

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500613

研究課題名(和文) 萎縮性骨格筋に対する運動の影響 - 筋代謝能, 脈波速度, 成長ホルモンからの検討 -

研究課題名(英文) Influences on atrophic skeletal muscle by physical exercise-studies on muscle oxygenation, velocity of pulse wave and growth hormone

研究代表者

芳賀 脩光 (HAGA, Shukoh)

筑波大学・ 名誉教授

研究者番号：80093102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：研究1. 「骨格筋代謝能と筋組成におよぼす筋レジスタンス運動の効果」：高強度筋レジスタンス運動を実施する運動群と対照群の筋組成と筋代謝能を比較した。運動群は筋酸素化レベルの低下が大きく、Type I 線維の肥大を招く。研究2. 「萎縮性骨格筋に対する長期トレーニングが酸化ストレスと抗動脈硬化因子におよぼす影響」：15ヶ月のトレーニングは抗動脈硬化因子の改善と酸化ストレスの軽減に寄与。研究3. 「萎縮骨格筋の酸素化レベルにおよぼす筋レジスタンス運動と有酸素運動の検討」：筋レジスタンス運動は有酸素運動よりも骨格筋の酸素代謝の改善を示す。研究4. 高齢者の集中維持機能と運動

研究成果の概要(英文)：Study1. Effects of Resistance exercise on Intramuscular oxygenation and Muscle Fiber composition. This results suggest that resistance training increases the amount of oxygen consumption because the cross sectional area of Type II a fiber is larger. Study2. Influences on oxidative stress anti-arteriosclerosis factors to atrophic skeletal muscle by long physical exercise. Long (15months) physical exercise by aged persons demonstrates increase of the physical fitness, anti-arteriosclerosis factors and decrease of oxidative stress (d-ROMs). Study3. Influences on skeletal muscle oxygenation by muscle resistance exercise and aerobic exercise in aged persons. Squat exercise and walking exercise for four months carried out to two groups in the elderly. Resistance exercise improved in muscle oxygenation than aerobic walking exercise. Study4. The Effects of Long-term Exercise on Cerebral Function and the Maintenance of Concentration in the Elderly

研究分野：体力学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：高齢者 萎縮性骨格筋 筋代謝能 筋赤外分光法 筋レジスタンストレーニング 筋線維 酸化ストレス 抗動脈硬化因子

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は過去において、ヒト骨格筋の筋代謝機構に関して基盤研究B(課題番号: 07458012)、基盤研究A(課題番号: 10308001)、基盤研究A(課題番号: 15200048)を研究代表者として検討してきた。

しかし、今日、超高齢社会にあって、高齢者の積極的な健康の維持、生活体力の増進、また老化予防、生活習慣病予防、加えて要支援、要介護レベル高齢者の自立機能の改善や介護予防をはかる上で、筋萎縮を伴う老化性骨格筋の酸素血行動態について、トレーニングによる成果を検討することは大きな意義を有する。しかし、今日萎縮性骨格筋における酸素代謝能についての報告はほとんどみられていない。

## 2. 研究の目的

こうした現状をふまえ、本研究は「萎縮性骨格筋における運動の影響」の検討に着手した。本研究は以下の3つの研究内容について検討した。

(1)「骨格筋代謝能と筋線維におよぼす筋レジスタンス運動の効果」

(2)「酸化ストレスおよび抗動脈硬化因子におよぼす長期間の高齢者運動トレーニングの影響」

(3)「高齢者の筋レジスタンス運動、および有酸素運動が筋代謝能におよぼす影響」

本研究はまず、初めに、筋萎縮を生じていない成人の筋レジスタンス運動群と対照群について、筋線維の分析とスクワット運動時の筋代謝能について比較検討した。

萎縮性骨格筋の発現には種々の原因を有

するが、加齢や廃用性の因子による酸化ストレスや動脈硬化性因子の増大が指摘される。これまでの報告では急性運動負荷では酸化ストレスに影響を与えない。また、血中グルタチオン酸化還元比(GSSG/GSH)で見ると、逆に組織は酸化に傾くなどと報告されている。他方、高齢者でも3ヶ月程度の運動では酸化ストレスの指標でもあるd-ROMsを減少させるという報告もある。そこで、本研究では、高齢者を対象として“からだづくり”を目的とした、軽強度の総合複合運動様式の全身性筋肉運動を負荷させ、酸化ストレスや抗動脈硬化因子に与える影響について、特に、トレーニング期間に着目し、15ヶ月間のトレーニング効果を検討した。

筋レジスタンス運動と有酸素運動という運動様式の相違によるトレーニングが加齢や運動不足によって筋機能の低下を有する高齢者の筋代謝におよぼす影響について検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

十分なインフォームドコンセントをとり、被験筋は右大腿部外側広筋とし、筋線維組成を分析した。筋代謝能の測定はNIRcws法を用い、酸素化レベルの測定には動脈血流遮断法を用いた。スクワット(膝屈伸)運動は最大挙上重量の50%1回負荷、80%1回負荷、80%負荷最大回数による疲労困憊時とした。

座業を中心とする生活習慣の高齢者(8名:  $67.6 \pm 4.7$  歳)を対象とした。トレーニング期間は15ヶ月、週一回、90分間。運動は、柔軟・ストレッチ運動、リズム運動・エアロビック運動、筋肉づくり運動から成る総合複合運動であった。身体形態測定、体力測定、血液分析を実施した。酸化ストレスの評価は血清酸化LDL濃度(ELISA法)、血清

ヒドロペルオキシド濃度 (d-ROMs 法) ならびに血清鉄還元 (BAP) 能 (FRAP 法) によった。

インフォームドコンセントをとり、日頃、健常ながら座業生活のある高齢者を対象として、スクワットのよる筋レジスタンス運動群と歩行による有酸素運動群を設定し、4ヶ月のトレーニングを実施した。筋レジスタンス運動は1日300回の脚屈伸運動、有酸素運動は1日1時間の歩行を実施し、頻度は日曜日を除き、1週間に6日とした。筋代謝能はNIRcws法を用い、被験筋は外側広筋とした。また、高齢者のため、動脈血流遮断法は実施せず、評価の方法として、運動負荷テスト直後の酸素Hbと脱酸素化Hbの交点までの時間を採用した。

#### 4. 研究成果

筋レジスタンス運動において、運動群は対照群に比較すると、各運動強度に比例して、運動直後の酸素化レベルは著明に低下し、安静時のレベルを100とすると、およそ50%以上も低下した。同時に、回復期における酸素化レベルは著しく遅延した。運動時のType

a 線維の横断面積は有意に増大していたが、筋レジスタンス運動は筋の強縮により、血管が圧迫・圧縮を受け、筋血流制限が生じ、筋内低酸素化状態の環境が生じ、結果として、この筋内環境の反復がType aの線維の肥大を生じさせ、酸素化レベルの低下を示すものであると考えられる。

400m歩行時間は、有意な減少 ( $p<0.001$ ) を示した。踏み台昇降は、有意な増大 ( $p<0.05$ ) が認められた。脂質代謝にかかわるパラメーターとしての酸化LDL濃度は、トレーニング開始前の77.5%に低下した。HDL-コレステロール濃度は、有意な上昇 ( $p<0.001$ )

中性脂肪濃度は減少した。ヒドロペルオキシド濃度 (d-ROMs) は、15ヶ月で27%の減少を示した。鉄還元能 (BAP 能) は、15ヶ月後低下を示した。

以上により、高齢者の身体トレーニングによって、歩行に関わる筋力は3ヶ月程度ですでに改善が認められる。また、代謝改善ならびに酸化ストレスへの影響に着目すると、15ヶ月の比較的長期間の運動継続は抗動脈硬化作用因子と酸化ストレスの軽減に顕著な効果を立証した。

筋レジスタンス運動群はその交点までの時間が有酸素運動群よりも早期に出現し、筋内において酸素の供給、吸入に改善にされることを認めた。しかし、安静時血圧、運動時血圧は有酸素運動群において明らかに低下し、循環系への影響は大きいことが観察された。しかし、血管の硬度をみると、どちらの運動様式の場合でも改善する者、変化なしの者と個人差がみられた。この研究にから得られたデータ等に基づく結果は、今後、継続して検討する必要を有することが明らかになった。論文執筆についても、今後の成果を含めて検討していく。

#### 5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計2件)

Shukoh Haga, Takuya Sakurai, Shogo Sato, Michiko Sasahara, Fumio Aita, Kazuki Esaki, Koji Toshinai, Etsuo Ueya, Noboru Hashimoto, Junetsu Ogasawara, Takako Kizaki, Yoshinaga Ishibashi, Tomonobu Sakurai, Shuji Oh-ishi, Hideki Ohno and Eimatsu Takakuwa: The Effects of Long-term Exercise on Cerebral Function and

the Maintenance of Concentration in the Elderly. J. Exer. Sports Orthop, 1: 6, 2014. ( 査読有り )

<http://symbiosisonlinepublishing.com/exercise-sports-orthopedics/exercise-sports-orthopedics03.php>

Fumio Aita, Shukoh Haga, Shogo Sato, Takuya Sakurai, Kazuki Esaki, Takafumi Hamaoka, Masao Mizuno, Koji Toshinai, Hiromi Miyazaki, Tohru Takemasa, Noboru Hashimoto, Junetsu Ogasawara, Toshihito Katsumura, Takako Kizaki and Hideki Ohno: Effects of resistance exercise on intramuscular oxygenation and muscle fiber composition. J. Sports Med. Doping Stud. 3: 133, 2013. ( 査読有り )

<http://omicsonline.org/effects-of-resistance-exercise-on-intramuscular-oxygenation-and-muscle-fiber-composition-2161-0673.1000133.php?aid=21403>

## 6 . 研究組織

### ( 1 ) 研究代表者

芳賀 脩光 ( HAGA, Shukoh )

筑波大学・名誉教授

研究者番号 : 8 0 0 9 3 1 0 2

### ( 2 ) 連携研究者

大野 秀樹 ( OHNO, Hideki )

杏林大学・医学部・教授

研究者番号 : 0 0 1 3 3 8 1 9

浜岡 隆文 ( HAMAOKA, Takafumi )

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号 : 7 0 2 6 6 5 1 8

中谷 敏昭 ( NAKATANI, Toshiaki )

天理大学・体育学部・教授

研究者番号 : 6 0 2 4 8 1 8 5

江崎 和希 ( ESAKI, Kazuki )

滋賀大学・教育学部・特任准教授

研究者番号 : 9 0 3 7 5 4 7 8

### ( 3 ) 研究協力者

勝村 俊仁 ( KATSUMURA, Toshihito )

東京医科大学・医学部・主任教授

研究者番号 8 0 2 1 4 3 5 2