異なる刺激周波数によって誘発される筋電図と血流量の関係

早稲田大学 人間科学部 ○佐藤 健 宮崎 正己 永田 晟

Relation of Evoked EMG of electrical stimulation
at different frequency and Blood Flow

○T.Satou M.Miyazaki A.Nagata (Waseda Univ., School of Human Science)

研究目的

疲労はあらゆる身体活動によって引き起こされ、疲労の要因は一連の身体活動開始から直ちに現れる。最大収縮力下の作業ではいかなる作業に関わらず筋力は減少していく。本研究では、疲労とは力または筋力が維持できなくなった状態と定義した。そして神経に電気刺激をすれば活動電位が発生し筋収縮が起こる性質を利用して下腿における局所筋疲労を誘発筋電図 (Evoked EMG) と血流量の関係を検討した。

実験方法

局所筋疲労を誘発するために、電気刺激装置を用いて頸骨神経に電圧20V、30Vの周波数2Hz、4Hz、8Hz計6通りの刺激を課した。2Hz、4Hzは1分間の刺激の後1分間の休憩を3回繰り返して、8Hzは被験者の耐えられる時間内と設定した。

測定項目は表面電極導入法により腓腹筋、前頸骨筋の筋電図を導出した。レーザドップラ血流計によって、下腿筋腹の血流量 (平均赤血球量、赤血球濃度、平均赤血球速度)、筋力、皮膚表面温度である。被験者は伏臥の状態で電極等を付け足底に歪計を介したペダルを固定して筋力を測定した。なお、実験は3週間にわたって行われ被験者は健康な男子学生6名とし、同一個人を異なる条件で実験した。またEMGは、一日データレコーダに収録した後にFFT解析器により筋電図の周

波数解析を行った。

結果と考察

頸骨神経に電気刺激をいれると下腿の筋は収縮して筋力を発生する。この時、筋力は刺激周波数の違いに関係なく一様の立ち上がりが見られた。しかし、筋力の減衰は刺激周波数が低い方が大きかった。逆に刺激周波数の高い方が力を維持できた。(Fig.1) また刺激電圧の高い方がより大きな筋力を発生する傾向がある。(Fig.2) 次に、EMGを周波数解析すると電気刺激後、低周波成分の増加が見られた。(Fig.3) 特に、ピークパワーが150Hz~200Hzの周波数帯の増加が見られた。また低周波帯のピーク周波数は、腓腹筋よりも前頸骨筋の方が低くなった。血流量の変化は一般的には観血的方法で行われるが今回、表面血流の流れを測定した。平均赤血球量、赤血球濃度は、刺激頻度に従って変化した。周波数の違いによらず赤血球濃度の変化は、ほぼ同じである。相対的に見ると電圧の影響は赤血球濃度にはほとんど無なかった。(Fig.4,5)

本研究で使用した電気刺激によって起こされる筋疲労は随意運動に比べて小さいといえる。筋力の減少、EMGパワースペクトラムの低周波成分へのシフトなどこれまで行われてきた実験より変化が小さいからである。しかし、筋力の維持ができないことは頸骨神経刺激によって筋疲労が誘発されたといえる。

同時に、電気刺激により平均赤血球量は暫時に増加する。これは筋収縮にともなうエネルギー消費量が増加していることがいえる。局所筋疲労は表面血流量の増加、筋力の減少、EMG周波数成分の低周波への移行が見られた。

結語

本研究では随意運動に見られるような筋力の減少が見られなかったが収縮頻度に高い相関がある血流量の変化を確認できた。筋力の減少が被験者間に差があるのは、運動ニューロンの活動の数と順序が異なるからである。この機能が一連の末梢神経刺激によって動員される運動単位の数と運動ニューロンのタイプが異なるからである。また筋収縮と共に変化する血流量から血液の供給によるエネルギー代謝機構も筋疲労に大きく関与しているといえる。ゆえに急激に筋力が減少し筋間質内血流量が急変動するとその筋肉は局所的な筋疲労したといえよう。

参考文献

- 1)EUROPEAN J,APPLD PHYSIOL,1991,62,363-368
ELECTRICAL STIMULATION OF HUMAN FORARM
EXTENSOR MUSCLE AS AN INDICATOR OF HANDGRIP
FATIGUE AND RECOVERY
Sven Bystrom

Fig.1

— 300, 2Hz 300, 4Hz

AVG. FORCE20V, 30V

Fig.2

— AVG. FORCE20V AVG. FORCE30V

Fig.3 SUB-T 20V, 4Hz

Gastrocnemius

20V, 30V FLUX 2Hz, 4Hz

Fig.4

..... AVG 2Hz FLUX --- AVG 4Hz FLUX

CONC 20V 30V 2Hz 4z

Fig.5

— AVG. CONC 2Hz AVG. CONC 4Hz