

機関番号：12612
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007年度～2010年度
 課題番号：19700468
 研究課題名（和文）レジスタンストレーニング支援のための運動機能評価システムの開発
 研究課題名（英文）Development of muscular function evaluating system
 to support a resistance training of elderly people
 研究代表者 水戸 和幸 (MITO KAZUYUKI)
 （電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授）
 研究者番号：90353325

研究成果の概要（和文）：

本研究では、高齢者の運動能力に配慮したレジスタンストレーニング手法の確立を支援すべく、トレーニング時の筋活動状況や筋疲労状況を的確に把握し、その情報を定量値として訓練者にフィードバックする“運動機能評価システム”の開発を目的とする。本申請研究において表面筋電図（EMG）と筋音図（MMG）を評価指標として、高齢者の運動機能評価を行った。その結果、筋音図の周波数スペクトルが加齢により低周波化すること、筋疲労過程でMMGがEMGよりも顕著に変化することから、加齢による速筋線維の選択的減少をMMGが反映していると推測した。

研究成果の概要（英文）：

The aim of this study is to elucidate the characteristics of muscular function of elderly people to development of muscular function evaluating system. The electromyogram (EMG) and mechanomyogram (MMG) were used to evaluate the muscular function. The results were obtained as the following. (1) Total power and median power frequency of MMG power spectrum were influenced by age although both variables of EMG were not influenced by one. (2) For elderly people, the MMG amplitude was significantly increased depending on the endurance time of muscle in comparison with EMG amplitude. These results might be related to the muscular atrophy and the decreasing of fast muscle fiber by aging.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,100,000	600,000	3,700,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：筋電図，筋音図，筋線維伝導速度

1. 研究開始当初の背景

近年、先進国を中心とした急速な高齢化社会の進展に対応するために、高齢者の生活支援のための技術の確立が重要性を増してきている。また、高齢者の増加は、介護者人口

の相対的な減少も意味しており、高齢者の自立生活を支援するためのリハビリ機器の開発や健康維持・増進のためのトレーニング手法の確立が急務となってきている。

これらの諸問題に対応するために、高齢者

向けのレジスタンストレーニング手法に関する研究や、リハビリ支援機器の開発が進められているが、不適切なトレーニング手法やオーバーワークによる事故等の新たな問題も報告されている。

オーバーワークによる障害を避けつつ最大のトレーニング効果を得るためにも各個人の運動能力に適応したトレーニング手法の確立と支援機器の開発が重要であり、そのためにも高齢者の詳細な筋機能情報の獲得方法および評価方法を確立する必要がある。また、オーバーワークを未然に防ぐとともに、トレーニングに対する自発的意欲を高めるためにもトレーニング時の筋活動状態やトレーニング効果を訓練者にフィードバックするシステムの開発が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、歩行動作および起居動作で重要な下肢の運動機能を研究対象とし、非侵襲的な筋電図および筋音図の計測・評価法により、若年者と高齢者のデータを得ることによって加齢により生じる筋力や筋持久力の低下と筋線維活動様式との因果関係を明確にする。さらに、実験により得られた結果をデータベース化し、レジスタンストレーニング時の筋活動度や筋疲労度を定量的に推定し、その情報を訓練者にフィードバックするシステムの構築を目指す。本研究を実現するために、以下の3点に関して研究を進める。

- (1) 筋力（筋張力）と筋線維活動様式との関係の明確化
- (2) 筋持久力と筋線維活動様式との関係の明確化
- (3) 筋機能情報データベースの構築と運動機能評価システムの開発と評価

(1) では、加齢による筋力の低下と筋線維活動様式との因果関係について筋電図法および筋音図法より明らかにする。特に、筋音図は、筋収縮における遅筋線維と速筋線維の活動度を非侵襲的に評価できるツールであることから、加齢による筋萎縮や選択的な速筋線維の減少の程度を定量的に評価できるものとする。(2) では、トレーニング時の筋疲労の影響を考慮し、高齢者の筋持久力と筋線維活動様式との関係を調べる。そして、筋電図と筋音図の相互関係から高齢者と非高齢者の筋疲労特性の相違点を明らかにする。(3) では、(1) および (2) により得られた筋機能情報の結果を年齢層ごとにデータベース化し、トレーニング時の筋活動度や筋疲労度を訓練者に定量値としてフィードバックするシステムの開発と評価を行う。

3. 研究の方法

本研究では、若年者と高齢者の2群を対象

に実験を行った。被験者は座位にて、股関節90度、膝関節90度伸展位とし、足首をベルトで固定した(図1)。実験では、各被験者に膝関節伸展で等尺性収縮を行わせた。このときの、筋力と大腿四頭筋(外側広筋:VL)の筋電図(EMG)、筋音図(MMG)を計測した。

EMGの検出には、ディスプレイ電極(Dual Electrode 272, Noraxon Inc. USA)を用いた。電極直径10mm、電極間距離20mmの電極を筋線維方向に沿って、各筋の神経支配帯を避けた位置に貼付した。MMGの検出には、小型加速度センサー(9G111BW: NEC三栄, 日本)を用いた。重量1.3gの加速度センサーを各筋の筋腹付近に両面テープにて貼付した。検出されたEMGおよびMMGの信号は、それぞれ生体信号増幅器(AB-610J: 日本光電, 周波数帯域: 5-1000 Hz)とチャージアンプ(6D07: NEC三栄, 周波数帯域: 1-2000 Hz)にて増幅した。筋力は、足首のベルトに接続されたロードセルにて導出し、直流増幅器(AD-610: 日本光電, 周波数帯域: DC-100Hz)にて増幅した。増幅された各信号は、サンプリング周波数1000 HzにてA/D変換した後PCに保存した。

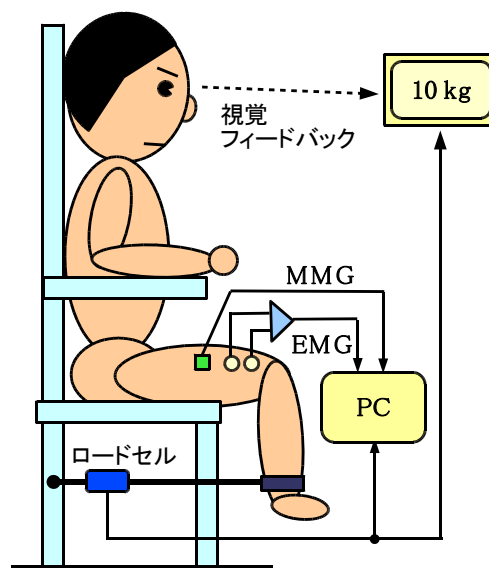


図1: 大腿四頭筋(外側広筋)の筋音図(MMG), 筋電図(EMG)計測システム

4. 研究成果

(1) 筋活動様式の相違

健康な高齢者14名(年齢: 77.1 ± 6.0 歳, 身長: 157.7 ± 6.8 cm, 体重: 59.3 ± 7.1 kg)と若年者5名(年齢: 27.2 ± 4.5 歳, 身長: 174.6 ± 5.0 cm, 体重: 66.4 ± 6.4 kg)を対象に50%MVCで外側広筋の等尺性収縮を5秒間行わせた。記録されたEMGとMMGをFFT法にてパワースペクトルを求め、トータルパワー(Total Power: TP)と中央周波数(Median Frequency: MDF)を求めた。

MMGのトータルパワー(TP)と中央周波

数 (MDF) を図 2 に示す. 若年者群よりも高齢者群の TP および MDF は低くなる傾向が見られた. 統計的検定 (t-test) を行ったところ, MDF には有意差 ($p < 0.01$) が認められたが, TP には認められなかった ($p = 0.12$). 一方, EMG の TP, MDF には, 若年者群と高齢者群の間に差は認められなかった. MMG のパワースペクトルに関して, 若年者群では, 10Hz 付近と 40Hz 付近にピークを有する 2 峰性スペクトルとなるが, 高齢者群では 10Hz 付近にピークを有する単峰性スペクトルとなった (図 3).

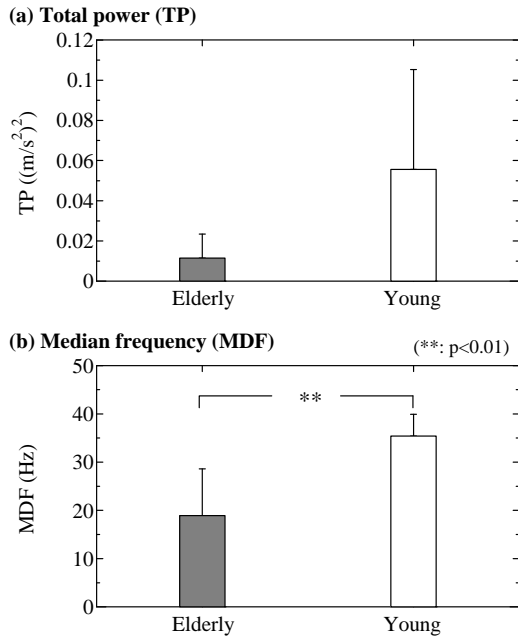


図 2 : 高齢者 (Elderly) と若年者 (Young) の MMG の TP (a), および MDF (b) の平均値

MMG は, 筋の電氣的活動である EMG と筋力との中間に位置する筋活動情報であり, 活動する筋線維のタイプ (遅筋および速筋) と密接な関わりを持つことが示唆されている. つまり, MMG スペクトルの低周波成分は遅筋の活動が関与し, 高周波成分は速筋線維の活動が関与していると推測されている. 今回の実験で課した発揮筋力 (50% MVC) では遅筋線維に加え速筋線維が動員される. ゆえに, 若年者群の MMG スペクトルは 2 峰性になったと推測される. その一方で, 高齢者群の MMG スペクトルは単峰性であり, 若年者群のように高周波帯の特徴的なピークが認められなかった. これは, 加齢による筋萎縮や選択的な速筋線維の減少を反映した結果と推測される. つまり, MMG により非侵襲的に筋組成を把握することの可能性が示唆された.

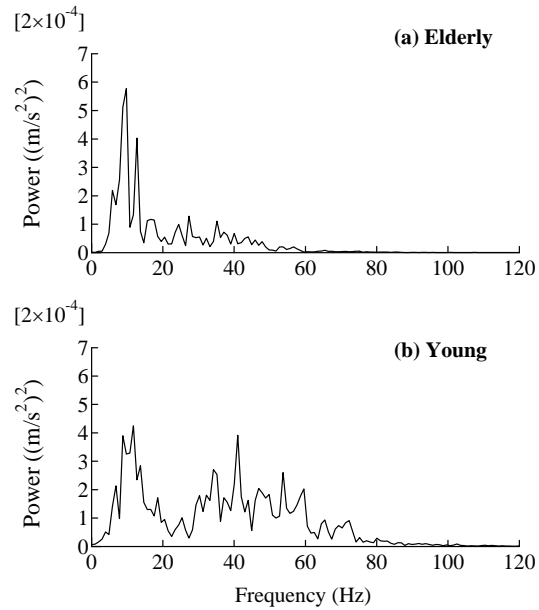


図 3 : 高齢者 (a) Elderly) と若年者 (b) Young) の MMG パワースペクトルの一例

(2) 筋疲労特性の相違

健康な高齢者 3 名 (65~68 歳), と若年者 4 名 (22~31 歳) を対象に 20% MVC で持続的な外側広筋の等尺性収縮を目標筋力から 5% 低下するまで行わせた. 記録された EMG と MMG の振幅値 (RMS) と中央周波数 (MDF) を求めた.

EMG および MMG の RMS は持続時間の増加とともに増大した. 特に高齢者の MMG の RMS は若年者より顕著に増加した (図 4). MDF は EMG, MMG とともに持続時間とともに減少したが, 高齢者と若年者間で顕著な差は認められなかった. 今後, 被験者数を増やし, 年齢層による疲労傾向を明確にする必要がある.

なお, 筋疲労時の MMG 計測は, 関節運動による外乱的な振動成分の影響が大きくなり, 本来の MMG 以外の成分を計測している可能性が高いことが予想された. 今後, 外乱的な振動成分の影響を受けにくい計測手法の確立, および振動成分を除去する信号処理法を検討する必要がある.

上記の MMG 計測の問題から筋電図および筋音図の諸特性から運動負荷レベル毎の筋活動度や疲労度を推定し, 訓練者にその情報をフィードバックする筋機能評価システムの開発までには至らなかった.

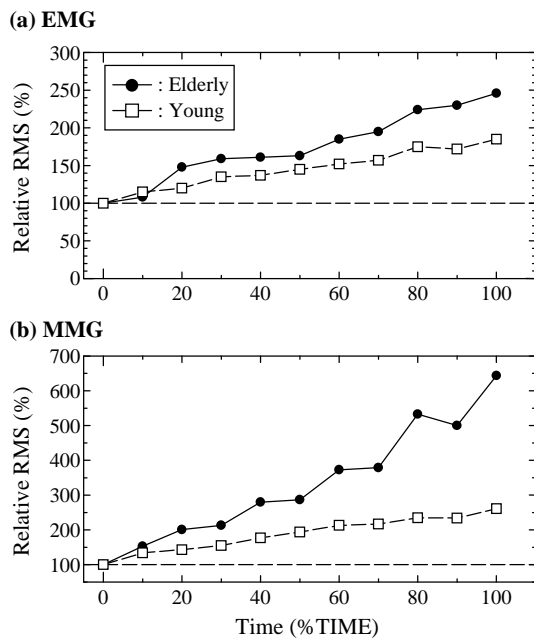


図4：持続的筋収縮時における EMG (a) と MMG (b) の RMS の平均値

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 1 件)

- 1) 水戸和幸, 安西理, 金子賢一, 坂本和義, 清水豊, 筋線維伝導速度による静的および動的運動時の筋機能評価, 日本福祉工学会誌, Vol. 9, pp.40-46, 2007, 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- 1) K. Mito, K. Kaneko, H. Makabe, M. Takanokura, K. Sakamoto: Influence of age on muscular activity during isometric contraction of vastus lateralis muscle - Analysis of mechanomyogram and electromyogram -, 18th Congress of The International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK2010), Aalborg, Denmark, 2010 年 6 月 17 日
- 2) 水戸和幸, 板倉直明, 坂本和義: 表面多電極を用いた筋電図の最適計測エリアの推定, 平成 21 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, 徳島大学常三島キャンパス, 2009 年 9 月 4 日.
- 3) 水戸和幸, 金子賢一, 赤塚清矢, 真壁寿, 日下部明, 高野倉雅人, 坂本和義: 大腿四頭筋等尺性収縮時の健常若年者と高齢者の筋活動様式の比較—筋電図と筋音図による解析—, 日本福祉工学会第 12 回学術講演会, 山梨大学工学部, 2008 年 11 月 29 日

- 4) 金子賢一, 水戸和幸, 赤塚清矢, 真壁寿, 日下部明, 高野倉雅人, 坂本和義: EMG と MMG の離散ウェーブレット変換からみた高齢者の膝関節伸展運動の機能評価に関する研究, 日本福祉工学会第 12 回学術講演会, 山梨大学工学部, 2008 年 11 月 29 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水戸 和幸 (MITO KAZUYUKI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：90353325