

筋放電量と足関節底屈トルク増加率の関係 The relationship between electromyographic activity and rate of torque development

1K09A113-3

指導教員 主査 川上 泰雄 先生

篠原 佑太郎

副査 若原 卓 先生

【目的】

脳からの指令を筋の部分で皮膚の表面から導出する際に、表面筋電図が使われる。サイズの原理から言うと、小さな力を発揮する際には、小さな運動単位を動員し、大きな力を発揮する際には、大きな運動単位を動員する。運動単位の数と筋電図の振幅は比例するため、筋張力とほぼ線形関係にあるというのが報告されている(Lawrence ら、1987)。しかしながら、ballistic 運動(素早い運動)を行う時は、筋力発揮の初期で小さな筋力発揮に関わらず、筋放電量が大きくなる(Hallett ら、1975)。近年の研究では、単位時間あたりの筋活動電位の立ち上がりの最大値と、等尺性筋収縮時の力の増加率の最大値との間に有意な相関関係があることが報告されている(上村ら、2011)。この実験では、発揮筋力を MVC、25% MVC、50% MVC、75% MVC として実験を行なっている。サイズの原理を考えた時に、運動単位の動員度合いが異なることが問題点として挙げられる。また、下腿三頭筋のように筋線維組成の異なる協働筋が、ballistic 運動の際にも相互に作用し合うことが考えられる。

そこで本研究の目的を、最大随意収縮過程における関節トルクの増加率(Rate of Torque Development: RTD)と筋放電量の関係性、ならびに、足関節底屈時の協働筋である下腿三頭筋各筋ごとの筋放電量パターンを検証するという2点とする。本研究では、以上の内容を検証するために最大随意収縮達成までの時間を指定する試行課題と(1秒間、5秒間)と、できるだけ素早く最大随意収縮を行う試行課題を行った。

【方法】

健康な一般大学生、院生 10 名(身長 173.4 ± 4.8 cm、体重 65.1 ± 6.4 kg、下腿長 39.2 ± 1.1 cm、年齢 22.4 ± 1.7 歳)の被験者には、仰臥位、膝伸展、足関節角度を 0 度で等尺性足関節底屈動作を行なった。また、腓腹筋内側頭(MG)、外側頭(LG)、ヒラメ筋(SOL)、前頸骨筋(TA)を被験筋として、表面筋電図を記録した。足関節底屈 MVC トルクを、時間指定なし、ballistics 試行(できる限り素早く)、fast-ramp 試行(1秒間で漸増的に)、slow-ramp 試行(5秒間で漸増的に)という課題設定で行った。データ分析の際は MVC トルクを基準に試行の 10%MVC トルクごと 90%MVC ごとに分析を行った。筋放電量は各トルク値(10%から 90%)の前後 5%トルク値の時間の筋放電量を RMS で求めた。RTD はトルク曲線を時間で微分して求めた。

統計処理には 2 要因の反復測定分散分析の後、主効果の検定を行った(Bonferroni 法)。相関関係はピアソンの相関関係で求めた。いずれも危険率は 5%未満とした。

【結果】

MG の各課題の筋放電量は 10~50%MVC トルクにおいて ballistic 試行は fast-ramp 試行、slow-ramp 試行よりも有意に大きく、10~40%MVC トルクにおいて fast-ramp 試行は slow-ramp 試行より有意に大きかった。LG では、10~70%MVC トルクにおいて ballistic 試行、fast-ramp 試行、slow-ramp 試行の順に有意に大きかった。SOL では 10~70%MVC トルクにおいて ballistic 試行が fast-ramp 試行、slow-ramp 試行より有意に大きく、fast-ramp 試行と slow-ramp 試行の間には有意な差はなかった。TA については各筋に課題ごとの有意な差はなかった。RTD は 10~80%MVC トルクにおいて ballistic 試行、fast-ramp 試行、slow-ramp 試行の順に有意に大きかった。

また、RTD と筋放電量の相関関係は MG、LG の 10~90%MVC トルクで、SOL の 10~80%MVC トルクで、TA の 10~60%MVC トルクで有意な相関関係が見られた(図 1)。

【考察】

筋力発揮時の立ち上がり時相の小さなトルクで課題間での筋放電量に有意な差が見られ、その筋放電量はトルクの増加率と相関関係にあった。素早い運動では運動単位の動員閾値の低下がおこり(米田ら、1986)、運動単位の動員は力の立ち上がり時点から大きな運動単位も動員される可能性がある。これによって、Ballistic 試行のような素早い運動で小さなトルクを発揮している際に、大きな筋放電量が観察され、運動単位の動員の変化がトルクの増加率に影響を与えることが示唆された。軽負荷の等尺性収縮の持続において、筋放電量は、MGとSOLが優位に活動し、LGはその相補的な役割を担っているとされている(田巻ら、1995)。本研究でも漸増的にトルクを発揮する slow-ramp 試行では、低いトルクでMGの筋放電量がLGより有意に大きく、補完的な役割であったと考えられる。しかし、Ballistic 試行や fast-ramp 試行では、大きなトルク増加率を達成するために LG において発揮トルクが小さい段階から多くの筋放電量が観察されたと考えられる。本研究の結果は、ジャンプやランニングなどで素早い運動を行っている際の筋放電量は発揮筋力と対応していないことを示すものである。

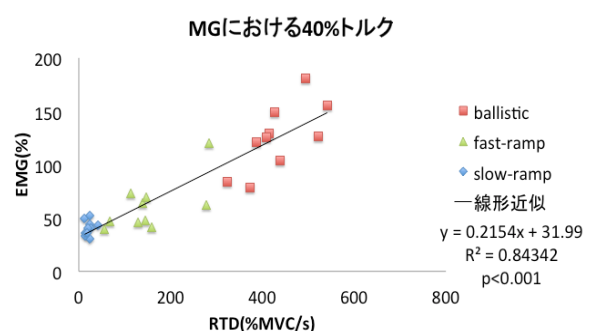


図 1. MG における 40%トルクの EMG-RTD 関係