

正中神経刺激に伴う誘発筋音図 (MMG) と 誘発筋電図 (EMG) の比較

所 司 睦 文, 通 山 薫

A Comparison between Mechanomyogram (MMG) and Electromyogram (EMG) Evoked by Electrical Stimulation to Median Nerve

Chikafumi SHOSHI and Kaoru TOHYAMA

キーワード：筋音図 (MMG), 筋電図 (EMG), 複合筋活動電位 (CMAP), 空気伝導型コンデンサマイクロフォン, 運動神経伝導速度

概 要

手関節部で電気刺激した時に生じる誘発筋音図波形と誘発筋電図波形の種々の特徴を比較した。その結果、誘発筋音図の遠位潜時は誘発筋電図の遠位潜時、頂点潜時、下降脚潜時とは無関係であった。また、誘発筋音図と誘発筋電図の持続時間も無関係であった。誘発筋音図は誘発筋電図と異なり運動閾値の2倍の電流強度で極大反応を示した。運動神経伝導検査に準じて手関節部と肘部で正中神経を電気刺激したが、誘発筋音図で算出した運動伝導速度と誘発筋電図で算出した伝導速度とは一致しなかった。誘発筋音図は誘発筋電図と異なり、装着するセンサはひとつで良い、周波数特性は低い、他、様々な特徴があり、今後、臨床応用や定量化がなされ、有効に活用されて行くことが期待される。

1. 緒 言

筋音図 (mechanomyogram : MMG) は収縮に伴う筋の長軸方向の機械的変量を体表から記録したものである^{1,2)}。また、筋収縮に先行して発生する電気的な複合筋活動電位 (compound muscle action potentials : CMAP) を記録したものが筋電図 (electromyogram : EMG) である。つまり、筋音図も筋電図も筋収縮に関与する機能情報であるということが出来る。筋音図および筋電図は筋の機械的な自発活動に伴って発生する自発的筋音図または自発的筋電図と、電気刺激などに伴って誘発される誘発筋音図または誘発筋電図に大別される。

今回、手関節部で電気刺激した時に生じる母指球筋の最大筋幅に装着したマイクロフォンで記録された誘発筋音図波形と母指球筋の収縮に伴って発現する誘発筋電図波形の種々の特徴を比較したので報告する。

2. 研究方法 (対象・方法)

対象は臨床検査科に在籍する健常若年女性19名 (年齢 21.1 ± 0.7 歳) とした。実験に参加した学生には、直接、調査の趣旨や倫理的配慮などを口頭で説明し合意を得た。実験は2006年11月下旬から12月上旬にかけて実施した。

誘発筋音図および誘発筋電図は日本光電株式会社製 neuropack Σ (MEB-5504) を使用して記録した。誘発筋音図は空気伝導型コンデンサマイクロフォンを、また、誘発筋電図は銀―塩化銀皿電極を用い、両センサを母指球筋の最大筋腹部にテープで固定して同時記録した。なお、被験者1名につき左右両肢のデータを記録した (図1)。刺激は持続時間0.2msec、刺激周波数1Hzで定電流刺激を行った。

誘発筋音図は帯域周波数0.01～100Hzで、誘発筋電図は感度1mV、帯域周波数20～3kHzで記録した。

実験方法は、まず被験者正中神経の運動閾値と無反応を確認する目的で感覚閾値を測定した。次に、感覚閾値、運動閾値、運動閾値の1.5倍、運動閾値の2倍、運動閾値の4倍の刺激強度で電気刺激を実施し、誘発筋音図および誘発筋電図を記録した。得られた運動閾

(平成19年10月10日受理)

川崎医療短期大学 臨床検査科

Department of Medical Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions

値の4倍の電気刺激データを最大上刺激データと見なし、潜時および持続時間を評価した(図2)。また、それぞれの刺激強度に伴う振幅変化を評価した。最後に誘発筋音図を利用して運動神経伝導速度測定が可能かどうかを評価した。

3. 結 果

1. 誘発筋音図および誘発筋電図はすべての被験者で良好に記録された。最大上刺激(運動閾値の4倍)の誘発筋音図波形と誘発筋電図波形の1例を示す(図3)。
2. 誘発筋音図の遠位潜時は誘発筋電図の遠位潜時と比べ有意に 3.9 ± 0.1 ms, 頂点潜時と比べ有意に 1.0 ± 0.5 ms長かった($P < 0.005$)。また、それは誘発筋電図の下降脚潜時と比べ有意に 1.5 ± 0.4 ms短かった

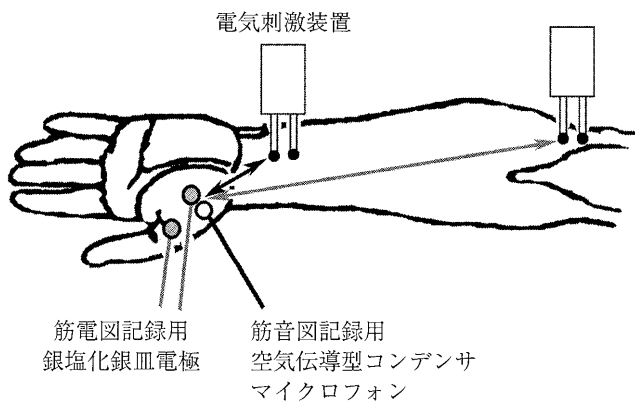


図1 誘発筋音図および誘発筋電図の記録方法

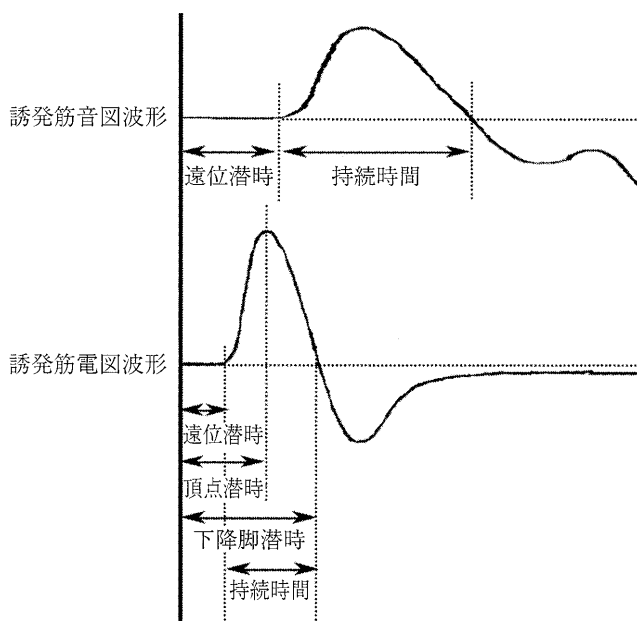


図2 誘発筋音図(上段)および誘発筋電図(下段)の波形計測

($P < 0.005$)(図4)。

3. 誘発筋音図の持続時間は誘発筋電図の持続時間と比べ有意に 46.1 ± 18.4 ms長かった($P < 0.005$)(図5)。
4. 刺激強度に伴う誘発筋音図の振幅(空気伝導型コンデンサマイクを用いた電圧換算値)は運動閾値以下では無反応、運動閾値時に反応が惹起し(平均 0.11 ± 0.12 mV)、運動閾値の1.5倍で平均 0.33 ± 0.09 mV、運動閾値の2倍で平均 0.35 ± 0.06 mV、運動閾値の4倍で平均 0.35 ± 0.06 mVであった。また、誘発筋電図の振幅は運動閾値以下では無反応、運動閾値時に反応が惹起し(平均 0.24 ± 0.22 mV)、運動閾値の1.5倍で平均 3.70 ± 1.51 mV、運動閾値の

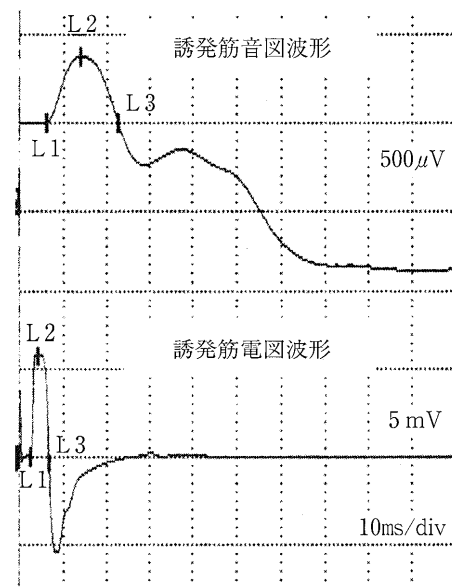


図3 手関節部正中神経の電気刺激による誘発筋音図波形(上段)および誘発筋電図波形(下段)

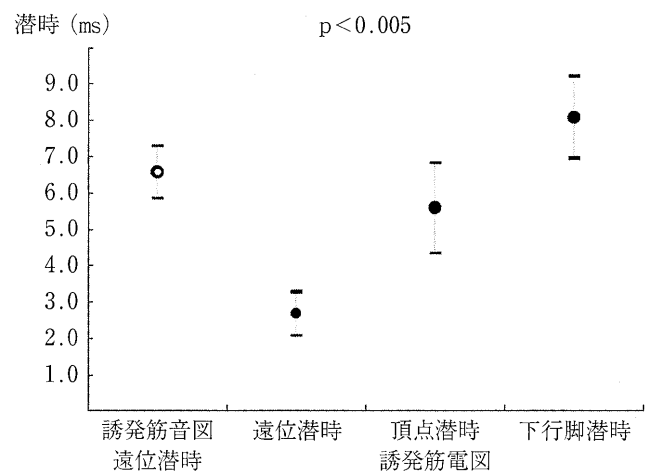


図4 誘発 MMG の遠位潜時と誘発 EMG の遠位潜時・頂点潜時・下降脚潜時の比較

2 倍で平均 $4.64 \pm 1.23 \text{ mV}$, 運動閾値の 4 倍で平均 $4.75 \pm 1.29 \text{ mV}$ であった (図 6). 誘発筋音図は誘発筋電図と異なり運動閾値の 2 倍の電流強度で極大

反応を示した (図 7).

5. 母指球筋の筋腹にマイクロフォンを装着し, 運動神経伝導速度測定に準じて手関節部と肘部で正中神経を電気刺激し誘発筋音図を記録した。誘発筋音図を用いて算出した運動神経伝導速度は $63.2 \pm 8.5 \text{ m/s}$, 誘発筋電図を用いて算出した運動神経伝導速度は $58.7 \pm 3.7 \text{ m/s}$ であり, 両者の運動神経伝導速度は一致しなかった ($P < 0.05$). また, 手関節部誘発筋音図と肘部刺激誘発筋音図の波形形状は似ている箇所もあったが, 誘発筋電図の複合筋活動電位の様に近似した反応波形ではなかった (図 8).

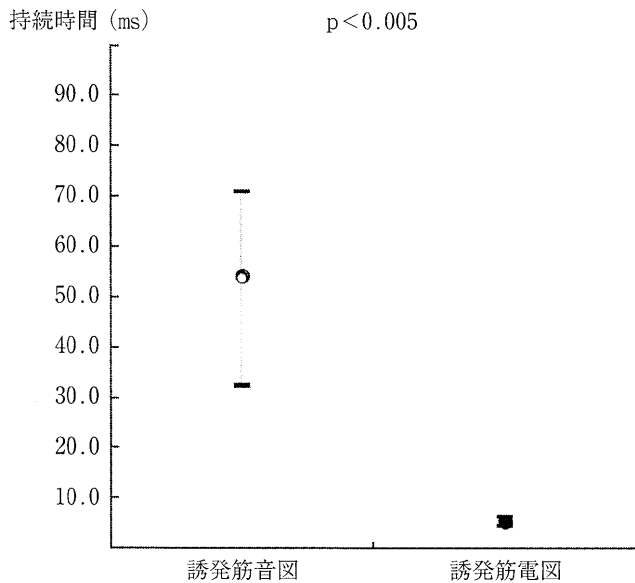


図 5 誘発 MMG および誘発 EMG の持続時間の比較

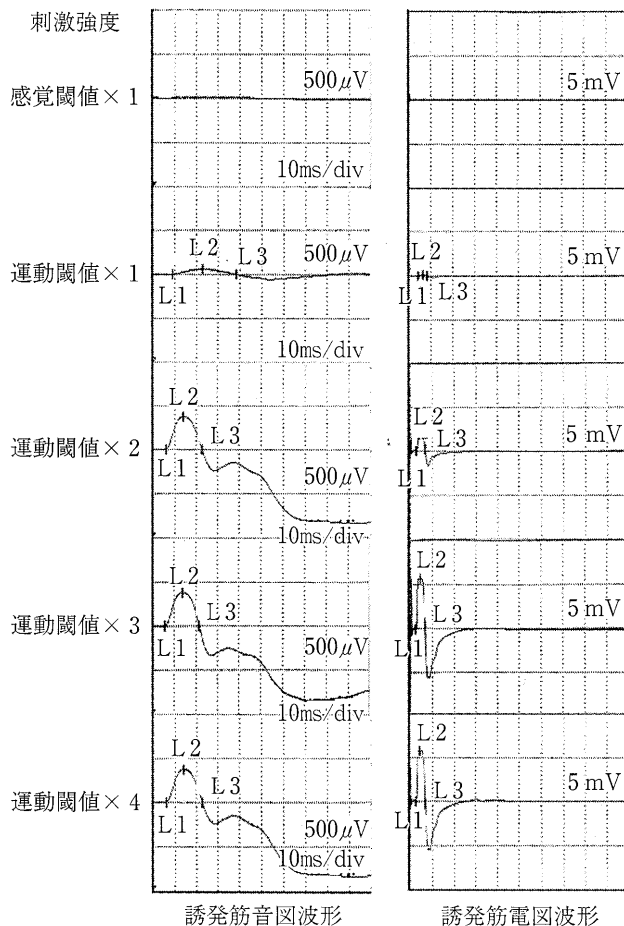


図 6 刺激強度と誘発 MMG および誘発 EMG の波形変化

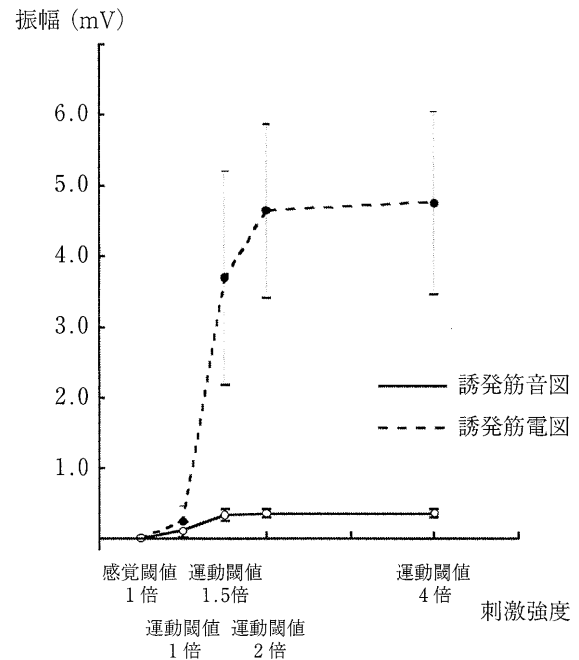


図 7 刺激強度と誘発筋音図および誘発筋電図の振幅値変化

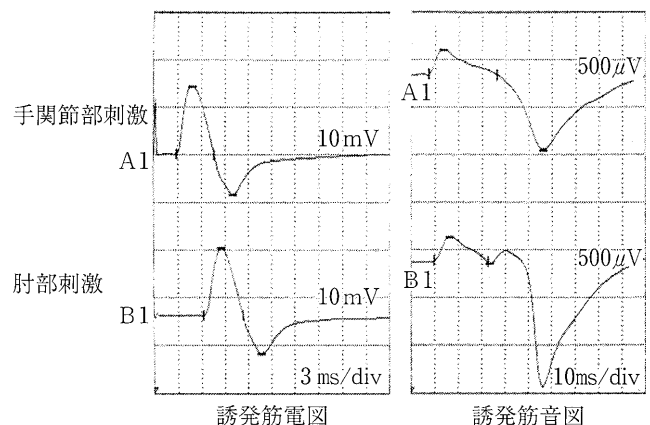


図 8 誘発筋音図を用いた運動神経伝導検査

4. 考 察

筋音図の発生については諸説がある。有力説のひとつは、筋線維が収縮する際、長軸方向に短縮するとともに筋線維径が拡大変形し、その結果生じる一種の圧波 pressure wave に起因するという説である³⁾。また、もうひとつの有力説は筋の中心部の粗大な横方向の動き (gross lateral movement of muscle) によって発生するという説である⁴⁾。刺激開始時点から誘発筋音図が発現する遠位潜時は誘発筋電図が発現する遠位潜時より有意に長かった。誘発筋電図は筋線維の活動電位が成因であるのに対し、誘発筋音図は筋線維の収縮に伴って生じる物理的な振動が空気を介してマイクロフォンに伝わることに起因するものと考えられた。筋音図の周波数特性は DC~100Hzといわれており¹⁾、誘発筋電図が皿電極近傍の筋放電の複合電位であるのに対して、誘発筋音図は振動の持続、例えば筋線維の長さや太さ、他が影響するためその持続時間が誘発筋電図よりも長くなると考えられた。

誘発筋音図も誘発筋電図同様運動閾値未満の刺激強度、つまり感覚閾値刺激で波形を形成しないことを確認した。運動閾値刺激では誘発筋音図が発現し、その振幅は刺激強度が増加するに従って増加した。誘発筋

音図の振幅は運動閾値の2倍で極大に達し、以降、刺激強度を増しても振幅の変動はみられなかった。しかし、誘発筋電図の振幅は運動閾値の2倍では極大に達せず、刺激強度の増加に伴って増大した。このことから、誘発筋音図はマイクロフォン直下の比較的表層の筋収縮を反映しているものと考えられた。

今回の検討以外にも、誘発筋音図は誘発筋電図と異なり、装着するセンサはひとつで良く装着は容易、周波数特性は低いなどの特徴がある。そして、昨今、筋電図とはまた異なったメカニズムをもつ筋音図の活用方法が検討されている。今後、臨床応用や定量化がなされ、筋音図が有効に活用されて行くことを期待してやまない。

5. 文 献

- 1) 三田勝己：筋音図の計測と解析，運動・物理療法13：80—97，2002.
- 2) 三田勝己：筋音図法による神経筋疾患の新しい診断・評価，リハビリテーション医学41：628—636，2004.
- 3) Gordon G, Holbourn AHS：The sounds from single motor units in a contracting muscle, J. Physiol. 107：456—464，1948.
- 4) Barry DT：Acoustic signals from frog skeletal muscle, Biophys. J. 51：769—773，1987.