

Title	筋電位処理による筋張力制御機序の推定に関する研究
Author(s)	吉田, 正樹
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3081504
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	吉 田 正 樹
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 7 0 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 7 年 2 月 2 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	筋電位処理による筋張力制御機序の推定に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 辻 毅一郎 教 授 黒田 英三 教 授 前田 肇 教 授 小牧 省三 教 授 村上 吉繁

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は筋張力発生に関する諸量, すなわち活動中の運動単位の数, 大きさ, 発火頻度などの筋電位からの推定法, ならびにそれらの諸量に基づく筋張力制御機序の推定についての一連の研究をまとめたもので, 以下の8章から構成されている。

第1章は緒論であり, 本研究の背景と動機付けならびに研究の目標の設定とその意義について述べている。

第2章では, 筋張力制御に関する基礎的な生理学的知見, すなわち, 実験動物から摘出した筋を用いて明らかにされた筋の構造, 筋の収縮過程について述べ, さらに本研究で中心的役割をなす運動単位ならびに筋電位について概説している。

第3章では, 筋張力制御の主要因である活動中の運動単位の数と大きさを, 筋電位を統計的に処理することにより, 筋張力の低い方から逐次推定する手法について述べている。本手法は生理学的知見に基づく集合筋電位発生モデルから導出されており, 推定に必要なデータは集合筋電位の二次及び四次モーメントと運動単位の発火頻度だけであるという特徴を持つ。この手法をヒトの筋に適用し, その結果がサイズの原理などの生理学的知見と合致することを示している。さらに推定精度が集合筋電位の観測時間と逐次推定の回数に依存することを示している。

第4章では, 筋張力制御のもう1つの要因である運動単位の発火頻度と集合筋電位のパワースペクトラムとの関係について検討している。その結果, 集合筋電位のパワースペクトラムの低周波領域での極大周波数が, 活動中の運動単位の発火頻度の平均に対応することを, 実測データならびに筋電位発生モデルによるシミュレーションの双方から示している。

第5章では, 活動中の運動単位の数と大きさ, 実測した発生張力と発火頻度の関係ならびに運動単位の刺激頻度と張力の関係を用いて, 2つの要因, すなわち運動単位数増加と発火頻度上昇の筋張力制御における相対的貢献度を推定する手法を述べている。この手法を用いて, ヒトの上腕筋では運動単位数の増加が, 総指伸筋では発火頻度の上昇がそれぞれ張力増加に大きく貢献していることを示している。

第6章では, 筋電位の計測技術についての検討を行った結果を述べている。筋張力の指標としてよく用いられる表面

筋電位の整流積分値の分散が、双極誘導における電極間隔を狭めると小さくなることを実測により示している。これは、電極間隔を狭くすると単一の運動単位の活動電位の持続時間が短くなるためであることを表面筋電位発生モデルによる解析により示している。

第7章では、筋電位信号を取り入れたデジタル制御の筋電義手の開発について述べている。この義手では神経-筋制御系の動特性が模擬されており、製作した義手を使用しての実験により、筋電位信号を用いることの有用性を確認している。

第8章では、本研究で得られた主な結論を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、筋張力制御機序を明らかにするために、活動中の運動単位の数、大きさ、発火頻度、ならびにそれらの筋張力制御における役割を、筋電位の計測データから推定する手法についての一連の研究成果をまとめたものである。得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 集合筋電位の二次及び四次モーメントと運動単位の発火頻度を用い、活動中の運動単位の数と大きさを推定する手法を開発している。本手法の特徴は、力の増加とともにそれらを逐次推定することにより、この手法を用いてヒトの上腕筋と総指伸筋についての推定を行い、サイズの原理、閾値張力と運動単位との関係などの既知の生理学的知見と合致する結果を得ている。また、本手法による推定の精度はモーメントの計算における打ち切り誤差に依存するため、集合筋電位の観測時間を長くすると推定値の偏差は減少するが、逐次推定の回数を増すと誤差の蓄積が生じるため推定値の偏差は増大することを明らかにしている。

(2) 等尺性収縮における集合筋電位のパワースペクトラムに見られる低周波領域におけるピーク周波数は張力とともに高くなり、運動単位の発火頻度の平均に対応することを、ヒトの上腕筋と総指伸筋についての実測結果から明らかにするとともに、この結果を筋電位発生モデルを用いて説明している。

(3) 運動単位数の増加と発火頻度の上昇それぞれの筋張力増加への貢献度を、活動中の運動単位の数、その大きさ、平均発火頻度、および刺激頻度と発生張力の関数関係から推定する方法を提案している。この方法をヒトの上腕筋と総指伸筋に適用し、前者では運動単位数の増加が、後者では発火頻度の増加が張力増加にそれぞれ大きく貢献していることを明らかにしている。

(4) 双極誘導した表面筋電位の整流積分値の正規化分散が、電極間隔を狭くするほど小さくなることを上腕二頭筋について明らかにし、その理由として、観測される運動単位の活動電位の持続時間が短くなるためであるとの解析結果を与えている。この結果から、筋電位を精度よく計測するには電極間隔を狭めればよいとの結論を得ている。

(5) 筋電位信号処理の応用例として、神経-筋制御系の動特性を模擬した筋電義手を製作し実験を行い、義手の開閉角度が筋電位信号により随意に制御でき、アルミの円筒管など柔らかいもののハンドリングが容易に行えることを確認している。

以上のように、本論文は、活動中の運動単位の数、大きさなどの運動単位レベルの諸量を、筋電位の計測データの処理により精度よく得るための手法を提案し確立するとともに、筋張力の発生機序に関する新しい知見を得ており、生体工学上また医用工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。