

電気刺激と随意収縮の筋持久力の相違

三 秋 泰 一* 立 野 勝 彦** 洲 崎 俊 男**
染 矢 富 士 子** 坪 井 佳 世***

はじめに

近年、電気刺激による筋力増強の報告¹⁾²⁾³⁾がされているが、その電気刺激条件は対象疾患や目的の違いによって異なり統一されたものはない。一般に筋力増強を行う場合、筋疲労を十分考慮する必要がある。そこで今回我々は、電気刺激による筋持久力と随意収縮による筋持久力とを比較し、若干の知見を得たので報告する。

対象および方法

1. 対象

健康成人男性12名(延べ人数23名)でその平均年齢は21.4±2.9歳であった。被験者を随意運動による等速性収縮群7名。以下、随意群とする。電気刺激による等速性収縮群9名。以下、等速群とする。電気刺激による等尺性収縮群7名。以下、等尺群とする。以上3群に分け、それぞれ日を改め左大腿四頭筋の筋持久力を測定した。

2. 測定方法

3群ともに最大努力による最大筋力を測定後、1日以上において筋持久力の測定を行った。筋持久力の測定にはLumex社製のCybex IIを用い、等速性収

縮の筋持久力測定時の測定角速度は、30deg/secとし、等尺性収縮時の膝関節角度は、屈曲45°に設定した。筋持久力測定時の運動回数は3群ともに30回とし膝伸展のみ行わせた。負荷強度については随意群は最大筋力とし、電気刺激群は膝伸展を最大努力で3回行わせその内の最大筋トルク値の50%とした。筋持久力の指標として減少率(表1)を求めた。減少率は1試行目から10試行目の間と10試行目から30試行目の間および1試行目から30試行目の間で求めた。また、1試行目の筋トルク値を100%としその後の筋トルク値の推移を百分率で示した疲労曲線も求めた。

3. 刺激方法

電気刺激には搬送周波数2500Hzの正弦波を用い、バーストさせ50ppsの断続刺激(図1)が可能な日本メディックス社製M-STIM 2020を使用した。刺激時間および休止時間は随意群の運動時間と一致させるために、それぞれ3秒間ずつとした。電極は内側広筋部、大腿直筋部、外側広筋部に配置した(図2)。

なお、最大筋力の50%の筋力を誘発したときの実効電流量を横河電機社製高周波電流計で測定した。

表1 減少率の求め方

1~10試行目	10~30試行目	1~30計行目
$\frac{\sum_{n=1}^3 T_n - \sum_{n=8}^{10} T_n}{\sum_{n=1}^3 T_n} \times 100$	$\frac{\sum_{n=10}^{12} T_n - \sum_{n=28}^{30} T_n}{\sum_{n=10}^{12} T_n} \times 100$	$\frac{\sum_{n=1}^3 T_n - \sum_{n=28}^{30} T_n}{\sum_{n=1}^3 T_n} \times 100$

Tn: n 試行目のトルク値

* 金沢大学医学部附属病院・理学療法部

** 金沢大学医療技術短期大学部・理学療法学科

*** 同 学生

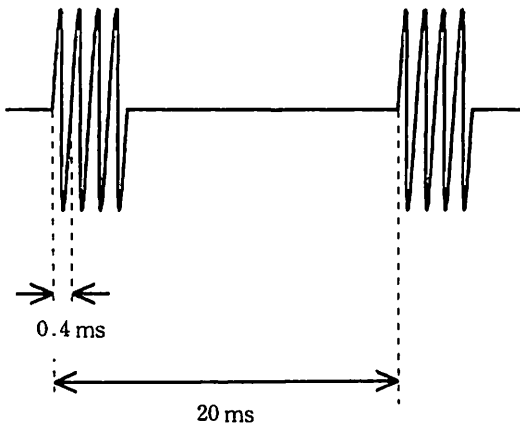


図1 刺激波形

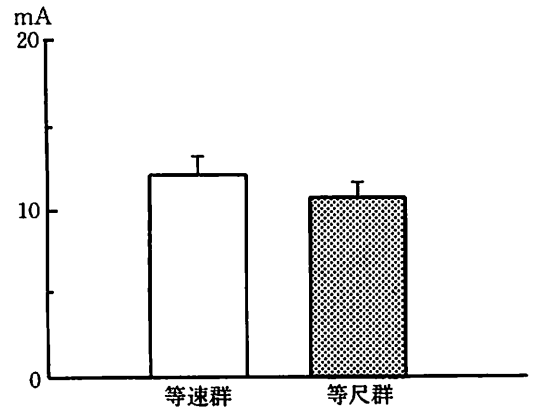


図3 実効電流量

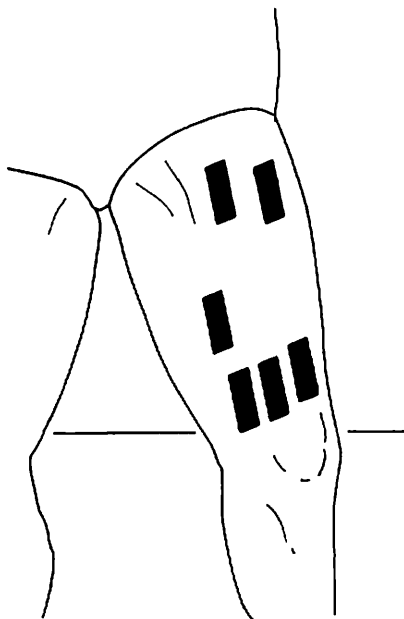


図2 電気刺激部位

結果

1. 最大筋力

最大努力による筋力は、随意群 $130.9 \pm 27.4 \text{ft} \cdot 1 \text{bs}$ 、等速群 $129.2 \pm 26.3 \text{ft} \cdot 1 \text{bs}$ 、等尺群 $130.6 \pm 21.7 \text{ft} \cdot 1 \text{bs}$ であり、3群間に有意差はなかった。

2. 実効電流量 (図3)

等速群 $12.0 \pm 1.7 \text{mA}$ 、等尺群 $10.7 \pm 1.0 \text{mA}$ であり両者には有意差はなかった。

3. 筋力減少率

1) 1試行目から10試行目の間について

随意群、等速群、等尺群それぞれ、 $9.6 \pm 3.6\%$ 、

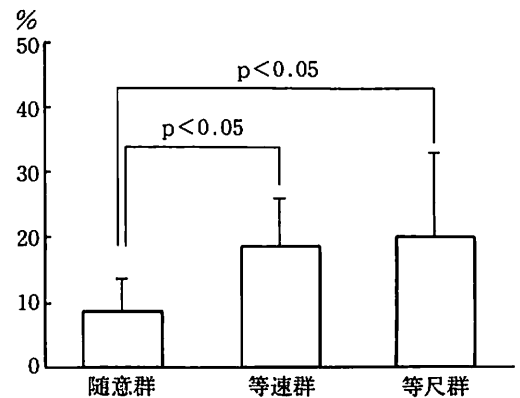


図4 筋力減少率 (1~10)

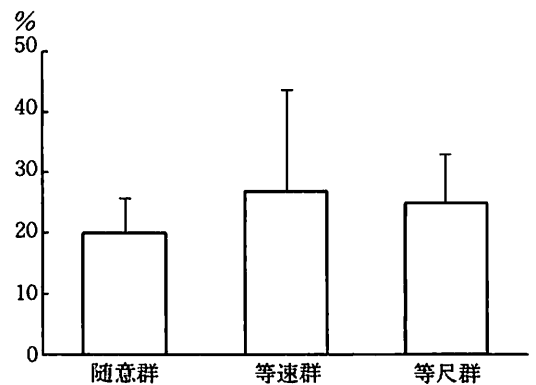


図5 筋力減少率 (1~30)

$17.7 \pm 7.0\%$ 、 $19.7 \pm 12.4\%$ であり、等速性および等尺群と随意群の間には有意差が認められなかった(図4)。

2) 1試行目から30試行目の間について

随意群 19.7% 、等速群 26.5% 、等尺群 24.8% で3

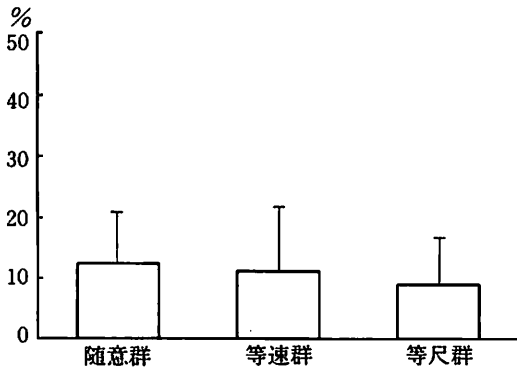


図6 筋力減少率 (10~30)

群間に有意差は認められなかった (図5)。

3) 10試行目から30試行目の間について

1試行目から30試行目の間の場合と同様に、3群間に有意差は認められなかった (図6)。

4. 疲労曲線について (図7)

随意群の疲労曲線はほぼ一定の傾きを示し、30試行目の筋トルク値は1試行目の筋トルク値の65.5%まで減少した。これに対し等速群の疲労曲線は、10試行目までは急激に減少し、その後は緩やかに減少していき、30試行目には54.3%まで減少した。等尺

群でも10試行目までは急激な減少を示し、30試行目には66.1%まで減少した。

考察

今回我々の実験では10試行目までの減少率は電気刺激群の方が有意に高かったが、1~30試行での減少率や10~30試行での減少率には有意差は認められなかった。持久力曲線において1~10試行および10~30試行までの回帰直線 (図8) を求めたところ1~10試行の間で随意群は、 $Y = -1.36X + 98.25$ 、等速群、等尺群ではそれぞれ $Y = -2.39X + 97.17$ 、 $Y = -2.77X + 103.4$ となり回帰直線の傾きは随意群の約2倍であった。これに対し10~30試行の間では随意群、等速群、等尺群それぞれ $Y = -0.79X + 91.32$ 、 $Y = -0.69X + 79.47$ 、 $Y = -0.89X + 88.63$ となり回帰直線の傾きは3群ともほぼ等しい値を示した。これは、電気刺激による筋収縮では随意収縮に比べて10試行で急激に筋トルク値の低下が起こることを示している。また、両電気刺激群において10試行目の筋トルク値は1試行目の70~75% (最大筋トルク値の約35%) まで低下しており、これは最大筋トルク値の40%に達していない。筋力増強を目的とする場合、最大筋力の40%以上は必要であることは Hettinger⁴⁾ により

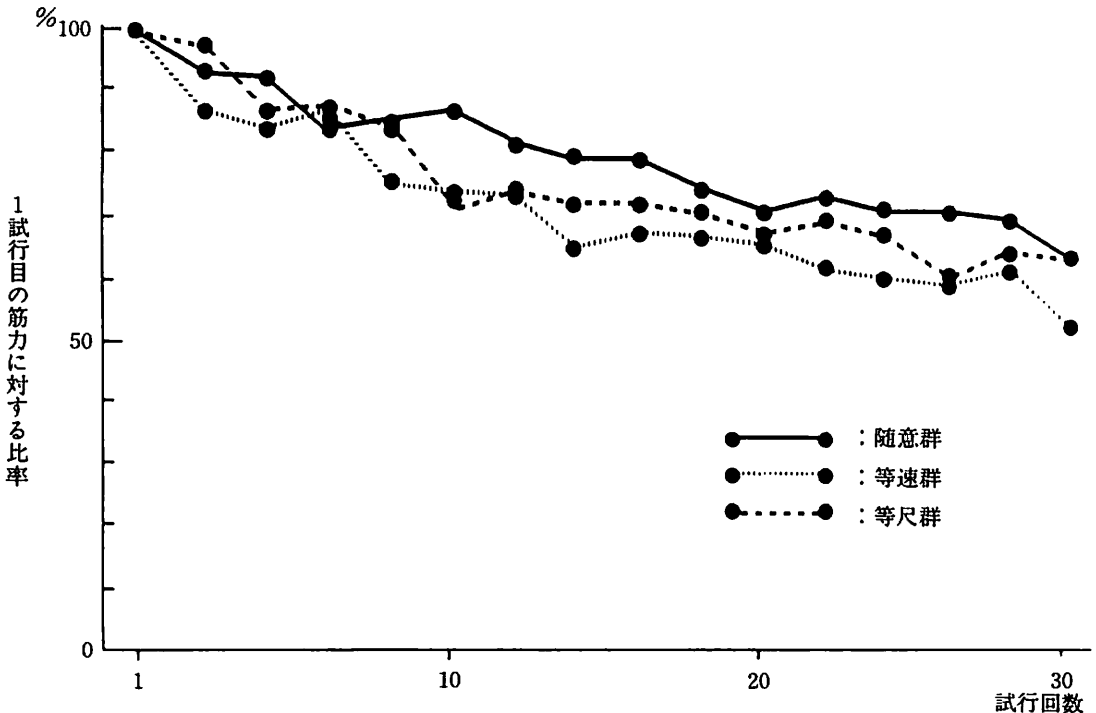


図7 疲労曲線

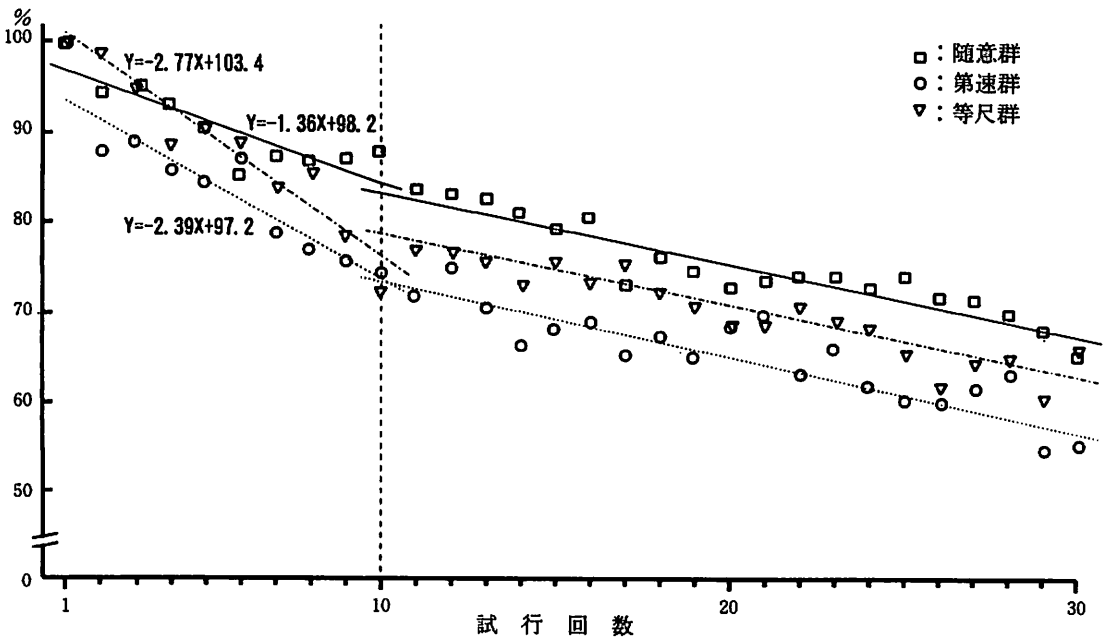


図8 筋疲労率と試行回数の相関図

報告されている。また、川村⁵⁾や江崎ら⁶⁾は電気刺激での筋力増強の報告の中で刺激時間と休止時間の比は1:1から1:5の間がほとんどであると述べているが、今回の結果からは少なくとも1:1の刺激時間と休止時間の比は筋力増強訓練の条件としては不適當であると考えられた。

まとめ

- 1 1~10試行の間の減少率は、両電気刺激群の方が有意に高かった。
- 2 1~30試行の間、10~30試行の間の減少率は随意群と両電気刺激群との間には有意差はなかった。
- 3 両電気刺激群の疲労曲線は10試行目までは急激に減少した。

文 献

- 1) Halbach, J.W. et al. : Comparison of electro-my stimulation to isokinetic training in increasing power of the knee extensor mechanism, JOSPT, 2 : 20-24, 1980,
- 2) Jensen, J.E. et al. : The use of transcutaneous neural stimulation and isokinetic testing in arthroscopic knee surgery, Am J Sports Med., 13 : 27-33, 1985,
- 3) Mohr, T. et al. : Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation on quadriceps femoris muscle strength, Phys Ther., 65 : 606-609, 1985,
- 4) Hettinger, T. : Chapter III, muscle training, physiology of strength. Charles, C.T., 1961,
- 5) 川村次郎 : 表面電極法, 日災会誌, 36 : 22-28, 1988,
- 6) 江崎重昭 他 : 電気刺激による筋力増強, P Tジャーナル, 23 : 770-775, 1989,

Comparison of electrical stimulation
and voluntary contraction in muscle fatigue

Yasukazu Miaki, Katsuhiko Tachino, Toshio Suzuki
Fujiko Someya, Kayo Tsuboi