大腿直筋筋電図の数理解析とその経年変化

○高田宗樹¹, 塩沢友規², 宮尾克³, 高田真澄³, 川崎仁志⁴

¹岐阜医療科学大学, ²日本大学, ³名古屋大学, ⁴青山学院大学

Mathematical Analysis of Skeletal Muscle Electromyogram and the Aging

TAKADA Hiroki¹, SHIOZAWA Yuuki², MIYAO Masaru³,

TAKADA Masumi³, KAWASAKI Hitoshi⁴

¹Gifu University of Medical Science, ²Nihon University, ³Nagoya University, ⁴Aoyama Gakuin University,

1. はじめに

現存する筋電図検査法には幾つかの種類がある。最も頻用されるものに、針筋電図法 (needle electro myography: nEMG) と表面筋電図法 (surface electro myography: sEMG) がある。これらの筋電図波形から生理学的な解釈をする、即ち、異常を検出する場合、現状では、nEMG や sEMG の波形や sEMG の積分波形を、験者が視覚的に捉え、彼等の主観により判断が下されている。

(a) nEMGでは、その障害が神経原性のものか筋原性のものか、或いは両者である場合、急性或いは亜急性のものか、慢性のものかについて判断する重要な材料になっている¹⁾。しかし、このプローブには針電極が用いられている。針電極は経皮的に筋組織内に刺入されるものである。

(b) sEMGにおいては、不随意運動の診断として振戦運動のタイプ分け、ジストニアやスパズムの診断或いは両者の鑑別診断、不随意収縮筋の部位特定など、その応用範囲は多岐にわたっている²⁾。sEMGの積分波形は、筋収縮の相対的度合いの判断材料にされ、筋肉トレーニングの状態を評価する指標として使われるなどしている³⁾。

(c) sEMGは神経伝導検査の検出電位(誘発筋電図)としても用いられている。誘発筋電図検査においては、経皮的に末梢神経を電気刺激する¹⁾。

(b)を除く何れの検査法も、侵襲性があり、強い痛みを伴うものである。また、EMG全般を通じて、上述のように験者の視覚による主観的な判断に依存しており、筋の異常もしくはその回復の度合いを客観的に定量化する数理アルゴリズムは確立していない。そこで、筆者らは会陰筋群を例として、排尿障害に対するバイオフィードバックトレーニング時におけるsEMGの積分波形について評価を行う

ための計量指標を考案し、その効果を検討している⁴⁾。

一方、歩行における股関節屈曲動作を行うための筋肉(股関節屈筋群)が加齢に伴い急激に減少することが最近注目されている。股関節屈筋群には大腿直筋や腹筋などが含まれ、これらが高齢者の転倒にも関係していることが指摘されている⁵⁾。本研究では、大腿直筋に対して上述の計量指標を応用して、利き足のバイオフィードバックトレーニング時におけるsEMGの積分波形について評価を行い、その経年変化を診ることを目的とした。

2. 検査方法

2.1 バイオフィードバックトレーニング

通常、sEMGは1kHzにて電子媒体に記録されるが、ここでは0.1秒ごとに積分波形を出力する。被験者はこの波形と同時に、同一画面上に重ねあわされた10秒周期の矩形波(図1)を参照して、その形に合わせるように間欠的な大腿直筋の筋持続収縮運動を行う(バイオフィードバックトレーニング)。

2.2 計量指標

追従すべき矩形波 $f(t)$ はフーリエ級数展開することが可能であり、EMGの積分波形がどの程度、矩形波と異なるか評価する際には、その展開式

$$f(t) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2}{k\pi} \{1 + (-1)^{k+1}\} \sin \frac{2\pi k}{T} t$$

【図1】 sEMGの積分波形に重ね合わせる矩形波 (1周期)

が参考になる。この展開式は高次の項(高周波成分)まで残存するが、その係数は分母に次数が存在するために値が小さく、理論的には高周波帯域の周波数パワーは評価指標に適していない⁴⁾。そこで、我々は低周波帯域の周波数パワー、筋弛緩時の積分値(平均値)および積分波形の「かたち」を表す以下の計量指標により、大腿直筋に関するsEMGの積分波形を評価した；

- [1] 最大振幅：最大値を検索し、記録する。
- [2] 筋持続収縮継続時間：1周期区間における積分波形の平均値を越えたはじめての極大値からその平均値を下回る直前の極大値までの時間を計測する。
- [3] 筋持続収縮期に回帰する指数減衰曲線における時定数：1周期区間における積分波形の平均値を越えたはじめての極大値からその平均値を下回る直前の極大値までの全ての極大値を抽出する。これらに指数減衰曲線を回帰し、その時定数を算出する。

2.3 被験者

21歳から75歳の健常者36名を対象として、2分間のバイオフィードバックトレーニングを実施した。

3. 成績

2分間のバイオフィードバックトレーニング中における大腿直筋(利き足)のsEMGを携帯型多用途生体アンプ・収録装置 Polymate (AP1532, ティアック社製)を介して、直接、ノートPCに1kHzにて記録した。ただし、1分以降に被験者へ提示したsEMGの積分波形は画面上をスクロールするため、参考値とした。下図は30歳男性から抽出した1分間のsEMGである。電極を貼る状態によって縦軸の大きさは変化するため、その絶対値の意味はないものの、sEMGの波形の乱れからいずれの被験

図1. 若年男性から得られたバイオフィードバック中のsEMG

図2. sEMGに関する1分間の絶対値移動平均のグラフ。sEMGは以下の健常被験者より得られた。a) 30歳，男性。b) 67歳，男性

者も初回の筋制御能が低いようである。これらsEMGについて、1分間の絶対値移動平均を算出した(図2)。高齢者(図2.b)の筋持続収縮時における変動が大きいことが見てとれるだけでなく、筋弛緩時の積分値(平均値)は若年者のそれ(図2.a)に比べて大きい。各計量指標に関する経年変化については講演にて示す。

参考文献

- 1) Kimura, J. *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscles*, U.S., Oxford Univ. Pr., 2001
- 2) 増田正. 表面筋電図, 東京, 東京電気大学出版局, 2006
- 3) Shiozawa, Y. et al. *Development of a Biofeedback Training Method for Prevention against Stress Urinary Incontinence*, 11th International Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, Nevada, U.S.A., 2005.7
- 4) Takada, H. et al. *A Trial on Mathematical Comparison with Electromyography for Perineal Muscles in the Incontinent*, 11th International Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, Nevada, U.S.A., 2005.7
- 5) <http://www.health-net.or.jp/kenkozukuri/healthnews/140/050/tt0501/index.html>