



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	周波数分析とTMSによる肘屈筋に対する訓練方法について
Author(s)	高橋, 光彦; 高橋, 正明
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 3, 77-80
Issue Date	1990-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37509
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_77-80.pdf



周波数分析と TMS による肘屈筋に対する訓練方法について

高橋 光彦・高橋 正明

Exercise for Elbow-flexors with Power Spectrum and TMS

Mitsuhiko Takahashi and Masaaki Takahashi

Abstract

Isometric contraction of 30-Max of elbow-flexors were performed by 4 subjects when they could not continue 90 degrees of elbow. Muscle electrical activity was recorded and analyzed for brachialis, bicepsbrachii, brachioradialis and pronator teres. TMS had done to muscle of increased low-frequency for 2 weeks. The contraction time of muscle was increased for 196 seconds to 275 seconds after TMS.

要 旨

肘屈筋の等尺性収縮を最大筋力の 30% 負荷をかけ、肘屈曲 90 度が保てなくなるまで行う。収縮時の筋電図を上腕筋・上腕二頭筋・腕橈骨筋・円回内筋より導出し、周波数分析を行い、低周波成分が増加した筋を特定する。特定した筋に対して経皮的電気刺激 (TMS) を 2 週間行い、2 週間後同一負荷に対する筋の収縮時間が延長した。

はじめに

ある動作を行う時、主動作筋、共同筋、拮抗筋が協調して筋収縮を行い、運動を遂行する。持続した動作を行うと筋疲労状態になり、運動が行えなくなってくる。筋疲労については中枢性・末梢性・代謝性などに要因があるとされるが、原因についてはまだ確定されていない¹⁾²⁾。

筋疲労の状態を表す方法の 1 つとして、

フーリエ変換を用いた筋電波形のスペクトル解析がある。筋電波形のスペクトルは 20-40 Hz 付近の帯域を低周波成分とし、80-100 Hz の帯域成分を高周波成分とすると、筋が疲労状態になっていくと、高周波成分が減少し、低周波成分が増加してくる。高橋らは肘屈筋筋力の最大筋力の 70% で行った等尺性収縮時の周波数分析の結果、高周波と低周波の比率 H/L 比は主動作筋の内、上腕筋においては常に H/L 比の減少がみられ、主動作筋のうち 1 筋の H/L 比が減少すると等尺性収縮が維持できないことを報告している³⁾。筋疲労に対しての筋力強化は低負荷・高頻度による持久力トレーニング、高負荷・低頻度による筋力トレーニングがある。

このように筋力トレーニングは訓練目的によって種々の方法があり、強度・時間・頻度を様々に変えて報告されている。Hettinger と Muller は筋力トレーニングの方法としてアイソメトリックを用い最大筋力の 50% に相当す

る筋力を筋力増加の至適強度とした。一方、Delome はアイソトニック訓練を中心とした筋力トレーニングについて、10 RM (10 Repetition maximum) を 1 つの強度条件とした。この 2 つのトレーニングは古典的ではあるが、現在行われている種々の訓練方法の基礎となっている。また、近年電気刺激を利用した筋力強化訓練も開発されている。

今回我々は、肘屈筋の等尺性収縮において肘屈筋の主動作筋である上腕筋・上腕二頭筋・腕橈骨筋・円回内筋の個々の筋肉の疲労程度について筋電波形のパワースペクトルを測定し、高周波成分 (60–80 Hz) が減少し、低周波成分 (20–40 Hz) が増加した筋を特定し、その特定した筋肉に対してのみ、皮膚上からの電気刺激 (Transcutaneous Muscle Stimulation 以下 TMS) による筋収縮を行い、筋力増加に効果があるかを調べた。

対象・方法

1. 対象は 4 名 (平均年齢 22.5 歳) で男子 3 名、女子 1 名である。被験者は多用途筋力測定装置の上に座り、肘関節 90 度での最大筋力をデジタルテンションメーター (TEAC 製最大 100 kg) により計測する。肘関節の屈曲運動を最大筋力の 30% 負荷をかけ、等尺性収縮が維持できなくなるまで行う。
筋電計にて動作時の上腕筋、上腕二頭筋、腕橈骨筋、円回内筋の筋電活動を導出し、4 ch ホリレクチグラムに記録し、データーレコーダ (TEAC) に収録する。筋収縮開始 5 分前からエアロビックプロセッサ (サンエイ) により酸素摂取量を毎分ごとに測定する。等尺性筋収縮終了後 3 分まで連続して計測する。十分な休息後、等張性収縮を 1 分間 40 回のペースで肘屈曲 90 度屈曲位より 30 度屈曲する運動を行い、各種パラメーターの測定は等尺性収縮の場合と同様の手順で行う。
2. 筋電信号をシグナルアナライザーを用いて

高速フーリエ変換を行い周波数分析を行う為、導出した表面筋電波形を FM 式データーレコーダー (ティアック製) に収録し、シグナルアナライザー (岩通製 SM-2100 C) を用いて筋収縮開始直後から終了時について筋電波形を周波数分析する。

周波数分析は解析データー長 1024、解析周波数レンジ 204 Hz、解析時間長 1.25 秒、周波数分解能 0.8 Hz、サンプリング周期 1.2207 ms、窓関数はハニング関数で分析し、X-Y レコーダー (渡辺製) にてプリントアウトした。

その結果、得られたパワースペクトルより低周波成分領域が増加した筋肉を特定する。

3. 特定した筋肉に対する訓練プログラムは低周波刺激装置を用いて、週 4 日、1 日 5 分間を 2 週間行う。低周波刺激は周波数 10 Hz、チョッパー周波数 100 Hz とし、強さは 20 V・7 mA とした。
4. 2 週間後に多用途筋力測定装置にて、最大筋力の 30% 負荷で 1. と同様の測定を行う。

結 果

表面筋電の周波数分析において、低周波成分の増加が見られた筋は男子 3 名は上腕筋、女子 1 名は腕橈骨筋であった。(図 1)

30%MAX での等尺性収縮の保持時間は表 1、平均時間は訓練前では 3 分 16 秒、訓練後は 4 分 35 秒であり収縮時間の延長が認められた。

等尺性収縮時の酸素摂取量は安静時酸素摂取量を 1 Mets とすると訓練前では 1.24 ± 0.18 、訓練後は 1.15 ± 0.15 METS であった。

30%MAX での等張性収縮の保持時間は表 2、平均時間は訓練前では 3 分 15 秒、訓練後は 7 分 7 秒であり収縮時間の延長が傾向であった。

等張性収縮時の酸素摂取量は安静時酸素摂取量を 1 Mets とすると訓練前では 1.05 ± 0.25 、訓練後は 1.56 ± 0.38 METS であった。

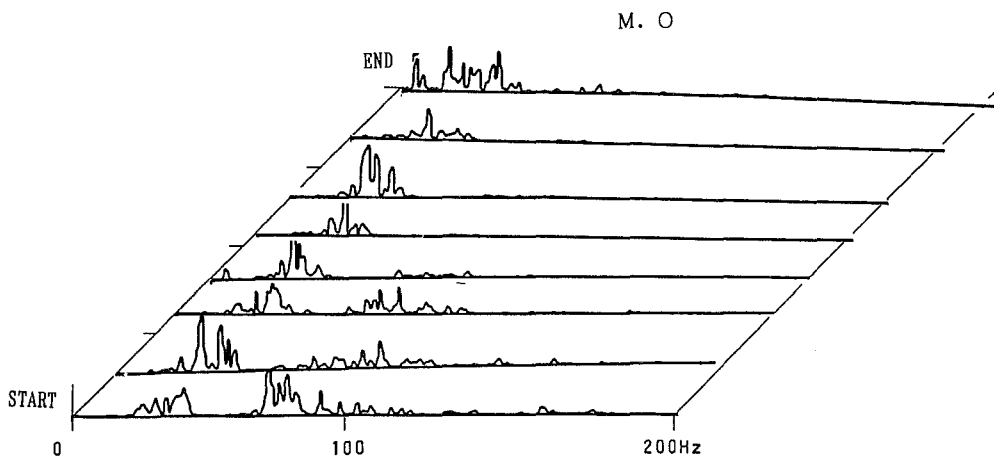
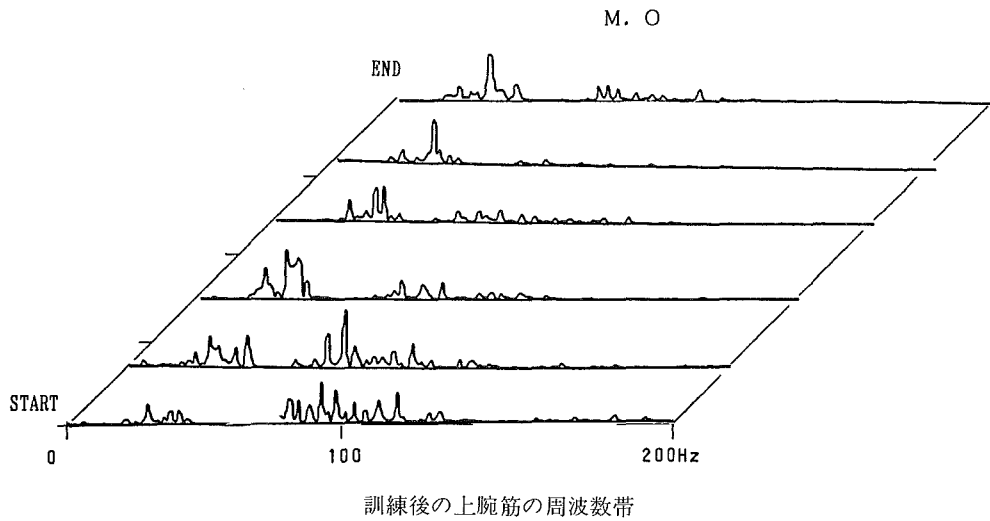


図 1 訓練前の上腕筋の周波数帯

表 1 30%MAXでの等尺性収縮時間

	T. Y	M. O	H. Y	H. I
訓練前	139	198	135	313
訓練後	191	333	175	401
増加分	52	135	40	88

単位 秒

表 2 30%MAXでの等張性収縮時間

	T. Y	M. O	H. Y	H. I
訓練前	93	152	227	346
訓練後	264	710	268	464
増加分	171	558	41	118

単位 秒

考 察

パワースペクトラムから得られた疲労時の低周波成分増加については乳酸の関与が指摘されており乳酸の蓄積により活動電位の伝導速度が

遅くなることが、筋電図が低周波数化することとされている⁴⁾。電気刺激による筋力強化について周波数・時間・頻度について、TMSを行う場合、電気刺激が弱いと効果が少ないし、電気刺激が強すぎると疼痛が生じるので効果的な

方法として、Knight らは⁵⁾、電極の大きさを 7.5 インチと 2.5 インチを用い、刺激波は 40 Hz を使用し、電圧は疼痛を我慢できる程度とした。畑野らは⁶⁾ ラットを用い電気刺激は周波数 5 Hz、刺激幅 0.1 ms の整流波、閾値上電圧(約 30 V)で 1 日 15 分及び 30 分行い、2 週間後、筋質量の増加・筋肉内の血管網の発達を報告している。Ericsson らは⁷⁾ TMS の効果は運動群より非運動群により効果が認められ、その効果は等尺性収縮と遅いスピードにおいて顕著であったと述べている。最適刺激条件に関しては、諸説発表されているが、まだ定説はない。

2 週間の電気刺激後、同一負荷に対する等尺性収縮、等張性収縮の時間は増加したが、等張性収縮の場合負荷を屈曲角度・初期加速度など同一条件で行うのが困難であったため、データが大きく変化したと考えられる。

今回、我々の実験では、刺激電極パッドは Knight に準じ、電圧は疼痛を感じなく、筋収縮が関節を動かす程度の電圧を用いた、疲労し易い筋肉のみに対して電気刺激を行った報告はまだないと思われる。疲労し易い筋に対するアプローチがさらに必要になっていくと思われる。

酸素摂取量は運動中増加傾向であったが、運動終了時の Mets 数は 1 - 2 程度で運動による酸素摂取量は少なく、運動のエネルギー代謝が有酸素的代謝ではなく無酸素的代謝が行われていたと考えられる。2 週間の訓練後での同一運動に対する酸素摂取量は差は明かでなかった。

参考文献

- 1) E. L. Rumeur : Muscle fatigue unrelated to phosphocreatine and pH. Muscle and Nerve, 438-443, 1990
- 2) 猪飼 道夫 : 運動生理学入門. 179-193, 1975
- 3) 高橋 光彦他 : 肘屈筋群の等尺性収縮時の周波数分析について, 北海道大学医療技術短期大学部紀要 2 号 : 61-65, 1989
- 4) 木村 彰男 : 疲労, 総合リハ 15 巻 8 号, 585-590, 1987
- 5) Knight, K. L : Electrical Muscle stimulation during immobilization. The Physician and Sportmedicine 8 : 147-147, 1979.
- 6) 畑野 栄治他 : 電気刺激が正常な骨格筋におよぼす影響についての基礎的研究とその臨床的応用について, 臨床スポーツ医学 3 巻 12 号 : 1303-1308, 1986.
- 7) Eriksson, E. : Sports injuries of the knee ligaments : Their diagnosis, treatment, rehabilitation, and prevention. Med Sci. Sports. Exerc. 8 : 133-144, 1976.