

平成21年 5月28日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19500563  
 研究課題名（和文）高齢者の健康・体力を維持・増進するための運動量、運動強度及び血流量に関する研究  
 研究課題名（英文）Exercise-duration and -intensity and blood volume for maintenance and improvement in health and physical fitness of elderly  
 研究代表者  
 石原 昭彦（ISHIHARA AKIHIKO）  
 京都大学・大学院人間・環境学研究科・教授  
 研究者番号：90184548

研究成果の概要：高齢者を用いて最大努力での大腿屈曲及び伸展筋力、大腿部の血流量、酸化ストレス度を測定した。さらに最大努力による筋運動の効果を検討した。加齢に伴い屈曲及び伸展筋力が低下した。筋力と血流量の間には高い相関が認められた。60歳代と70歳代では、運動前と比較して運動後に屈曲及び伸展筋力、血流量が増大した。60歳代では、運動により酸化ストレス度が減少した。以上の結果より、年齢が若いほど筋運動の効果が顕著に認められること、筋力の増大には血流量の増大が関係していること、運動により活性酸素の産生が抑制されることが明らかになった。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：生理学、健康科学

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：高齢者、筋力、血流量、酸化ストレス度、抗酸化物質、酸素飽和度

## 1. 研究開始当初の背景

加齢に伴って最大努力で発揮できる筋力や筋持久力が低下する。このような筋力の低下は、筋線維自体の委縮、神経と筋線維をつなぐ神経筋接合部の変性、筋線維を神経支配する脊髄神経細胞の変性などによるものと考えられている。いずれにしても、加齢による筋力の低下は、筋線維を使用しないことに

よる廃用性の委縮であり、そこには血流量の減少という要因が大きく関係していると考えられる。

骨格筋は、大きな力を発揮して素早く収縮する速筋線維と、大きな力は発揮できないが持続的に収縮する遅筋線維から構成されている。老化に伴って、速筋線維、遅筋線維ともに委縮していくが、特に速筋線維での委縮

が顕著であることが明らかにされている。これは、老化に伴って、大きな力を発揮しなくなったり、素早い動きをしなくなることによる速筋線維の廃用性委縮によるものであると推察されている。したがって、高齢者でも速筋線維を活動させるような強度の高い運動を継続することによって、速筋線維の委縮を抑制できると考えられ、その結果、最大努力で発揮できる筋力の低下を防ぐことができると期待される。

これらの観点から、高齢者において最大努力で発揮できる筋力と安静時における血流量の関係を把握すること、さらに、筋力トレーニングによって、最大努力で発揮できる筋力や安静時における血流量がどのように変化するかを検討することによって加齢に伴う筋力の減少のメカニズムを検討することができ、加齢に伴う筋力低下を抑制するための方法を確立できると考えられる。

## 2. 研究の目的

高齢者の健康や体力を維持・増進させるための運動量と運動強度を血流量との関係から明らかにすることを目的とした。研究第1年度では、60歳以上の男性と女性を被験者に用いて、最大筋力、酸素飽和度、血流量、酸化ストレス度、抗酸化物質などの広範囲な測定から高齢者の検討や体力を把握した。研究第2年度では、60歳以上の男性と女性を被験者に用いて、最大努力での大腿部の屈曲及び伸展運動による筋力及び血流量への影響を検討した。

## 3. 研究の方法

(1) 研究第1年度：60歳代（男性14名、女性15名）、70歳代（男性10名、女性12名）、80歳代（男性5名、女性8名）に実験に参加してもらった。すべての被験者には、実験内容を十分に説明して、実験に参加して頂くことの承諾を得た。各被験者について、最大努力での大腿屈曲及び伸展筋力、血液中の酸素飽和度、大腿部の血流量、酸化ストレス度、抗酸化物質を測定した。最大努力での大腿屈曲及び伸展筋力については、研究室で独自に開発した運動装置を使用して測定した。血液中の酸素飽和度は、酸素飽和度測定装置（コニカミノルタ株式会社：PULSOX-300i）を用いて測定した。大腿部の血流量は、非接触型レーザー血流量計（株式会社ニューロサイエンス：FLO-N1）を使用して測定した。酸化ストレス度と抗酸化物質については、FRAS4（株式会社ウイスマー）を使用して測定した。

(2) 研究第2年度：60歳代（男性10名、女性15名）、70歳代（男性10名、女性13名）、80歳代（男性5名、女性7名）の被験者を用いた。すべての被験者に研究の内

容を説明して、研究に参加して頂くことの同意を得た。被験者には、1ヵ月間にわたり運動を継続してもらった。10秒間の最大努力による随意収縮と10秒間の休息を「膝の屈曲動作」で20回繰り返す、3分間の休息を挟んで、さらに10秒間の最大努力による随意収縮と10秒間の休息を「膝の伸展動作」で20回繰り返す。これを1セットとして、セット間に5分間の休息を挟んで計3セット行った。この運動を月曜日から金曜日まで「毎朝」と「毎夕」に行った。各被験者の運動前後における最大努力での大腿屈曲及び伸展筋力、血液中の酸素飽和度、血流量を測定した。また、血漿中の酸化ストレス度と抗酸化力を分析した。

## 4. 研究成果

(1) 研究第1年度：加齢に伴い最大努力での大腿屈曲及び伸展筋力の低下が認められた。さらに、これらの筋力の低下と大腿部における血流量の低下には高い相関が認められた。一方、酸化ストレス度と抗酸化物質については、年齢や性別との関係は認められなかった。これらの結果より、加齢に伴う筋力の低下には、血流量の減少が関係していることが明らかになった。

(2) 研究第2年度：60歳代と70歳代では、運動前と比較して運動後に最大努力での大腿屈曲及び伸展筋力に増大が認められた。同様に大腿部の安静時血流量に増大が認められた。60歳代では、運動によって酸化ストレス度の減少が認められた。これらの結果から、年齢が若いほど最大努力による筋力トレーニングの効果が著明に認められること、筋力の増大には血流量の増大が関係していること、筋力トレーニングによって活性酸素の産生が抑制される（酸化ストレス度が低くなる）ことが明らかになった。なお、酸素飽和度と抗酸化力については、年齢、性別、運動の有無による違いは認められなかった。

まとめ：加齢に伴う筋力の低下には血流量の減少が関係していること、筋力トレーニングによって筋力と血流量が増大すること、筋力トレーニングによって活性酸素の産生が抑制されることが明らかになった。

## 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11件）

- ① Nagatromo F, Gu N, Fujino H, Takeda I, Tsuda, K, Ishihara A. Skeletal muscle characteristics of rats with obesity, diabetes, hypertension, and hyperlipidemia. J Atheroscler Thromb, accepted.

- ② Nagatomo F, Fujino H, Takeda I, Ishihara A. Effects of hyperbaric oxygenation on blood pressure levels of spontaneously hypertensive rats. Clin Exp Hypertens, accepted.
- ③ Nagatomo F, Ishihara A, Ohira Y. Effects of hindlimb unloading at early postnatal growth on cell body size in spinal motoneurons innervating soleus muscle of rats. Int J Dev Neurosci, 27: 21-26, 2009.
- ④ Okiura T, Nagatomo F, Gu N, Taguchi Y, Morimatsu F, Ishihara A. Bone density of the femur and fiber cross-sectional area and oxidative enzyme activity of the tibialis anterior muscle in type II collagen-induced arthritic mice. J Physiol Sci, 58: 221-227, 2008.
- ⑤ Ishihara A, Fujino H, Nagatomo F, Takeda I, Ohira Y. Gene expression levels of heat shock proteins in the soleus and plantaris muscles of rats after hindlimb suspension or spaceflight. J Physiol Sci, 58: 413-417, 2008.
- ⑥ Ishihara A, Fujino H, Nagatomo F, Takeda I, Ohira Y. Gene expression levels of heat shock proteins in the soleus and plantaris muscles of rats after hindlimb suspension or spaceflight. J Physiol Sci, 58: 413-417, 2008.
- ⑦ Yasuda K, Adachi T, Gu N, Matsumoto A, Matsunaga T, Tsujimoto G, Tsuda K, Ishihara A. Effects of hyperbaric exposure with high oxygen concentration on glucose and insulin levels and skeletal muscle-fiber properties in diabetic rats. Muscle Nerve, 35: 337-343, 2007.
- ⑧ Matsumoto A, Nagatomo F, Yasuda K, Tsuda K, Ishihara A. Hyperbaric exposure with high oxygen concentration improves altered fiber types in the plantaris muscle of diabetic Goto-Kakizaki rats. J Physiol Sci, 57: 133-136, 2007.
- ⑨ Roy RR, Matsumoto A, Zhong H, Ishihara A, Edgerton VR. Rat  $\alpha$ - and  $\gamma$ -motoneuron soma size and SDH activity are independent of neuromuscular activity level. Muscle Nerve, 36: 234-241, 2007.
- ⑩ Matsumoto A, Okiura T, Morimatsu F, Ohira Y, Ishihara A. Effects of hyperbaric exposure with high oxygen concentration on the physical activity of developing rats. Dev Neurosci, 29: 452-459, 2007.
- ⑪ Matsumoto A, Nagatomo F, Mori A, Ohira Y, Ishihara A. Cell size and oxidative enzyme activity of rat biceps brachii and triceps brachii muscles. J Physiol Sci, 57: 133-136, 2007.
- [学会発表] (計 8 件)
- ① 永友文子, 顧 寧, 津田謹輔, 石原昭彦. 糖尿病モデルラットにおける骨格筋の組織化学的特性と遺伝子発現. 第 5 2 回日本糖尿病学会年次学術集会 (大阪市), 5 月 2 1 ~ 2 4 日, 2 0 0 9 年.
- ② 永友文子, 石原昭彦, 大平充宣. 高気圧・高濃度酸素への曝露がラットヒラメ筋線維のサイズと酸化系酵素活性に及ぼす影響. 第 2 5 回宇宙利用シンポジウム (相模原市). 1 月 1 4 ・ 1 5 日, 2 0 0 9 年.
- ③ 永友文子. 顧 寧, 藤野英己, 森 彩子, 松本亜希子, 武田 功, 津田謹輔, 石原昭彦. 生活習慣病モデル動物における血液の生化学的特性と骨格筋での遺伝子発現. 文部科学省学術フロンティア研究プロジェクト「ライフステージに応じた健康増進と多様性保持」第 3 回研究発表会 (所沢市), 1 月 6 ・ 7 日, 2 0 0 9 年.
- ④ 石原昭彦, 永友文子. 顧 寧, 藤野英己, 森 彩子, 松本亜希子, 武田 功, 津田謹輔. 高気圧・高濃度酸素への曝露が糖尿病ラットの骨格筋での遺伝子発現に及ぼす影響. 文部科学省学術フロンティア研究プロジェクト「ライフステージに応じた健康増進と多様性保持」第 3 回研究発表会 (所沢市), 1 月 6 ・ 7 日, 2 0 0 9 年.
- ⑤ Matsumoto A, Mori A, Nagatomo F, Fujino H, Ishihara A. Effects of voluntary running exercise under low- or high-oxygen conditions on the soleus muscles in rats. The 30th FIMS world Congress of Sports Medicine (Barcelona, Spain), 18-23 November, 2008.
- ⑥ 森 彩子, 永友文子, 松本亜希子, 藤野英己, 武田 功, 石原昭彦. 高気圧・高濃度酸素への曝露が後肢懸垂後のマウス骨格筋の特性と骨密度に及ぼす影響. 第 6 3 回日本体力医学会大会 (別府市), 9 月 1 8 ~ 2 0 日, 2 0 0 8 年.
- ⑦ 永友文子, 森 彩子, 松本亜希子, 藤野英己, 武田 功, 石原昭彦. 高血圧ラットにおける血液の生化学的特性と骨格筋での遺伝子発現. 第 6 3 回日本体力医学会大会 (別府市), 9 月 1 8 ~ 2 0 日, 2 0 0 8 年.
- ⑧ 石原昭彦, 松本亜希子, 森彩子, 永友文子. 高気圧・高濃度酸素への曝露による生

活習慣病の抑制・改善効果. 文部科学省学術フロンティア研究プロジェクト「ライフステージに応じた健康増進と多様性保持」第2回研究発表会（東京），12月21・22日，2007年.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石原 昭彦 (ISHIHARA AKIHIKO)  
京都大学・大学院人間・環境学研究科・  
教授  
研究者番号：90184548