, R.Kawakami, H.Tamaki, T.Tanaka, K.Saito. Effects of exercise training at different hypobaric hypoxic conditions on cardiovascular adaptations. 13th Annual Congress of European College of Sport Science, 2008年7月11日, Centro de Congressos do Estoril (Portugal).
- ⑧ Ogita,F., H.Tamaki, M.Nishiwaki, R.Kawakami. Effects of aquatic exercise under a hypobaric hypoxic condition on cardiovascular functions in postmenopausal women. 第16回日本運動生理学会大会, 2008年8月2日, 帝塚山大学（奈良市）。
- ⑨ 荻田太、西脇雅人、川上諒子、黒部一道、田巻弘之、齊藤和人。低圧環境下でのトレーニングが閉経後女性における反応性充血時の血管径および心血管応答に与える影響。第62回日本体力医学会大会、2008年9月19日、別府ビーコンプラザ（別府市）。
- ⑩ Ogita,F. High-altitude training for athletes and exercise therapy. 11th Asian Federation of Sports Medicine in Tehran, 2008年10月7日, IRIB International Auditorium (Iran).

〔図書〕（計 3 件）

- ① 荻田太、宮地元彦、フリースペース（東京）、第4章運動と呼吸、第5章運動と循環、改訂版運動生理学の基礎と発展、春日規克、竹倉宏明編著、2006、pp83-124.
- ② 荻田太、講談社（東京）、トレーニングの原理原則、新版これできなっとく使えるスポーツサイエンス、征矢英昭、本山貢、石井好二郎編、2007、pp163-169.
- ③ 荻田太、講談社（東京）、呼吸循環系とトレーニング効果、トレーニング科学 最新エビデンス、安部孝編、2008、pp34-43.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

荻田 太 (OGITA FUTOSHI)  
鹿屋体育大学・体育学部・教授  
研究者番号：50224134

### (2) 研究分担者

田巻 弘之 (TAMAKI HIROYUKI)  
鹿屋体育大学・体育学部・准教授

研究者番号：40253926

齊藤 和人 (SAITO KAZUTO)

鹿屋体育大学・学内共同利用施設等・教授

研究者番号：50170494

### (3) 連携研究者

なし