

## 表面筋電図の記録法と臨床応用

東京女子医科大学医学部神経内科学

オオサワ ミ キ オ  
大澤美貴雄

(受理 平成19年11月16日)

## Methods of Recording Surface Electromyogram and Its Clinical Applications

Mikio OSAWA

Department of Neurology, Tokyo Women's Medical University, School of Medicine

The purpose of this paper is to introduce methods of recording surface electromyogram (EMG) and its applications. Surface EMG is performed simultaneously with accelerometric recordings depending on the type of involuntary movements. The aim of this clinical examination is to objectively analyze involuntary movements and abnormal muscle tonus. It is especially useful when there are several involuntary movements occurring at the same time in one particular case, as well as for objective evaluations of clinical courses or effects of treatments. It is also beneficial to analyze atypical involuntary movements and to disclose the best muscle for subsequent electrophysiological analyses. In this paper, the methods of recording surface EMGs and the abnormal findings usually found are shown for individual categories of involuntary movements and abnormal muscle tonus.

**Key words:** surface electromyogram, accelerometric recordings, involuntary movements, abnormal muscle tonus

はじめに<sup>1)</sup>

表面筋電図は、表面電極を用いて筋活動電位の集合を筋電図として記録する方法である。通常は多チャンネル記録装置を用いた多数の筋活動記録と運動解析を指す。

不随意運動の解析は、典型例では臨床像の観察で充分可能である。しかし、①複雑あるいは非典型的な不随意運動、②幾つかの不随意運動の併存、③臨床経過や治療効果、④引き続き予定される電気生理学的解析に最適な標的筋、それぞれの定量的評価・決定を目的として、多数筋の表面筋電図や必要に応じて加速度の同時記録による詳細な客観的解析には有用である。

本稿では臨床応用となる各種不随意運動および筋緊張亢進における表面筋電図（必要に応じて加速度同時記録）の記録法とその特徴的所見について概説する。

表面筋電図の記録装置と電極の配置<sup>1)</sup>

チャンネル数が多く、時定数の変更が可能である

ことから多用途脳波計が一般に用いられる。増幅器の時定数は、筋電図が速い現象であり、脳波のように周波数の低い波形成分の記録が不要であるため0.01~0.003secの低い設定にする。このような短い時定数により、記録上、基線の揺れを除去できる。

脳波用円板電極を約3cm間隔で記録筋の筋腹中央部の皮膚上に2個装着し、双極誘導にて表面筋電図を記録する。なお、短拇指内転筋などの小さい筋では電極の一つを筋腹中央に、他方をその腱に置く。

皮膚抵抗と皮脂成分が交流雑音などの原因になることから、アルコール綿やベンジンで清拭の上、細かいサンドペーパーで電極の接触面の皮膚を擦って皮膚抵抗を低下させる。良好な記録には電極を接着した際の総抵抗を10K $\Omega$ 以下にする必要がある。

標準的な増幅度は、不随意運動に200 $\mu$ V/cm、随意収縮にはその1/2~1/4に下げるのが適切である。記録速度は3cm/secが主体であるが、目的により1~6cm/secの範囲で適宜設定を変更する。

### 記録部位の選択<sup>1)</sup>

罹患部位と検査の目的により被験筋を選択する。一回の記録ですべてを評価することが困難な場合も多いため、全体の大局的な把握から始め、次第に細部の評価に推移させる。また、検査計画を予め組んでおき、それに則って記録を進める。原則として体肢では主動筋と拮抗筋を一对とし、また、頸部筋、躯幹筋、必要に応じて体肢筋も左右対称的に記録する。因みに体肢とは上下肢を意味する。

罹患部位が体肢の場合には、上腕、前腕、大腿、下腿の諸筋で基本的に記録する。頸部では両側の胸鎖乳突筋、板状筋、僧帽筋上部で、顔面では前頭筋、眼輪筋、口輪筋、必要に応じ咬筋などで、上肢、頸部、躯幹一体の場合には上腕、前腕、頸部のほか大胸筋、三角筋などで、各々記録する。下肢の不随意運動に回旋性の要素があれば、大腿、下腿の伸・屈筋のほか大腿内転筋でも記録する。立位姿勢や歩行の解析には両側の大腿、下腿の伸・屈筋を同時記録し、さらに下部傍脊柱筋、臀筋でも記録する。

### 加速度の同時記録<sup>1)</sup>

振戦やミオクローヌスなどの素速い不随意運動の解析には、表面筋電図とともに加速度計により動き自体も同時に記録する。

加速度計にはMT ピックアップ（日本光電工業株式会社製）を用いる。なお、MTとは minor tremor（別名 minor vibration）の略語であり、本来この装置は身体表面の目にみえない振動を検出する目的に製作された加速度型振動検出ピックアップである。本装置は、直径23mm、厚さ5.5mmの円盤型の外形をしており、重量が3gであり、円盤に垂直方向の加速度を検出する。被検部位は不随意運動を呈する部位により決め、その部位に粘着テープで固定する。一般に上肢では示指爪、下肢では拇趾爪の表面に本装置を固定する。その感度は、1gの加速度にて出力電圧が約100mVである。この出力回路は平衡型であり、加速度計を脳波計に接続して加速度を増幅・記録する。その周波数応答を0.5~120Hzとし、その感度を不随意運動の速さに合わせて調整する。すなわち、記録前に予め検者が本装置を自身の示指爪上に固定し、被験者の不随意運動に似せた動きをして加速度計の感度を調節する。

### 記録の順序と内容<sup>1)</sup>

記録の目的によってその順序と内容を決定する。

#### 1. 静止時または座位

まず十分に緊張がとれた安静状態で記録する。正

常な四肢では筋の活動電位はみられない。活動電位が認められる場合には、肢位を他動的に変えたり、被験者の気をそらしたりして、筋緊張を解すよう努める。

不随意運動の原因となると考えられる筋活動電位がみられる場合には、その原因筋、持続時間、主動筋と拮抗筋間の筋活動の関連（相反性 reciprocal、同期性 synchronous など）などの出現パターンを観察する。さらに不随意的筋活動電位が一過性でも随意的に抑制可能かどうかを検討する。

#### 2. 精神負荷による反応

計算させたり、早口言葉を言わせたりして精神的負荷をかけて、不随意的筋活動電位の新たな誘発、あるいは既に認められる不随意的筋活動電位の増強もしくは抑制の有無を検討する。

#### 3. 観察筋以外の筋の随意運動による反応

観察筋以外の筋の随意運動による、観察筋の不随意的筋活動電位の増強もしくは抑制の有無を検討する。

#### 4. 一定の肢位、姿勢時の記録

ある一定の肢位または姿勢で筋緊張異常や不随意運動が誘発される場合には、その肢位や姿勢で記録する。なお、体肢を一定の肢位に保持している時は、特定の筋が等尺性収縮 isometric contraction をしている時である。通常、上肢の前方、側方または上方への挙上、示指の鼻尖直前での肢位、座位または立位の姿勢保持などを行わせて記録する。

#### 5. 企図時の記録

左右の示指を対向させる肢位、すなわちフェンシング位の保持、さらに上肢を前方挙上、かつ被験者と検者の示指を対向させて、単に上肢を挙上させただけの肢位での所見と比較して、不随意的筋活動電位の増強もしくは誘発の有無を検討する。

#### 6. 最大筋収縮時の等尺性収縮

最大筋収縮時の等尺性収縮、すなわち検者の抵抗に打ち勝つように最大収縮を行わせる。この際、①筋収縮の開始および終了の円滑さ、②最大収縮に達する時間、③一定の筋収縮を維持できるかどうか、④相反性抑制、すなわち拮抗筋の活動が十分に抑制されているか、⑤目的とする筋あるいは他の筋における不随意的筋活動電位の誘発の有無、⑥随意的な持続性の筋活動電位の不随意的短い抑制または中断の有無、などを検討する。

#### 7. 刺激過敏性の有無

ミオクローヌス、stiff-person 症候群では、触覚、

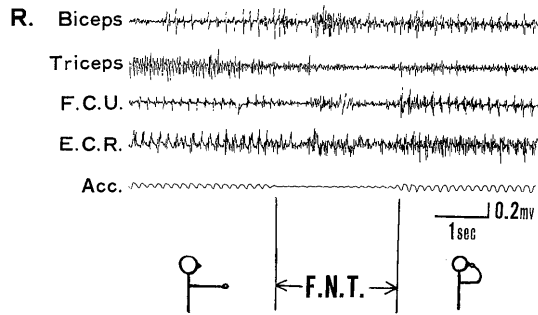


図1 本態性振戦の表面筋電図と加速度同時記録  
表面筋電図上、約7 Hzの規則的な群化放電が主動筋と拮抗筋間で相反性に、姿勢時主体にみられ、加速度(Acc)記録上も同様の規則的な振れを伴う。

R:右, Biceps:上腕二頭筋, Triceps:上腕三頭筋, F.C.U.:尺側手根屈筋, E.C.R.:橈側手根伸筋, Acc.:示指爪上に装着した加速度計による動きの記録, F.N.T.:指鼻試験。

痛覚, 振動覚などの感覚, 音, 閃光, あるいは電気に対する刺激過敏性の有無を検討する。感覚では刺激過敏性を呈する領域を定める。

### 8. 随意運動記録

多くの不随意運動では随意運動が円滑に行うことができない。障害が目立つ随意運動を行わせて筋活動電位の異常の有無を検討する。通常, 指鼻試験, 肘での屈伸, 前腕の回内・回外運動の繰り返し, さらに書字, 摂食動作, 起立, 足踏み, 歩行などの日常生活動作を行わせて検討する。

### 9. 筋の受動伸張に対する反応

被験者が充分にリラックスした安静状態で, 被験者の各関節において, 検者が右利きの際には通常は左手で近位部を支え, 右手で遠位部を動かして, その関節を素速く屈伸する。この際, 健常者では筋活動電位は誘発されない。

#### 表面筋電図の適応と典型的な異常所見

#### 1. 各種不随意運動における表面筋電図の記録法とその異常所見

##### 1) 振戦 tremor<sup>1)</sup>

身体のある点または面を中心とする比較的規則性かつ律動性の振動運動であり, 表面筋電図上, 規則的な群化放電がみられる。その周波数, 規則性, 出現する筋の分布, 主動筋と拮抗筋間の相反性もしくは同期性の有無, さらに静止時, 一定の姿勢や肢位, 企図時, または指鼻試験などの随意運動時, そして計算などの精神的負荷や観察部位以外の随意運動による反応について検討する。記録速度3~6cm/secとして, 指鼻試験, 主動筋と拮抗筋間の相反性や同

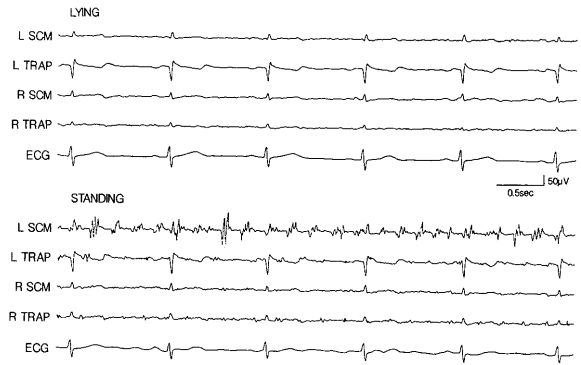


図2 頭部振戦

約6 Hzの規則的な群化放電が, 立位(下段)にのみL SCM主体にみられ, R TRAPとの間で相反性を示す。  
L:左, R:右, SCM:胸鎖乳突筋, TRAP:僧帽筋。

期性の有無, および群化放電の持続時間の検討には6cm/secとする。通常, 加速度計による振戦自体の記録を同時に記録する。

#### (1) 生理的振戦 physiological tremor<sup>1)</sup>

健常者でも疲労, 感情的興奮, 寒冷の際に微細な5~15Hzの振戦が姿勢時あるいは動作時に, かつ一過性にみられる。微細なため表面筋電図上は群化放電が不明瞭であるが, 加速度計記録により動き自体は検討しうる。

#### (2) 病的振戦 pathological tremor

##### a) 本態性(家族性)振戦 essential (familial) tremor<sup>1)~3)</sup>

手指のような周波側にみられる, 振動数6~10Hzの比較的速い姿勢時振戦 postural tremor である。動作時にもみられるが, 姿勢時が主体である。表面筋電図上, 規則的な群化放電が主動筋と拮抗筋間で相反性のみならず同期性にもみられ, また, その振幅の大小不同も認められる(図1)。体肢のみならず頭部(図2), 口唇, 下顎にもみられる場合があり, 頭部では左右交互に振るえる no-no type の振戦が特徴的である。なお, 頭部振戦の周波数は3~5Hzと比較的遅いことから本態性振戦の本来の姿である速い姿勢時振戦とは病態生理学的に相違する。

本態性振戦の亜型として原発性書字振戦 primary writing tremor と起立性振戦 orthostatic tremor が挙げられる。

原発性書字振戦は, 前腕の回内と回外を交互に律動的に繰り返す振戦が書字中のみ出現する動作時振戦である。書字動作は緩徐であることから, その動作は姿勢の連続と解釈され速い姿勢時振戦の1つに分類される。表面筋電図上, 主動筋と拮抗筋間で



図3 原発性書字振戦の表面筋電図

書字の際にのみ右前腕の主動筋と拮抗筋（F.C.U.とE.C.R.）間で相反性の規則的な（約6 Hz）群化放電がみられる。

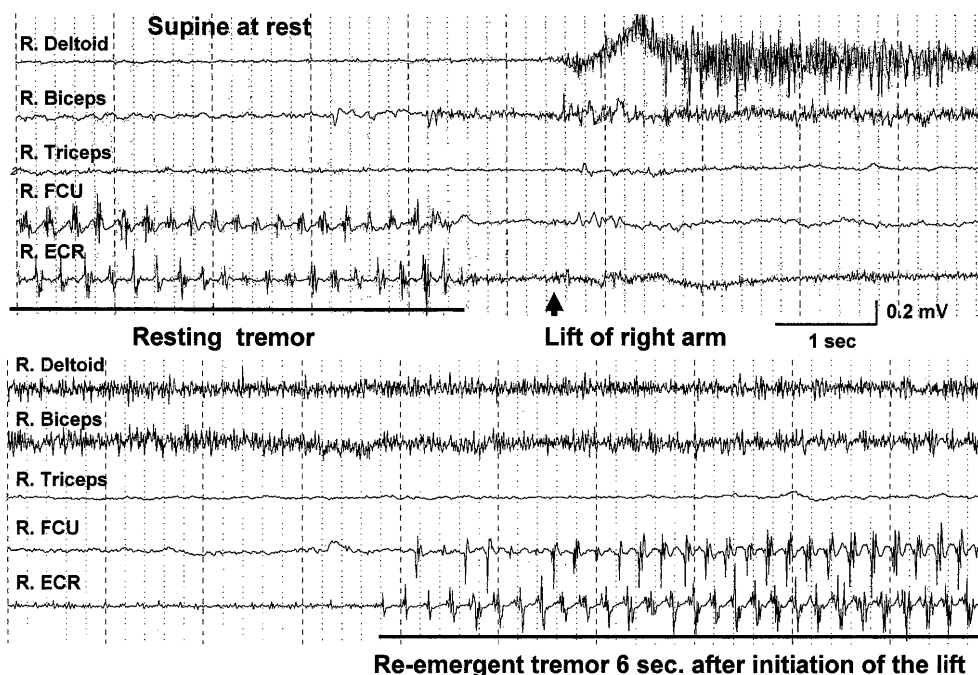


図4 パーキンソン病における振戦の表面筋電図

静止時に4・5 Hzの規則的な群化放電が右前腕の主動筋と拮抗筋（FCUとECR）間で相反性にみられ、挙上後一時消失するが約10 sec後再び出現し、いわゆる re-emergent tremorを示す。Deltoid：三角筋，FCU：尺側手根屈筋，ECR：橈側手根伸筋。

相反性または同期性の律動的な群化放電がみられる（図3）。

起立性振戦は、起立時に不安定さが自覚される臨床的な症候群で、大腿四頭筋または腓腹筋の細かい波動が観察されるが、時には触知されるのみであり、表面筋電図上、下肢筋や躯幹筋での異なった筋群間で高度の同期性を呈する13～18Hzの特有な振戦をいう。

b) パーキンソン病の振戦 parkinsonian tremor<sup>1)3)4)</sup>（図4）

4～6Hzの比較的規則的な静止時振戦 rest tremor が特徴である。なお、静止時振戦は、当該筋が収縮していない際にもみられる振戦と定義され、他の部位の随意運動や精神的緊張の際には増強することから、安静時振戦という用語は用いるべきではない。

本疾患では静止時から姿勢時にさせた際にもある

潜時の後に振戦が再度出現する、いわゆる re-emergent tremor がみられる場合がある。その病態生理学的機序は、周波数が前者と同じで、レボドパが有効なことより前者と同じとされている。他方、姿勢保持後直ちに出現する振戦は本態性振戦の合併とされる。

表面筋電図上、静止時、規則的な群化放電が主動筋と拮抗筋間で相反性が保たれている。体肢のほか頭部、口唇（図5）、下顎などにもみられる場合があり、頭部では前後交互に振るえる yes-yes type の振戦が特徴的であり、本態性振戦と対比される。

c) 口蓋振戦 palatal tremor<sup>1)5)</sup>（図6）

軟口蓋の不随意的な垂直性振動で、従来口蓋ミオクローヌスと称されたが、その動きが1～3Hzの律動性を呈し、その筋放電の持続時間も400msecと長く電撃的にはみえないことから、近年、口蓋振戦と称

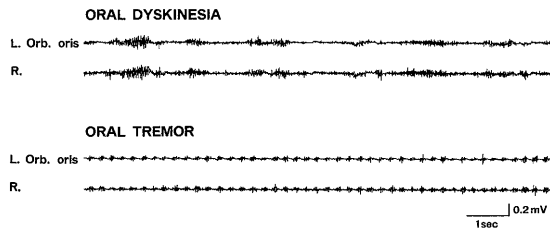


図5 レボドパ療法中のパーキンソン病における口部振戦（下段）と口部ジスキネジー（上段）の表面筋電図

下段の口部振戦では、4・5 Hzの規則性の群化放電が左右口輪筋間で同期性にみられる。上段の口部ジスキネジーでは、振幅が緩徐に変動する持続性筋放電がみられる。

Orb. oris：口輪筋。

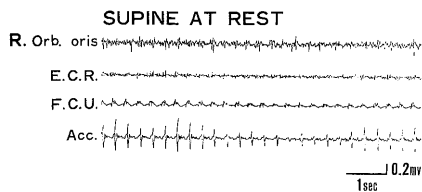


図6 小脳梗塞における口蓋振戦の表面筋電図と加速度同時記録

約3 Hzの規則的な群化放電が静止時に右口輪筋と同側の前腕筋にすべての被験筋に同期性にみられる。

されている。その責任病巣は小脳歯状核、赤核下オリブ核から成る Guillain-Mollaret の三角とされる。四肢、横隔膜などにも同期した動きがみられ、それぞれ skeletal myoclonus（フランス学派は myorhythmia と称する）、respiratory myoclonus と称され、時に口蓋振戦なしでもみられる。

d) 小脳性（企図）振戦 cerebellar (intention) tremor<sup>1)~3)</sup> (図7)

随意運動に関与する筋にみられる5Hz未満の動作時および姿勢時の振戦で、動作開始直後から出現し、典型的には標的に近づくとつれて振幅が漸次増大し、標的に到達して最大になり、その姿勢を保持する限り持続する。なお、指鼻試験などで肘(肩)関節が屈曲(内旋)した際、棘下筋などの誘導筋 inducer muscle の等尺性収縮により遅い姿勢時振戦が誘発されることから、岩田<sup>2)</sup>は、企図振戦に対して遅い姿勢時振戦の用語を提唱している。

表面筋電図上、指鼻(耳朶)試験の際に動作中から規則的な群化放電が主動筋と拮抗筋間で相反性に、上記の特徴をもってみられる。他方、小脳性の協調運動障害では、同試験を出来るだけ速く行わせ

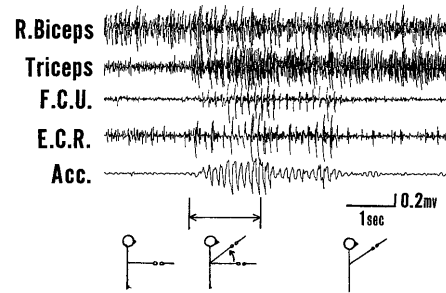


図7 脊髄小脳変性症における小脳性振戦の表面筋電図と加速度同時記録

患者と検者の示指を対向させたまま、水平位から約45度上方に挙上する間に、主動筋と拮抗筋間で相反性の群化放電が出現する。

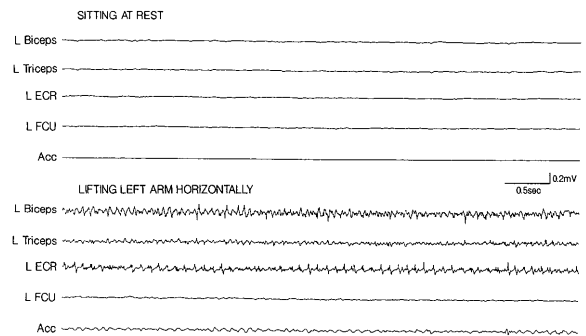


図8 ニューロパチーに伴う振戦の表面筋電図と加速度同時記録

水平挙上位で左橈側手根伸筋に約10 Hzの規則的な群化放電が、背景の持続性放電に重畳してみられる。

ても、動作中に上記の異常な筋放電はみられない。

e) Holmes 振戦 Holmes tremor<sup>3)</sup>

静止時、企図時、時に姿勢時にみられる振戦で、その周波数はほとんど4.5Hz未満である。病変の発症と振戦との潜時は4週間~1年とされる。従来、赤核(中脳)振戦と称されてきたが、これらの部位以外の病変でもみられることから、Holmes 振戦と称されるようになった。

f) ニューロパチーに伴う振戦 neuropathic tremor<sup>1)3)</sup> (図8)

生理的振戦と同様な頻度で、一定の姿勢時あるいは動作時に、表面筋電図上、規則的な群化放電が主動筋と拮抗筋間で同期性あるいは相反性にみられる。

2) ミオクローヌス myoclonus<sup>1)5)~8)</sup>

一筋または数筋が、電撃的にピクツとするような不随意運動の総称であり、突然瞬時に急激かつ短時間、不随意に収縮して起こる陽性ミオクローヌス

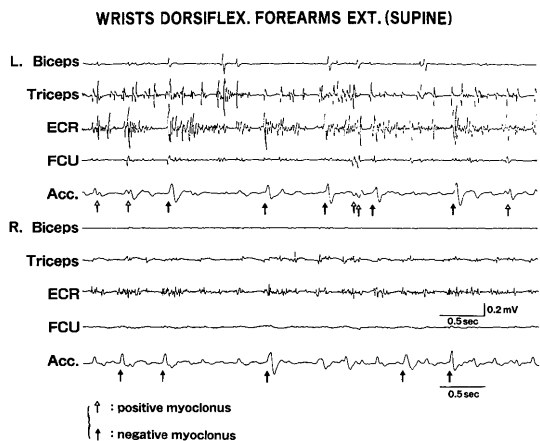


図9 Lance-Adams 症候群における陽性ミオクローヌスと陰性ミオクローヌスの表面筋電図と加速度同時記録

上肢水平拳上, 手関節背屈位で, 左上肢では高振幅の単電位あるいは持続の短い群化放電(陽性ミオクローヌス)が背景の持続性放電に重畳して不規則に出現し, それに引き続き筋放電の短い中断(陰性ミオクローヌス)も認められるが, 逆の順に出現することもある. 右上肢では陰性ミオクローヌスのみがみられる.

positive myoclonus (PM) と, 随意的な持続性筋収縮が急激に一過性に中断して起こる陰性ミオクローヌス negative myoclonus (NM) とから成る. いずれも, 主動筋と拮抗筋が同期して, PM では収縮, NM では中断することを特徴とし, 多くは両者が混在する. 表面筋電図上, PM では主動筋と拮抗筋間で同期性の単放電, あるいは持続 100msec 以内の短い群化放電がみられる. NM では PM に引き続き, まれに先行し, あるいは単独で, 主動筋と拮抗筋間で同期性に筋放電の中断が持続約 75~200msec で認められる(図9). NM が単独で出現する際には临床上, 羽ばたき振戦の動きを呈し, 代謝性(中毒性)脳症に典型的な asterixis (図10) との鑑別は出来ない. なお, 羽ばたき振戦は, 姿勢保持に関与する筋(群)が間欠的に緊張を失うために, 腱の張力により, また, 重力に抗しきれずに一過性に弛緩位をとり, 再び速やかに元の位置に戻ることを繰り返す不随意運動である. ただし, 羽ばたき振戦という用語は, Wilson 病における上肢の近位部から遠位部にかけての筋収縮の位相差のために生ずる鳥の羽ばたきに類似した動きにも用いられる. NM (asterixis) が律動性を示さず振戦とは相違することからも, 混乱を避けるため NM (asterixis) に対する羽ばたき振戦の用語使用は好ましくない. なお, 脳波上, 時間的に一定の間隔をもって (time-locked) 先行するてんかん性

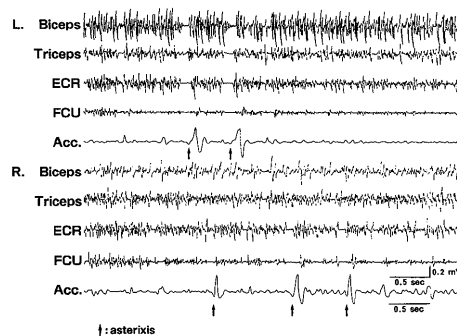


図10 抗痙攣薬中毒による asterixis (陰性ミオクローヌス) の表面筋電図と加速度同時記録

上肢水平拳上, 手関節背屈位で, 持続時間約 100 msec の突発的な筋放電の中断が一側上肢の全被験筋, あるいは主動筋と拮抗筋間で同期性かつ不規則に, また左右間で非同期性にみられる.

異常波を伴い, かつ表面筋電図上, 主動筋, 拮抗筋ともに PM の先行しない NM は epileptic NM と称される<sup>8)</sup>.

ミオクローヌスの出現頻度, 一部での律動(周期性)の有無, 原因筋の分布, さらに静止時, 一定の姿勢時, 企図時, または指鼻試験などの随意運動時, さらには引算などの精神負荷や, 観察筋以外の随意運動に対する反応について検討する. 記録速度を通常 3~6cm/sec にするが, その出現が稀な場合は 1~1.5cm/sec とする. なお, 主動筋と拮抗筋間の筋放電間の出現様式, すなわち同期性の検討や PM や NM 自体の持続時間の評価には 6cm/sec とする. 通常, 加速度により動き自体も同時に記録する.

PM は, 病態生理に基づき皮質性, 皮質下性, 脊髄性の3つに大別され, 皮質性はさらに自発性と反射性に分類されるが, 両者が併存することが多い. なお, 持続性部分てんかん epilepsy partialis continua は局所性の皮質(反射)性ミオクローヌスとされる. 皮質下性は, 周期性ミオクローヌス, 毛様体ミオクローヌス, 驚愕反応, 本態性ミオクローヌスに分類される. 脊髄性ミオクローヌスには, 髄節性脊髄性ミオクローヌス segmental spinal myoclonus, 固有脊髄路性ミオクローヌス propriospinal myoclonus, nocturnal myoclonus, spasmodic reflex myoclonus が含まれる.

以下, 病態生理に基づく分類にしたがって, 主な PM の表面筋電図所見につき自験例での記録を用いて概説する.

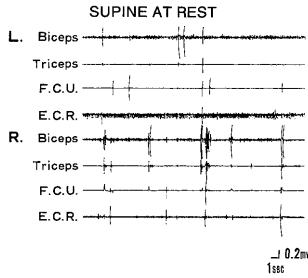


図 11 Creutzfeldt-Jakob 病における自発性皮質性ミオクロオスの表面筋電図  
 主動筋と拮抗筋間あるいは一側、時に両側上肢の全被験筋で同期性の、単電位または持続の短い群化放電が静止時、不規則にみられる。

(1) 皮質性ミオクロオス cortical myoclonus<sup>1)5)~7)</sup>

a) 自発性皮質性ミオクロオス spontaneous cortical myoclonus (図 11)

静止時に持続が 50msec 未満の短い筋放電が通常非律動性に体肢遠位筋優位にみられるが、律動性も稀ならず認められる。なお、体肢遠位の多数の小筋に頻回な個々別々なミオクロオス性の筋収縮を minipolymyoclonus と称される<sup>5)</sup>。

b) 反射性皮質性ミオクロオス reflex cortical myoclonus

腱の叩打、音、触覚、電気、閃光などの刺激に対する過敏性を呈し、ミオクロオスが反射性に起きる。

c) EPC

限局した大脳皮質を起源とする、ある一肢の遠位部に限定した、周波数 2~3Hz の反復性ミオクロオスであり、自発性または反射性の限局性皮質性ミオクロオスとされる。

(2) 皮質下性ミオクロオス subcortical myoclonus<sup>1)5)~7)</sup>

a) 周期性ミオクロオス periodic myoclonus<sup>9)</sup> (図 12)

周期性のミオクロオスが脳波上、周期性同期性放電に同期して自発性に出現するが、刺激過敏性はみられない。典型的には Creutzfeldt-Jakob 病でみられ、その周期は約 1Hz である。

b) 毛様体ミオクロオス reticular myoclonus<sup>10)</sup> (図 13)、驚愕反応 startle response<sup>7)</sup> (図 14)

脳幹毛様体起源のミオクロオスで、全身の驚愕反応に類似し、その分布は前者では体肢近位部から遠位部、後者では体肢近位部~躯幹とされるが、両

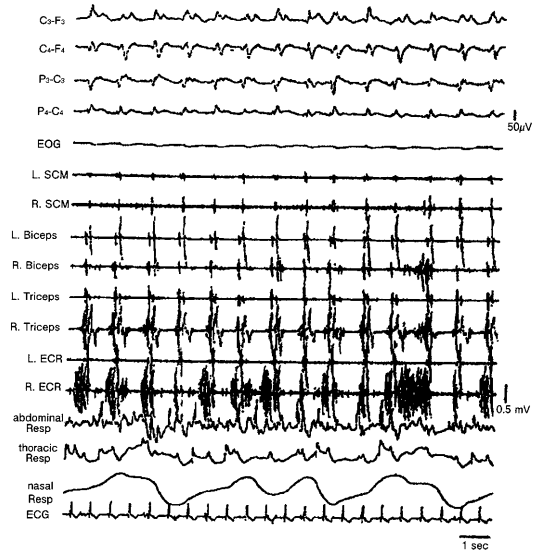


図 12 Creutzfeldt-Jakob 病における周期性ミオクロオスの脳波、表面筋電図と呼吸曲線のポリグラフ (文献 9 より引用、一部改変)  
 脳波上、周期性にみられる棘波に同期して、両側頸部~上肢にかけて筋放電がみられる。  
 EOG: 眼振図, Resp: 呼吸曲線。

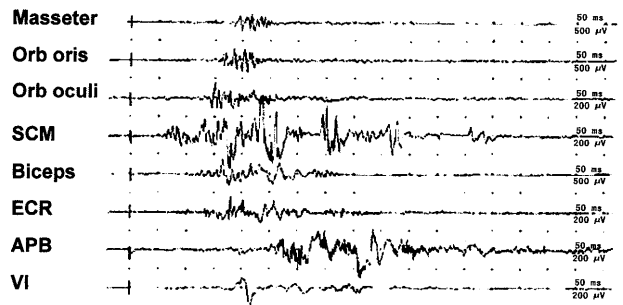


図 13 毛様体ミオクロオスの表面筋電図 (重ね書き) (文献 10 より引用、一部改変)

Hyperekplexia 患者において聴覚刺激により全身性のミオクロオスが誘発されている。筋放電は、延髄からの第 9 脳神経支配の SCM から始まり、その後漸次上下行性に拡大している。

Masseter: 咬筋, Orb oculi: 眼輪筋, SCM: 胸鎖乳突筋, APB: 短拇指外転筋, VI: 大腿内側広筋。

者の鑑別は臨床像のみからは困難とされる。各髄節レベルに渡る多数筋での表面筋電上、持続時間数 10~約 100msec の比較的長い筋放電が脳神経支配筋に最初に出現し、その後上下行性に順次拡大する。その潜伏差から伝導路の下行路が速い毛様体脊髄路とされる。他方、驚愕反応は遅い毛様体脊髄路を介するとされる。

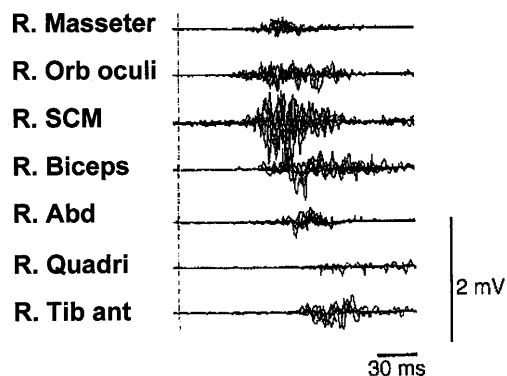


図 14 驚愕反応の表面筋電図(重ね書き)(文献7より引用, 一部改変)

筋放電が最初に顔面筋で, 第7脳神経支配の眼輪筋から始まり, 次に第5支配の咬筋と第11支配のSCMに漸次出現, 上下行性に拡大している。

Abd: 腹直筋, Quadri: 大腿四頭筋, Tib ant: 前脛骨筋。

### (3) 脊髄性ミオクローヌス spinal myoclonus<sup>1)5)~7)11)</sup>

#### a) 脊髄性髄節性ミオクローヌス spinal segmental myoclonus<sup>11)12)</sup>(図 15)

ある特定の脊髄体節支配筋群に限局してみられる(segmental)自発性ミオクローヌスで, 原因となる病変が脳・脳幹部にはなく脊髄に存在する。表面筋電図上, 静止時に, 一定の髄節に存する筋群に群化放電(持続時間, 約10msecから2~3sec)が同期性に, 多くは律動性(周波数, 0.3~6Hz)にみられる。なお, 臨床像・機序からむしろ振戦に分類すべきとの説もみられる。

#### b) 固有脊髄路性ミオクローヌス propriospinal myoclonus<sup>7)</sup>(図 16)

全身が一度に動いてしまい, その分布が広く体肢近位部~躯幹とされるが, 臨床像のみからは驚愕反応との鑑別が困難とされる。表面筋電図上, 持続時間数10m/secの比較的長い筋放電が脊髄のある髄節から上下行性に順次拡大し, その速度が比較的緩徐で約10m/secであることから, その伝導路は固有脊髄路とされている。

#### c) Spasmodic reflex myoclonus<sup>13)14)</sup>

Stiff-person 症候群は, 体肢近位部, 体幹の筋の等張性収縮による運動・姿勢の障害で, しばしば疼痛を伴い, 感覚刺激で痛性伸展硬直発作や脊柱の前彎発作を呈する。本症候群において, 腱の叩打では漸減性の持続性筋放電が数10sec~数分間誘発される(図 17)が, 正中神経の電気刺激では驚愕反応に類似した全身反応が誘発される。表面筋電図上, 電

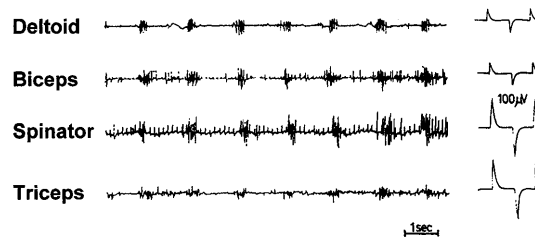


図 15 頸髄の星細胞腫における脊髄性髄節性ミオクローヌスの表面筋電図(文献12より引用, 一部改変) 上肢帯~上腕の全被検筋間で同期性の群化筋放電が静止時, 律動性にみられる。

Spinator: 回内筋。

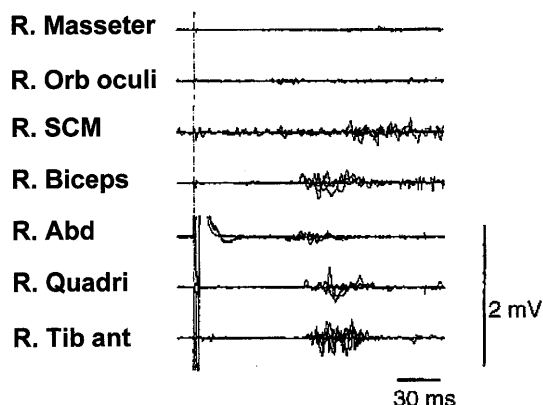


図 16 固有脊髄路性ミオクローヌスの表面筋電図(重ね書き)(文献7より引用, 一部改変)

筋放電が最初に顔面筋で, 第7脳神経支配領域から始まり, 次に第5支配の咬筋と第11支配のSCMに漸次出現, 上下行性に拡大している。

気刺激での反応初期において持続60~70msecの群化放電が1~3個連発して躯幹筋に同期性に出現し, それに引き続き漸減性の持続性筋放電が数秒間みられる(図 18)。その発生源は脊髄灰白質の介在ニューロンで, その伝導路は固有脊髄路とされている。

### 3) 舞踏病 chorea<sup>1)6)15)</sup>(図 19, 20)

体肢遠位部や顔面にみられる比較的素速い不随意運動であり, 一見合目的的にみえ(quasi-purposive), 真似ることが可能にみえる。筋収縮の特徴的な出現様式は, 一定の筋(群)への限定と反復ではなく(non-repetitive), 次々に異なった筋(群)に波及すること(migrating)である。

表面筋電図上, 持続時間0.5sec以下で短い群化放電が, 静止時, 各筋別個に出現し, 一定のパターンをもたない。出現する筋放電の分布, 主動筋と拮抗筋間の相反性もしくは同期性の有無, さらに静止時, 一定の姿勢や肢位, 随意運動時, さらに精神負荷



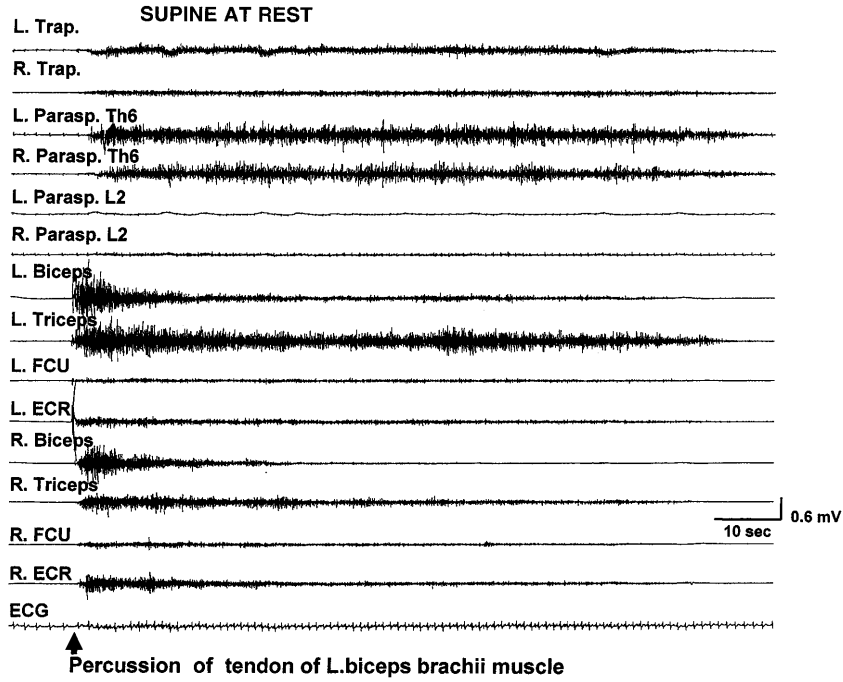


図 17 Stiff-person 症候群における腱叩打により誘発される筋硬直発作 (文献 14 より引用) 左橈骨の叩打により持続性の筋放電が、同側、対側の upper limb, 特に近位筋, 胸髄支配の傍脊柱筋優位に出現, その後漸減・消失している. Trap.: 僧帽筋, Parasp.: 傍脊柱筋.

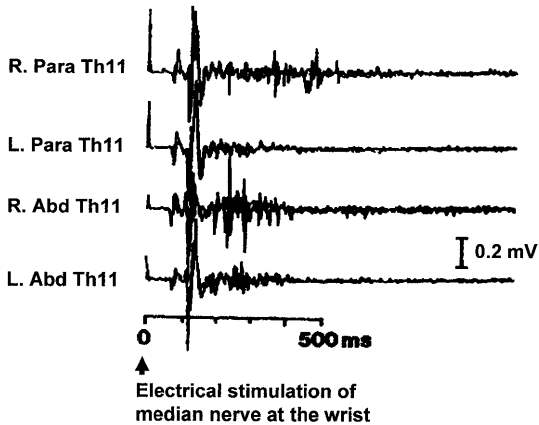


図 18 Stiff-person 症候群における spasmodic reflex myoclonus (文献 13 より引用, 一部改変) 正中神経の電気刺激での反応初期において, 表面筋電図上, 持続 60 ~ 70 msec の群化放電が 1 ~ 3 個連発して躯幹筋に同期性に出現し, それに引き続き漸減性の持続性筋放電が数秒間みられる. Para: 傍脊柱筋, Abd: 腹直筋.

や観察部位以外の随意運動に対する反応について観察する. 記録速度を 1~6cm/sec とする. 被検筋全体の筋放電の出現パターンの観察には 1~1.5cm/sec が, 筋放電の持続時間の評価には 3~6cm/sec が適する.

Huntington 舞蹈病では舞蹈病以外の種々の不随

意運動による筋放電がみられることが多い. 他方, Sydenham (小) 舞蹈病では典型的な舞蹈病の筋放電がみられる. Huntington 舞蹈病と chorea-acanthocytosis との相違は, 一過性の随意的な抑制が後者では可能である (図 20) が, 前者ではむしろ舞蹈病筋放電が増強する (図 21).

舞蹈病では等尺性筋収縮が不随意に短く中断する現象がみられるが, その持続時間が数 100msec~1 sec 前後で NM (asterixis) よりも長く, 臨床上もより緩徐な動きを呈する (図 22). この中断現象の検討には記録速度を 3~6cm/sec とする.

4) バリズム ballism<sup>1)6)15)</sup> (図 23)

体肢近位部の激しい動きで, 投げ出すような, または蹴飛ばすような運動で, 舞蹈病より急激, 粗大かつ持続的である. 別名 violent chorea とも呼ばれ, 舞蹈病の激しいものとされる. 多くは一側性 (hemiballism) である.

表面筋電図上, 舞蹈病と類似した所見は, 静止時の主動筋と拮抗筋間で同期性の筋放電や, 随意的な持続性筋放電の不随意的な中断であるが, 独自の特徴としては, ほぼ同一のパターン, すなわち紋きり型 stereotype の筋放電の繰り返しや, 肢位の変化による同期性から相反性への変化が挙げられる. 記録速度は 1.5~3cm/sec とするが, 主動筋と拮抗筋間の筋

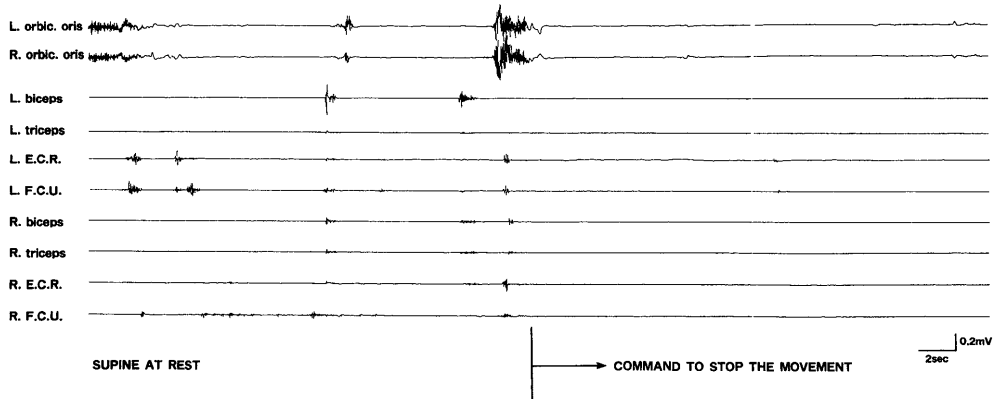


図 19 chorea-acanthocytosis における舞踏病の表面筋電図  
 仰臥位安静時，主に持続時間 0.5 sec 以下の短い群化放電が各筋バラバラに，あるいは主動筋と拮抗筋間で同期性にみられ，一定の出現パターンを示さない。

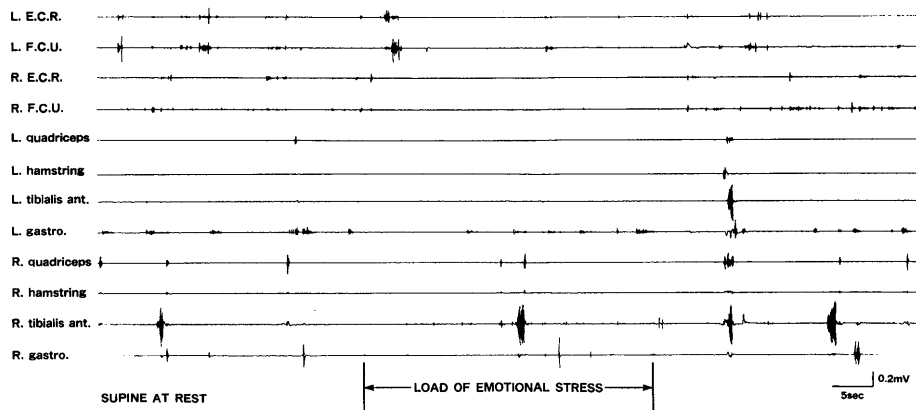


図 20 chorea-acanthocytosis における舞踏病の表面筋電図  
 舞踏病による筋放電が随意的に一過性に抑制される。  
 hamstring：膝屈曲筋，gastro.：腓腹筋，tibialis ant.：前脛骨筋。

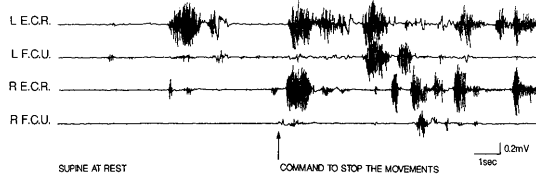


図 21 Huntington 舞踏病における舞踏病の表面筋電図  
 舞踏病の筋放電は，随意的抑制の命令でかえって増強している。

放電の出現様式や，筋放電中断の持続時間の検討には 3~6cm/sec とする。

5) アテトーゼ athetosis<sup>1)6)15)</sup> (図 24)

捻るような (writhing) 奇妙な (bizarre)，ジストニーとは異なり一定のパターンや規則性を示さず緩徐な持続性の不随意運動である。体肢に多いが，頸

部，顔面，舌にもみられる。運動が速くなると舞踏病に近似してくる (choreoathetosis)。なお，固有覚の消失時にも体肢を空中に保持した際にのみアテトーゼ様の動きが遠位部，特に手指にみられ，pseudoathetosis あるいは piano playing phenomenon という (図 25)。閉眼時に増強され，感覚入力 of 欠如 sensory deafferentation による遠位部のドリフト現象とされる。

表面筋電図上，静止時に舞踏病に比し持続時間のより長い筋放電が同時にみられ，相反性神経支配の障害を示す。静止時に異常放電がみられなくても，他の離れた身体部位の随意運動，例えば発語により上記の異常放電が誘発される (overflow phenomenon)。偽アテトーゼ pseudoathetosis では姿勢保持の際にのみ体肢の遠位部 (特に手指) に持続性筋放

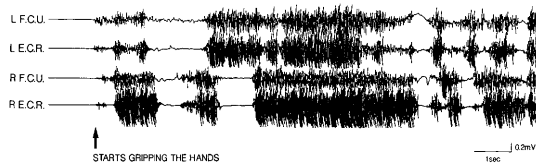


図 22 小 (Sydenham) 舞蹈病における表面筋電図

手を握らせた状態を保持させるよう命令しても、持続性筋放電が一定に保持されず (relapsing or milkmaid's grip), 突発的な持続時間数 100 msec ~ 1 sec 前後の中断が不規則にみられる。



図 23 脳梗塞にみられたバリズムの表面筋電図  
仰臥位安静時, 持続時間 1 sec 前後の高振幅の群化放電が右上肢近位部優位に, 主動筋と拮抗筋間で相反性にやや律動性 quasi-rhythmic にみられる。

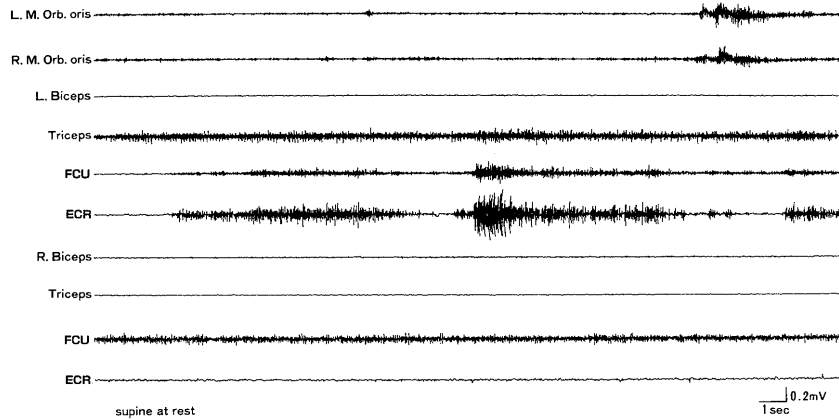


図 24 脳性麻痺における両側アテトーゼの表面筋電図

舞蹈病よりも持続の長い筋放電が, 主動筋と拮抗筋間で同期性にみられる。振幅が秒単位で緩徐に変動している。

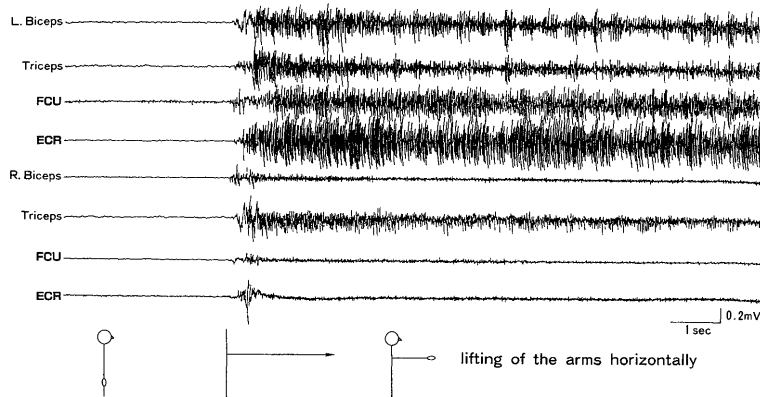


図 25 視床症候群における偽アテトーゼの表面筋電図

振幅が数 100 msec 単位で緩徐に変動する持続性筋放電が上肢を空中に保持する際にみられる。

電の緩徐な振幅変動がみられ, 閉眼時には増強する。動きが緩徐なため記録速度は 1~1.5cm/sec とする。

6) ジストニー dystonia<sup>1)6)15)16)</sup>

捻転性・反復性のパターンを有する異常な筋収縮により特定の姿勢や動作が障害される病態と定義さ

れる。同じ筋群の同一の様式での収縮と特定の動作や姿勢での症状の出現・増悪が舞蹈病, バリズム, アテトーゼとの相違点である。下肢のジストニーでの動作特異性として, 前歩きが後ろ歩きに比しより困難である点が挙げられる。

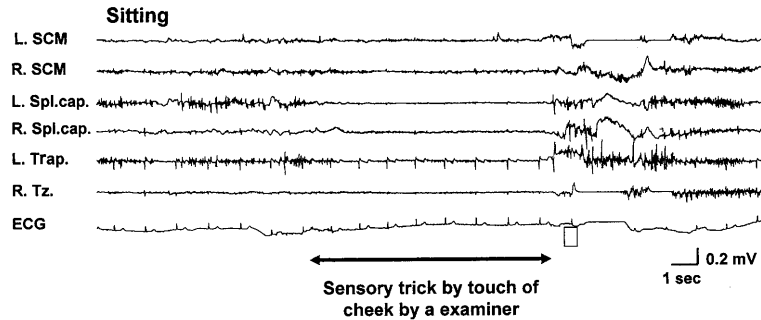


図 26 頭部振戦を伴う攣縮性斜頸とその感覚トリック効果を示す表面筋電図  
 座位で左胸鎖乳突筋と左僧帽筋優位に律動性群化放電が、変動する振幅を示しながらみられ、  
 検者の手による頬の接触により、速やかに減衰・消失する、いわゆる感覚トリックを呈する。  
 Spl. cap. : 頭板状筋。

表面筋電図上、持続性筋放電が、特定の動作(task specificity)で、相反性神経支配が失われ主動筋と拮抗筋に同時に出現し(共収縮 cocontraction)、その出現様式は常同的 patterned である。特定の動作、姿勢に伴い、他の身体部位にも筋放電が誘発される(overflow phenomenon)。ある特定の感覚刺激によりジストニーが軽快(または増悪)する際、その動作を感覚トリック sensory trick という(図 26)。感覚トリックを異常放電の変化の有無により検討する。ある動作を企図した際にその運動に必要な筋放電が駆動されるか否かを検討し、駆動されない場合は陰性ジストニー negative dystonia と称される。動きが緩徐なため記録速度は 1~3cm/sec とする。

罹患部位による分類に則って、各々のジストニーでの表面筋電図所見と記録法を概説する。

(1) 全身性ジストニー generalized dystonia (図 27)

脚部の分節性ジストニーに他の部位のジストニーに加わったものをいう。因みに分節性ジストニーは、隣り合う複数部位のジストニーと定義される。表面筋電図では、体肢のみならず肢帯筋や躯幹筋も被験筋とし、ジストニーの分布を検討する。仰臥位、起立、足踏み時に、それぞれ安静時の記録のほか、精神的負荷や、観察部位以外の身体部位の随意運動による反応の有無を検討する。記録速度は 0.5~1.5cm/sec とする。

(2) 局所性ジストニー focal dystonia

a) 攣縮性斜頸 spasmodic torticollis (図 26)

頸部筋の常同的な異常収縮により頭部の随意運動や頭位に異常をきたす頸部の局所性ジストニーである。なお、海外では一般に頸部ジストニー cervical

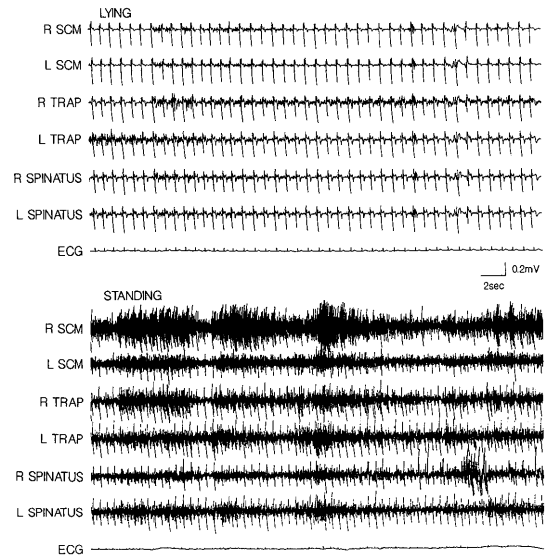


図 27 全身性ジストニーの表面筋電図  
 振幅が秒単位で緩徐に変動する持続性筋放電が、立位で頸部筋~上肢帯筋で著明にみられる(下段)が、仰臥位では著明に減少する。  
 SPINATUS : 肩甲周囲筋。

dystonia と呼称されている。その理由として、斜頸 torticollis という語が頭部の回旋のみを想起させるが、実際には多様な様式を呈する頭位偏倚を反映しない点が挙げられる。

表面筋電図は、仰臥位、座位の静止時、必要に応じ立位、足踏み時の記録のほか、精神的負荷、感覚トリック、すなわち顎、頬あるいは後頭部に被験者や検者の手を触れさせることによる筋放電の変化の有無、頭頸部の各種随意運動(回旋、側屈、前後屈)に必要な筋放電の駆動の有無について検討する。頭頸部の振戦より緩徐な反復運動等の合併症ではそれ

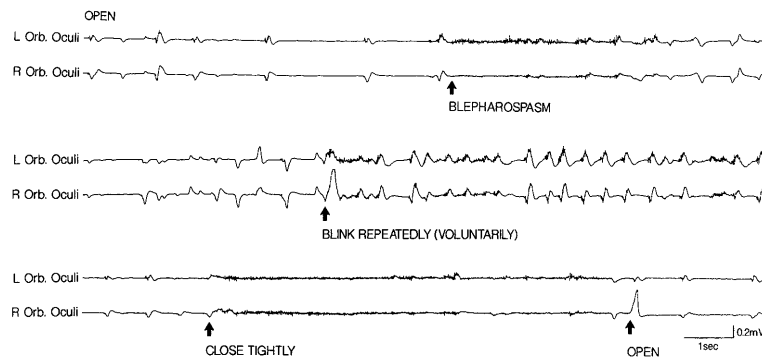


図 28 眼瞼攣縮の表面筋電図

開眼時，自然瞬目に引き続き，両眼輪筋において眼瞼の動きに持続性かつ間代性の筋放電が重畳している。随意瞬目は可能であり，強い閉眼から開眼への移行は円滑である。

らの原因筋の群化放電についても評価する記録速度は 1~3cm/sec とする。

b) 眼瞼攣縮 blepharospasm (図 28)

両眼の眼裂周囲筋，特に眼輪筋の不随意収縮により，円滑な開眼に支障をきたす局所性ジストニーである。なお，他の顔面筋にも拡大する際には Meige 症候群と称される。表面筋電図上，開眼時，自然瞬目に引き続き，両眼輪筋に持続性・間代性の筋放電が眼瞼の動きに重畳する。随意瞬目はリズムが不規則であるが，可能であり，強い閉眼から開眼への移行は円滑である。座位静止時での記録のほか，感覚トリックの有無を，眼裂周辺に被験者や検者の手を触れさせたり，サングラスを装着させて筋放電の変化の有無により検討する。記録速度は 1.5~3cm/sec とする。

c) 書痙 writer's cramp (図 29)

書字の際に筋緊張異常により書字が円滑に遂行できなくなる局所性ジストニーで，職業性ジストニー(痙攣)の 1 つである。ジストニーが書字に限定される単純型，書字以外の動作にもみられるジストニー型，前者から後者に移行した移行型の 3 つに分類される。

表面筋電図上，書字に直接関与しない上腕や肩甲筋，さらに対側の上肢諸筋にも持続性筋放電がみられる (overflow phenomenon)。被験者自身の健常側の手，あるいは検者の手を被験者の手関節部に置き，異常筋放電の変化，すなわち感覚トリックの有無を検討する。なお，書字の際のみに脱力を訴える麻痺型は，陰性ジストニーによると考えられ，書字関連筋で筋放電の駆動がみられない。記録速度は 1~3 cm/sec とする。

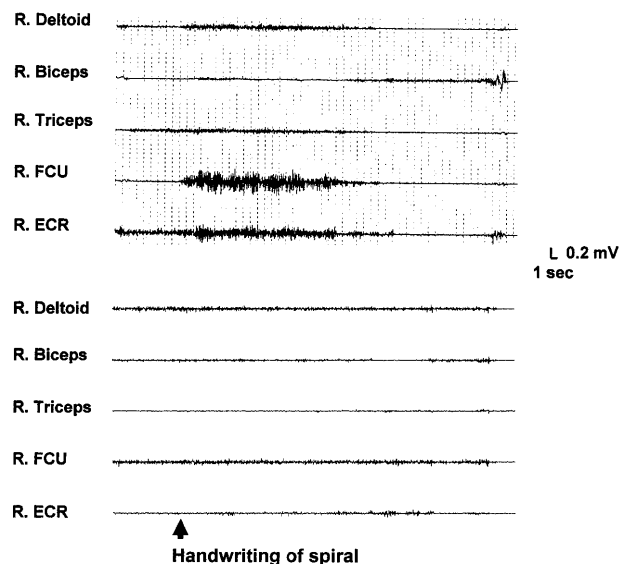


図 29 書痙の表面筋電図

書痙 (上段) では，書字の際に健常者 (下段) に比し，前腕筋に緩徐に変動する高振幅の持続性筋放電がみられる。また，直接関与しない上腕や肩甲筋にも健常者に比しやや高振幅の持続性筋放電も伴う (overflow phenomenon)。

7) 開眼失行 apraxia of lid opening (図 30)<sup>1)15)16)</sup>

上眼瞼の挙上運動の開始困難を特徴とする非麻痺性の眼瞼運動障害である。その病態生理として，上眼瞼挙筋の陰性ジストニーと，上眼瞼下端辺縁部(睫毛の内側)の Riolan 筋 (眼輪筋の一部) の開眼時での弛緩困難，すなわち局所性ジストニーとの 2 つの説がある。

表面筋電図上，開眼時，自然な，あるいは随意的な瞬目は比較的円滑であるが，強い閉眼から開眼への移行では眼輪筋に後放電 after discharge がみら

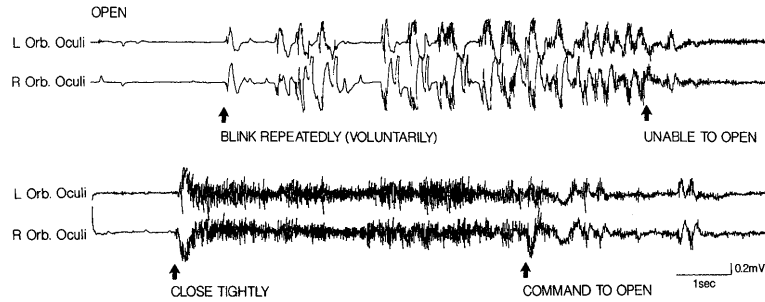


図 30 開眼失行

開眼時、自然な、あるいは随意的な瞬目は円滑であるが、強い閉眼から開眼への移行では、両眼輪筋に後放電 after discharge がみられ、それが減衰しても開眼不能である。

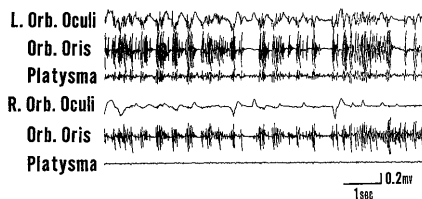


図 31 片側顔面攣縮の表面筋電図

片側の眼輪筋と口輪筋(対側にもごく低振幅の筋放電がみられるが)に間代性の群化放電がみられる。  
Platysma: 広頸筋。

れ、それが減衰しても開眼不能である。記録速度は 1.5~3cm/sec とする。

#### 8) 口部ジスキネジー oral dyskinesia (図 5)<sup>1)15)</sup>

舌、口唇、下顎に主としてみられる常同性の不随意運動である。表面筋電図上、口輪筋に、振幅が秒単位に緩徐に変動する持続性放電がみられる。静止時、発語、咀嚼動作時の記録のほか、および口輪筋以外の随意運動による反応の有無を検討する。記録速度は 1.5~3cm/sec とする。

#### 9) 片側顔面攣縮 hemifacial spasm (図 31)<sup>1)15)17)</sup>

顔面神経支配筋の間代性、時に強直性の無痛性収縮を特徴とする不随意運動で、通常一側性である。稀に両側性にみられるが、左右間で非同期性である。顔面神経が脳幹出口部で主として動脈と接触して傷害を受け、自発性興奮を惹起された病態である。初期には眼瞼、特に下眼瞼の一部のみに限局するが、この時期には顔面ミオキミアとの鑑別を要する。顔面ミオキミアは生理的にも疲労時に一過性にみられるが、持続する際には脳幹部(橋)の多発性硬化症などによる限局性の器質性病変を鑑別すべきである。

片側顔面攣縮に類似するが別個の不随意運動として、Bell 麻痺後の顔面連合(異常共同)運動が挙げら

れる。临床上、咀嚼、口の開閉等で罹患側の閉瞼、流涙が誘発される。これは、顔面神経の炎症部位である顔面神経管内での異所性興奮 ectopic excitation と接触伝導 ephaptic transmission を後遺症とする病態とされ、片側顔面攣縮とは、病変部位、発症機序ともに異なる。

表面筋電図上、通常、片側の眼輪筋および口輪筋に同期性の間代性、時に 1~数 sec 間持続する筋放電がみられる。座位静止時のほか、随意的抑制の有無や、精神的負荷、観察部位以外の身体部位の随意運動による反応の有無を検討する。記録速度は 1.5~3cm/sec とする。

顔面連合運動では上記動作時に眼輪筋での持続性筋放電の誘発の有無を検討する。

#### 10) Painful legs and moving toes (図 32)<sup>1)15)</sup>

通常一側の下腿、足の耐え難い疼痛、不快感とそれに伴う足趾の連続した屈曲、伸展、開排などをきたす特異な不随意運動である。これは、随意的に真似ることは困難であり、ごく一時的に随意的に抑制できるが直ぐに再発する。

表面筋電図上、主に下腿筋に単放電あるいは群化放電が安静時、不規則に、あるいは律動的にみられる。群化放電は、持続時間が約 2sec までで、律動的な際にはその周波数が 0.5~3Hz であり、主動筋と拮抗筋間で相反性あるいは非相反性に出現する。随意的に数秒~数分間のみ一時的に抑制できる。記録速度を 1.5~3cm/sec とする。

#### 11) Periodic limb movement in sleep (PLMS) (nocturnal myoclonus) (図 33)<sup>1)15)18)</sup>

下肢、稀に上肢の三重屈曲の様相を呈し、脊髓自動反射と同質のものも含まれる。表面筋電図上、数個の律動性群化放電、あるいはそれに引き続き、持続時間数秒間の漸減性 decrescent の持続性筋放電が

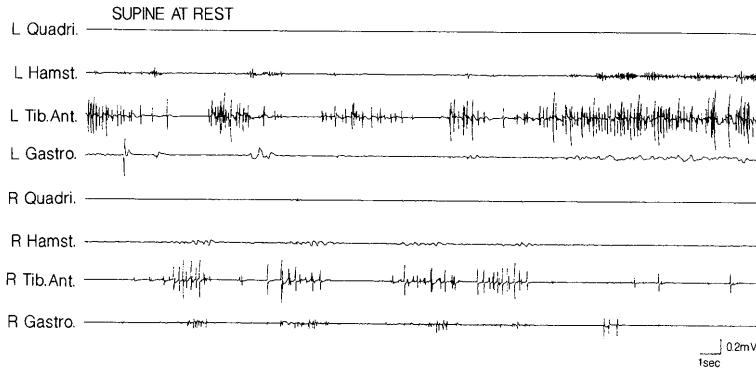


図 32 Painful legs and moving toes の表面筋電図  
 安静仰臥位で単電位あるいは群化放電が不規則に Tib. Ant. 優位にみられる。  
 Hamst. : 膝屈曲筋.

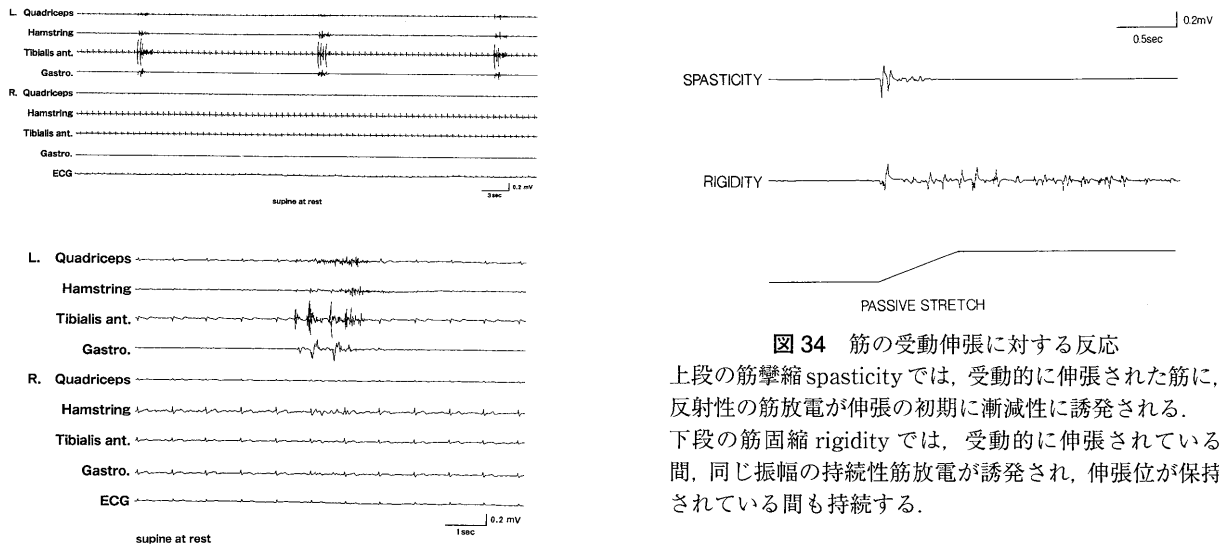


図 34 筋の受動伸張に対する反応  
 上段の筋攣縮 spasticity では、受動的に伸張された筋に、  
 反射性の筋放電が伸張の初期に漸減性に誘発される。  
 下段の筋固縮 rigidity では、受動的に伸張されている  
 間、同じ振幅の持続性筋放電が誘発され、伸張位が保持  
 されている間も持続する。

図 33 脊髓空洞症における periodic limb movement in sleep (PLMS) の表面筋電図  
 仰臥位安静時、Tibialis ant. 優位に数個の群化放電と、1 sec 以内に急激に減衰する筋放電が数 10 sec 間隔ではほぼ周期性にみられる。

前脛骨筋、時に大腿三頭筋にみられる。発現頻度が覚醒時よりも睡眠 2~3 相でより高いことから、nocturnal myoclonus あるいは PLMS と称されてきた。しかし、その筋放電は持続時間が PM よりも長く、動きが電撃様ではなく真にミオクロヌス的ではないことから、近年、その名称が PLMS に統一された。Restless legs syndrome のほとんどの症例でみられ、両者の異同が問題になっている。睡眠時に主にみられることから、終夜睡眠ポリグラフィ polysomnography, すなわち表面筋電図とともに脳波 (F3-C3, F4-C4), 眼振図 (EOG), オトガイ筋の表面筋電図, および呼吸曲線を同時記録する。記録速度は、

出現頻度が低い際には 0.5cm/sec とし、律動性群化放電の周波数の評価には 3~6cm/sec, 脳波深度の確認には 3cm/sec とする。

12) 心因性運動障害 psychogenic movement disorder (PMD)<sup>19)</sup>

PMD は、既知の器質的・神経生化学的疾患によっては説明されず、基礎にある精神疾患による障害に対して従来用いられている。その診断は原則的には臨床的特徴に基づき、表面筋電図は、临床上、余り用いられないが、下記 2 つの運動障害に関しては補助診断的な所見が報告されている。

(1) 心因性振戦 psychogenic tremor

①心因性振戦の優位側と対側上肢で随意的に振戦を呈させた際、その周期が優位側の (心因性) 振戦と一致すること, ②罹患肢への重量負荷による振幅や周波数の増加, ③振戦の周波数の変動, ④主動筋

と拮抗筋間での筋放電の同期が挙げられる。

(2) 心因性ミオクローヌス psychogenic tremor

①刺激からミオクローヌス放電誘発までの不定な潜時, ②各筋放電の不定なパターン, ③筋放電の長い持続時間, ④刺激反復での有意な慣れ(減衰)が挙げられる。

2. 筋の受動伸張に対する反応<sup>1)</sup>

1) 伸張反射の亢進(図34)

(1) 筋痙縮 spasticity

表面筋電図上, 受動的に伸張された筋に, その速度と強さに応じて, 反射性の筋放電が, 伸張の初期に漸減性に誘発される現象である。临床上, 折り畳みナイフ現象に対応する。記録を伸張直前より開始し, その速度は6cm/secとする。

(2) 筋固縮(強剛) rigidity

表面筋電図上, 受動的に伸張された筋に, 伸張されている間同じ振幅の持続性放電が出現し, その後も伸張位を保持している間持続する。筋痙縮との中間の所見を rigospasticity と称する。記録の方法・速度は筋痙縮と同じである。

2) Paradoxical contraction of Westphal

弛緩される筋に筋放電が誘発される現象で, 表面筋電図上, 筋放電は, その肢位を保持する間持続し, 伸張すると抵抗を感じることなく消失する。記録速度は1.5~3cm/secとする。

結 語

表面筋電図(必要に応じた加速度記録の同時記録)の記録法の原則と, 各種不随意運動および筋緊張異常への臨床応用と各々の記録法と特徴的所見につき概説した。

文 献

- 1) 大澤美貴雄: 表面筋電図の臨床応用. 東女医大誌 **59**: 499-513, 1989
- 2) 岩田 誠: 本態性振戦と企図振戦. Pharma Medica **14**: 141-148, 1996
- 3) Deuschl G, Raethjen J, Lindemann M et al: The pathophysiology of tremor. Muscle Nerve **24**: 716-735, 2001
- 4) Shahed J, Jankovic J: Exploring the relationship between essential tremor and parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord **13**: 67-76, 2007
- 5) Shibasaki H, Hallett M: Electrophysiological studies of myoclonus. Muscle Nerve **31**: 157-174, 2005
- 6) 柴崎 浩: 不随意運動の診かたと考え方. 臨神経 **43**: 752-755, 2003
- 7) 宇川義一: 1. ミオクローヌスの病態と治療. 「神経内科の最新医療」(金澤一郎ほか編), pp159-164, 寺田国際事務所, 東京 (2004)
- 8) Rubboli G, Tassinari CA: Negative myoclonus. An overview of its clinical features, pathophysiological mechanisms, and treatment. Clin Neurophysiol **36**: 337-343, 2006
- 9) 新井憲俊, 宇川義一: 皮質性ミオクローヌス. Clin Neurosci **20**: 1288-1293, 2002
- 10) Cassim F, Houdayer E: Neurophysiology of myoclonus. Clin Neurophysiol **36**: 281-291, 2006
- 11) Rothwell J: Pathophysiology of spinal myoclonus. In Myoclonus and Paroxysmal Dyskinesias (Fahn S et al eds), pp 137-144, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2002)
- 12) Garcin R, Rondot P, Guiot G: Rhythmic myoclonus of the right arm as the presenting symptom of a cervical cord tumour. Brain **91**: 75-84, 1968
- 13) Meinck H-M, Ricker K, Hulser P-J: Stiff man syndrome: neurophysiological findings in eight patients. J Neurol **242**: 134-142, 1995
- 14) 近藤倫子, 大澤美貴雄, 岩田 誠: Stiff-person 症候群の脊柱前彎—表面筋電図による検討—. 投稿中
- 15) 梶 龍児: 不随意運動の診かた. 「不随意運動の診断と治療」(梶 龍児編), pp31-53, 診断と治療社, 東京 (2006)
- 16) 目崎高広: ジストニア. 不随意運動の診かた. 「不随意運動の診断と治療」(梶 龍児編), pp78-115, 診断と治療社, 東京 (2006)
- 17) Valls-Sole J: Electrodiagnostic studies of the facial nerve in peripheral facial palsy and hemifacial spasm. Muscle Nerve **36**: 14-20, 2007
- 18) Hening W: The clinical neurophysiology of the restless legs syndrome and periodic limb movements. Part I, diagnosis, assessment, and characterization. Clin Neurophysiol **115**: 1965-1974, 2004
- 19) Hinson VK, Haren WB: Psychogenic movement disorders. Lancet Neurol **5**: 695-700, 2006