

# 論 文 内 容 要 旨

## SPATIAL DISTRIBUTION PATTERN OF THE ELECTROMYOGRAPHIC POTENTIAL IN THE VASTUS MEDIALIS AND LATERALIS MUSCLES FOR THREE KNEE FLEXION ANGLES DURING ISOMETRIC KNEE EXTENSION

(膝関節角度の違いによる内側広筋と外側広筋の筋活動)

Journal of Mechanics in Medicine and Biology, 2020, in press

主指導教員：浦邊 幸夫 教授

(医系科学研究科 スポーツリハビリテーション学)

副指導教員：浦川 将 教授

(医系科学研究科 運動器機能医科学)

副指導教員：車谷 洋 講師

(医系科学研究科 上肢機能解析制御科学)

小宮 諒

(医歯薬保健学研究科 保健学専攻)

## 【はじめに】

大腿四頭筋を構成する筋である、内側広筋 (Vastus medialis muscle: VM) と外側広筋 (Vastus lateralis muscle: VL) はどちらも膝関節の伸展トルクを発生させる主動作筋でありながら、VM は大腿四頭筋のなかで膝蓋骨を内側に牽引する筋線維走行をもつこと、VL は膝伸展時に VM よりも伸展トルクへの貢献が高いことなど、その役割に違いがあることが知られている。また、VM では、筋の末梢部で中央や中枢部と比べて筋の断面積や羽状角が大きいという形態学的な特徴をもつため、筋の末梢部と中枢部で筋収縮時に発生する筋活動電位が異なると考えられる。これまで、筋収縮時の筋活動電位を測定する方法として表面筋電図法が用いられてきた。これは 2 個の電極を利用した双極表面筋電図法 (Bipolar surface electromyography: BEMG) により行われているが、2 個の電極間の筋線維の活動しか評価できない限界がある。本研究では多チャンネル表面筋電図法 (Multi-channel surface electromyography: MEMG) という新しい方法を用いて筋活動を測定した。MEMG は 64 個の電極で同時に筋活動を観察できるものであり、筋活動の空間分布パターンを評価できる。そこで、本研究は VM と VL を対象に MEMG を用いて、神経筋接合部から筋の中枢側と末梢側の筋活動の違いを明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

対象は 16 人の健常男性とし、全対象右脚での測定を実施した。課題動作は等尺性膝伸展運動とし、膝屈曲 30°, 60°, 90°の 3 条件において最大随意性収縮 (Maximum voluntary contraction: MVC) および 30%, 50%, 70%MVC の運動強度で 10 秒間の筋収縮持続課題を実施した。課題動作の測定には Biodex System 4 (Biodex Medical Systems 社) を用いた。筋電図信号の測定には 64 個の表面電極からなる多チャンネル電極シート (縦 10 cm×横 3.5 cm, KITAD064NM2, OT Bioelettronica 社) を用いた。貼付位置は VM と VL が全ての膝屈曲角度で電極貼付範囲に収まるように各筋長の膝蓋骨上から 15%の位置を基準として貼付した。得られた 64 個の単極表面筋電図信号を A/D 変換器を介してサンプリング周波数 2048 Hz で取り込んだ。解析には MATLAB2018b (MathWorks 社) を用い、10-500 Hz のバンドパスフィルター処理後に得られた計 59 個の双極誘導筋電図信号から、筋活動の大きさを示す Root mean square (RMS) を算出した。また、59 個の RMS の均一性を示す指標である Coefficient of variation (CoV) と Modified entropy を算出した。さらに、電極シートを末梢部と中枢部の 2 区画 (縦 5 cm×横 3.5 cm) に分けて、筋活動比 (末梢部/中枢部) を算出した。統計学的解析は RMS, CoV, Modified entropy, 筋活動比における各運動強度毎の膝屈曲角度間の差について、Shapiro-Wilk 検定で正規性を確認した後、Bonferroni 法あるいは Steel-Dwass 法による多重比較検定を行った。有意水準は 5%とした。

## 【結果】

RMS は VM, VL とともに膝屈曲 90°で、30°と 60°より有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。運動強度に関わらず VM では膝屈曲 90°で 30°と比較して、CoV は有意に大きく ( $p < 0.05$ )、Modified entropy は有意に小さかった ( $p < 0.05$ )。一方、VL の CoV と Modified entropy は関節角度による違いを認めなかった。また、VM の筋活動比 (末梢部/中枢部) は、全ての運動強度の膝屈

曲 90°で、30°と 60°よりも有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。VL の筋活動比は 50%および 70%MVC の運動強度のみ膝屈曲 90°で 30°より有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

#### 【考察】

VM について、膝関節屈曲 90°では中枢部と比較して、末梢部が強く活動していた。さらに、膝関節屈曲 90°から伸展位に近づくと末梢部と中枢部の活動の差は小さくなり、膝関節屈曲 30°では末梢部と中枢部でほぼ等しく活動していることが明らかとなった。これは VM の末梢部の筋断面積が中枢部より大きく、膝関節屈曲位では筋が伸長されることで筋活動が増加し、膝関節が伸展位になることで筋張力が低くなり、末梢部と中枢部で同程度の活動となったと考えられた。これまで、BEMG では VM の筋活動が膝関節屈曲位で増大することが知られていたが、MEMG の観察から、この筋活動の増大はより末梢部の筋活動が寄与することが新たに明らかとなった。一方、VL も膝関節屈曲 90°で末梢部の筋活動が増大したが、VM の活動よりも末梢部の筋活動は大きくなかった。これは VL の末梢部の筋断面積は筋全長の中央や中枢部よりも小さく、VM とは異なる筋形態が関係していると考えた。以上の結果より、異なる膝関節角度での等尺性膝伸展運動中の末梢部と中枢部の筋活動が VM と VL では異なること、また膝関節屈曲位では VM の末梢部の筋活動が中枢部よりも高まっていることが明らかとなった。