

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500662

研究課題名（和文）高齢者の筋力と血流量を維持・改善するための運動プログラムの作成

研究課題名（英文）Effects of exercise on muscle strength and blood flow in 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（和文）：健康な高齢者を用いて、大腿部の屈曲および伸展での最大筋力・筋持久力と血流量を測定した。その後、低速度または高速度の歩行を行う2グループに分けて、30分の歩行を4週間にわたって継続し、筋力と血流の変化を検討した。年齢に関係なく走速度の違いによって筋持久力と血流に及ぼす効果に違いが認められた。速い速度での歩行を継続した被験者において筋持久力と血流の増大が認められた。高齢者ほど筋力と血流の低下が著しく、一方、高齢者ほど速い速度での歩行による筋持久力と血流の増大が顕著であった。これらの研究結果より、血流と筋持久力には密接な関係が認められること、高齢者でも強度の高い運動を継続すれば、筋持久力や血流に改善が認められることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：Maximal muscle strength and blood flow of the femur in elderly were measured. Thereafter, they were divided into 2 groups: the low- or high-speed walking group and continued 30-min walking for 4 weeks. There was a correlation between muscle endurance strength and blood flow, irrespective of the age. The high-speed walking group showed greater increase in both muscle endurance strength and blood flow than the low-speed walking group. The older subjects showed greater decrease in muscle endurance strength and blood flow, whereas those in the high-speed walking group showed greater improvement in muscle endurance strength and blood flow. It is concluded that the muscle endurance strength and blood flow are improved by high-speed walking, irrespective of the age.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：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・運動・歩行速度

1. 研究開始当初の背景

老化に伴い骨格筋の萎縮や筋力・筋持久力

の低下が生じる。高齢者に運動を負荷して筋萎縮や筋力の低下に対する効果を検討した

研究は多い。しかしながら、それらの研究では、筋萎縮や筋力・筋持久力の低下を抑制するメカニズムまでは明らかにされていない。また、家庭や職場で実践できるような運動を使用した研究は少ない。さらに、これまでの研究では、高強度の運動は怪我などの危険があるとして、極めて強度の低い持久的な運動を行ってきた。このような低強度の運動では筋の代謝が改善されないため、筋萎縮や筋力の低下を抑えることは難しいと考えられる。運動によって積極的に筋を活動させれば、低下した筋線維（とくに速筋線維）の代謝能力を改善できると考えられる。事実、研究代表者の研究成果では、「スポーツなどで筋活動を積極的・定期的に行っている高齢者では、筋萎縮や筋力の低下が認められない」ことが明らかにされている。したがって、高齢者でも適切な強度で運動を継続すれば、筋萎縮や筋力の低下を抑制・改善できると考えられる。

骨格筋の萎縮や筋力低下の程度は、酸素やエネルギー源を運搬する血流に大きく依存すると考えられる。筋活動中に血流を維持できれば、積極的な筋活動を継続することができる。本研究では、高齢者を用いて「高齢者の筋力と血流を維持・改善するための運動方法を明らかにすること」を目的とした。すなわち、高齢期において血流を維持、または増大できる運動強度を明らかにして、最適な運動法を確立することを目的とした。

2. 研究の目的

筋活動中に血流を維持できれば積極的な筋活動を継続できると考えた。高齢期に行う運動によって血流量を増大できるメカニズムを解明するためには、異なる強度を用いた運動によって筋力や血流量にどのような変化が認められるのかを比較する必要がある。本研究では、60歳以上の高齢者の筋力と血流を維持・改善するための運動方法を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

特別な運動を行っていない60歳代（男性15名、女性14名）と70歳代（男性14名、女性14名）の被験者に研究に参加してもらった。各被験者から、最大努力での大腿筋の屈曲、及び伸展筋力・筋持久力を測定した。また、安静時、及び低速度から高速度での30分間の歩行前後に大腿筋の外側部と内側部（左右両側とも）の表面から血流を測定した。筋力の測定には、研究室で独自に開発した「筋力測定装置」を使用した。屋外で低速度（1時間あたり2～3km進む速さ）、中速度（1時間あたり約3～4km進む速さ）、高速度（1時間あたり4km以上進む速さ）の速度で30分間の連続した歩行運動を行ってもらった。再現性を確認す

るために、1週間から2週間後に、再度、安静時、及び異なる運動強度の歩行運動を30分間にわたり行ってもらい、歩行運動の前後で筋力・筋持久力と血流を測定した。

健康な60歳代（男性11名、女性8名）と70歳代（男性7名、女性6名）の高齢者を用いて、大腿部の屈曲および伸展での最大筋力・筋持久力と血流を測定した。その後、被験者を低速度（男性9名、女性7名：1時間に3km進む速度）、または高速度（男性9名、女性7名：1時間に4.5km進む速度）の2グループに分けて、30分の歩行を4週間（週5回）にわたって継続し、筋力と血流を測定した。

4. 研究成果

年齢や歩行速度に関係なく筋力や筋持久力の高い高齢者ほど大腿部の血流が多く、さらに運動直後に十分な血流が維持されていた。このような傾向は、運動を継続することによって改善できるかどうかを次の研究で明らかにした。さらに、高齢者がどのような筋力・筋持久力を有していることにより血流変化への影響が認められるのかを明らかにした。

年齢に関係なく大腿での血流が多い被験者ほど筋力発揮の持続時間が長くなる結果を示した。4週間の低速度の歩行によって、最大筋力、筋持久力と血流に変化は認められなかった。一方、4週間の高速度の歩行によって、筋持久力と血流の増大が認められた。また、この傾向は、年齢の高い被験者ほど顕著であった。

高齢者に運動を負荷して筋萎縮や筋力の低下に対する効果を検討した研究は多い。しかしながら、それらの研究では、筋萎縮や筋力の低下を抑制するメカニズムを明らかにしていない。したがって、先行研究では、老化に伴う筋萎縮や筋力の低下を抑制・改善するための根本的な方法（解決策）を得ることはできなかった。さらに、先行研究では、高齢者では高強度の筋力発揮は危険であるとして、極めて強度の低い持久的な運動を負荷してきた。このような運動では、筋の代謝は改善されず、血流量の増大を期待することはできない。

本研究では、年齢に関係なく走速度の違いによって筋持久力と血流に及ぼす効果の違いが認められた。すなわち、速い速度での歩行を継続した被験者で筋持久力と血流の増大が認められた。また、高齢者ほど筋持久力と血流の低下が著しく、一方、高齢者ほど速い速度での歩行による筋持久力と血流の増大が顕著であった。

これらの研究結果より、血流と筋持久力には密接な関係が認められること、高齢者でも強度の高い運動を継続すれば、筋持久力や血

流に改善が認められることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

1. Nagatomo F, Fujino H, Kondo H, Gu N, Takeda I, Ishioka N, Tsuda K, Ishihara A: PGC-1 α mRNA level and oxidative capacity of the plantaris muscle in rats with metabolic syndrome, hypertension, and type 2 diabetes. *Acta Histochemica et Cytochemica*, 査読有, 44: 73-80, 2011.
2. Nishizaka T, Nomura T, Sano T, Higuchi K, Nagatomo F, Ishihara A: Hyperbaric oxygen improves UVB irradiation-induced melanin pigmentation and diminishes senile spot size. *Skin Research and Technology*, 査読有, 17: 332-338, 2011.
3. Nagatomo F, Fujino H, Kondo H, Suzuki H, Kouzaki M, Takeda I, Ishihara A: PGC-1 α and FOXO1 mRNA levels and fiber characteristics of the soleus and plantaris muscles in rats after hindlimb unloading. *Histology and Histopathology*, 査読有, 26: 1545-1553, 2011.
4. Nagatomo F, Roy RR, Takahashi H, Edgerton VR, Ishihara A: Effect of exposure to hyperbaric oxygen on diabetes-induced cataracts in mice. *Journal of Diabetes*, 査読有, 3: 301-308, 2011.
5. Kondo H, Fujino H, Murakami S, Nagatomo F, Roy RR, Ishihara A: Regressed three-dimensional capillary network and inhibited angiogenic factors in the soleus muscle of non-obese rats with type 2 diabetes. *Nutrition and Metabolism*, 査読有, 8: 77, 2011.
6. Ishihara A, Nagatomo F, Fujino H, Kondo H, Nojima K: A threshold dose of heavy ion radiation that decreases the oxidative enzyme activity of spinal motoneurons in rats. *Neurochemical Research*, 査読有, 37: 387-393, 2012.
7. Fujino H, Kondo H, Murakami S, Nagatomo F, Fujita N, Takeda I, Ishihara A, Roy RR: Differences in capillary architecture, hemodynamics, and angiogenic factors in rat slow and fast plantarflexor muscle. *Muscle & Nerve*, 査読有, 45: 242-249, 2012.
8. Nagatomo F, Fujino H, Kondo H, Takeda I, Tsuda K, Ishihara A: High-fat diet-induced reduction of PGC-1 α mRNA levels and oxidative capacity in the soleus muscle of rats with metabolic syndrome. *Nutrition Research*, 査読有, 32: 144-151, 2012.
9. Nagatomo F, Fujino H, Kondo H, Kouzaki K, Gu N, Takeda I, Tsuda K, Ishihara A: The effects of running exercise on oxidative capacity and PGC-1 α mRNA levels in the soleus muscle of rats with metabolic syndrome. *Journal of Physiological Sciences*, 査読有, 62: 105-114, 2012.
10. Ishihara A, Nagatomo F, Fujino H, Kondo H, Tsuda K: Lifestyle-related disease and skeletal muscle. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 査読有, 1: 17-27, 2012.
11. Fujita N, Nagatomo F, Murakami S, Kondo H, Ishihara A, Fujino H: Effects of hyperbaric oxygen on metabolic capacity of the skeletal muscle in type 2 diabetic rats with obesity. *Scientific World Journal*, 査読有, doi: 10.1100/2012/637978, 2012.
12. Nagatomo F, Fujino H, Kondo H, Ishihara A: Oxygen concentration dependent oxidative stress levels in rats. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 査読有, doi: 10.1155/2012/381763, 2012.

[学会発表] (計 2 件)

1. 石原昭彦: 長期にわたる宇宙滞在を目指して. 第 26 回日本宇宙生物科学学会学術集会. 2012 年 9 月 27 日~29 日 (徳島市).
2. 石原昭彦: 長期にわたる宇宙環境への滞在によるマウス脊髄運動ニューロンの変化. 第 58 宇宙航空環境医学会大会. 2012 年 11 月 15~17 日 (豊橋市)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日：
国内外の別

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別

〔その他〕
ホームページ等

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

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし