

筋電計による小殿筋の動的な質的筋活動評価と選択的筋力強化方法の検討

高知大学整形外科
岡上裕介

はじめに

変形性股関節症の日本人有病率は 1.0~4.3%と報告されている¹⁾。変形性股関節症診療ガイドラインでは、運動療法は短期的には疼痛、機能障害に有効であるとされ、推奨 gradeA (行うように強く推奨する) と評価されている。一般的には中殿筋筋力強化を目的とした運動療法であり、中殿筋の筋力強化訓練を行うことで歩行時の不安定性が改善し、疼痛の軽減が認められたとの報告もある²⁾。

近年、股関節安定化機構である股関節深層筋に着目した報告が散見され、深層筋である小殿筋は股関節に安定性をもたらす働きがあるとされている³⁾。PET や MRI を用いた研究では、歩行時や片脚立位時には中殿筋よりも小殿筋の活動が高いと報告されており^{4)、5)}、変形性股関節症でみられる骨盤の不安定性や体幹の動揺といった股関節外転筋機能不全に対しては、深層筋の働きを考慮しなくてはならない。また、小殿筋は外転筋群の総断面積の 20%で今まで軽視されてきたが、外転筋力の比は、中殿筋 (4) : 小殿筋 (2) : 大腿筋膜張筋 (1) であり、これまで外転筋機能不全=中殿筋機能不全と考えられてきたが、小殿筋の働きにも着目する必要がある。また、小殿筋の筋線維走行は頸部と平行で、中殿筋は垂直方向に走行している⁶⁾。これらより、小殿筋に考慮しての筋力強化訓練は荷重部へのストレス

を軽減しつつ、骨頭を求心位に保持し、股関節の安定性に寄与する可能性がある。よって、小殿筋の筋力強化ができれば、より跛行や疼痛といった症状の改善が期待できるのではないかと考えられる。

我々は以前よりエコーガイド下にてワイヤ電極を小殿筋に挿入し、歩行や片脚立位時の筋活動を記録し積分筋電図解析をしてきた。その結果、歩行や片脚立位では外転筋群の中で小殿筋が一番活動しており、筋電図学的にも骨頭を求心位に保持し、股関節の安定化には重要な働きをしていることや、等尺性外転運動時における負荷量は、体重の 4~6%の負荷量において小殿筋の筋活動が他の外転筋よりも高くなることなどを報告してきた⁷⁾。しかし、変形性股関節症症例に対する筋力強化訓練は等張性収縮での外転運動をすることが多く、さらに筋力の向上を動作に結びつける為に、筋の質的評価をする必要がある。臨床における筋電図の解析方法として、積分筋電図解析 (量的評価) や周波数解析 (質的評価) を用いることが多い。周波数解析の代表的な解析方法として、どのような筋線維タイプがどれだけ活動しているか分かる高速フーリエ変換 (FFT) が周知されている。しかし、FFT での解析には一定期間波形のばらつきがないことが前提であり静的な評価しか適していない。よって等尺性収縮による筋活動を記録し解析することは可能だが、理学療

法の多くは等張性収縮や遠心性収縮による動的な評価をすることが重要であり、FFTによる周波数解析では臨床では適さない場合が多い。

近年 Wavelet 変換を用いた周波数解析方法が導入されている。筋電図による結果の解析に Wavelet 変換を導入することにより、FET ではできなかった時間情報を残した周波数解析が可能となり、動作のどの時点で、どちらの筋線維タイプがどの程度活動しているかを詳細に評価することが可能である⁸⁾。それによって、小殿筋の動的な質的筋活動能力を明らかにすることにより、変形性股関節症に対する最適なプログラムをできる可能性がある。

本研究の目的は動作時における小殿筋の質的筋活動能力を明らかにし、小殿筋を選択的に筋力強化する運動方法を検討することである。

対象と方法

対象は健康成人 14 名で、男性 8 名、女性 6 名である。平均年齢 24.4 歳、平均 BMI 22.5 であった。筋活動の解析方法は、まず、小殿筋と中殿筋にワイヤ電極を留置する。ワイヤ電極はウレタンコーティングされた直径 0.05mm の導線（ユニークメディカル社製）で、先端の 2mm だけコーティングを剥がし通電できるようにした。電極間距離が 5mm となるようにワイヤを貼り合わせることにより、双極誘導が可能となる。ワイヤ電極は 22G のカテラン針に通した後、先端を折り返し被検筋に引っかかるようにした。各筋の電極留置部位は、小殿筋が腸骨稜の midpoint と大転子の中間、中殿筋が腸骨稜の midpoint の 2.5cm 遠位とし、エコーガイド下にて

カテラン針が筋に達していることを確認した(図 1)。負荷量の設定は、Hand Held Dynamometer により最大股関節外転筋力を測定後、最大筋力の 20%、40%、60%、80% の 4 条件を設定した。負荷の方法は、大腿骨遠位部にそれぞれの負荷量の重錘を巻くこととし、側臥位より足部の離地から 30° 外転して再び接地するまでの筋活動の測定を行った。外転運動は電子メトロノームに合わせて 5 回実施し、その中 3 回分を処理範囲とした。筋電図の記録は、筋電図システム WEK-K 214（ユニークメディカル社製）を用い、サンプリング周波数は 2000Hz にてパソコンに取り込み、記録周波数帯域は 20-1000Hz とした。まず、最大随意収縮を記録し、その後 5 回の等張性外転運動を行い、5 回の運動のうち波形が安定していた 3 回を解析に用いた。解析は運動開始時から 2 秒間の積分値 (IEMG) と平均周波数 (MPF) を算出した。積分値の算出は、BIMUTAS (キッセイコムテック社製) を使用し、20-1000Hz のバンドパスフィルターを通した後解析を行った。また、平均周波数は、数値解析ソフトウェア MATLAB R2007a (MathWorks 社製) を用いて Wavelet 周波数解析を行った。解析周波数帯域は、31.25~1000Hz とした。解析区間は IEMG と同様に運動開始時から 2 秒間とした。IEMG、MPF とともに、最大随意収縮時の値に対する相対値 (%IEMG, %MPF) にて比較を行った。

検討項目は、小殿筋、中殿筋それぞれにおける各負荷量の %IEMG の比較、および、小殿筋における各負荷量の %MPF の比較とした。統計解析には、SPSS (Ver15.0) を使用し、統計学的有意水準は全て 5%未満

とした。

本研究は、高知大学医学部附属病院倫理委員会の承認のもと実施した。

結果

小殿筋の各負荷量における%IEMGの結果は、負荷量 20%で 40.9%、負荷量 40%で 49.0%、負荷量 60%で 54.2%であり、負荷量 20%と 60%において $p < 0.05$ と有意差を認めた (図 2)。また、中殿筋においては、負荷量 20%で 33.4%、負荷量 40%で 41.4%、負荷量 60%で 42.9%であり、負荷量 20%と 60%において $p < 0.05$ と有意差を認めた。また、各負荷量における小殿筋と中殿筋の%IEMGの結果は、負荷量 20%と負荷量 60%において、小殿筋の方が中殿筋よりも有意に%IEMGが高かった ($p < 0.05$)。負荷量 40%においては、有意差は認めなかったが、小殿筋の方が高い傾向を示した ($p = 0.07$) (図 3)。

また、周波数解析の結果、小殿筋%MPFは、負荷量 20%で 87.6%、負荷量 40%で 86.5%、負荷量 60%で 89.7%と有意差は認めなかった (図 4)。

考察

本研究では、等張性収縮での外転運動において筋活動量は、小殿筋、中殿筋ともに負荷量が増すことで増加した。また、小殿筋と中殿筋の筋活動量は全ての負荷量において小殿筋の方が中殿筋に比べ高く、最大筋力の 20%で最も差を認めた。等張性外転運動と負荷量の関係性においては、負荷量を増すことで中殿筋の筋活動量が増大することが報告されており⁹⁾、今回我々の結果も小殿筋、中殿筋ともに同様の結果であった。これは負荷量が増すことで、参加する運動単位の増大や、 α

運動ニューロン発火頻度の増加が要因として考えられる。また、等張性外転運動は徐々に外転位になるため筋は短縮位になり筋張力が発生しにくい状況になる。小殿筋は深層に位置しており中殿筋に対し元々の筋長が短く、一定張力を保つためには中殿筋よりも多くの筋線維の活動が必要になるため、小殿筋の活動が高くなったと考えられた。

周波数解析では、速筋線維は高周波帯成分を反映し、遅筋線維は低周波帯成分を反映している。今回、%MPFに違いがなかったことから、負荷量の違いにより参加した筋線維 type は変わらないことが推察される。深層筋は一般的に遅筋線維が多くを占めていると考えられている。小殿筋の筋線維構成について、カニクイザルの小殿筋の筋線維 type を調べると、遅筋線維が 40%前後、速筋線維が 20%前後であり大部分が遅筋線維であったとの報告がある¹⁰⁾。遅筋線維は運動単位の活動様式が放電頻度によりも動員や加重により調節され、このことが周波数を低下させる特異性を持つとされている¹¹⁾。今回、負荷量を増しても、平均周波数の上昇を認めなかったのは、この遅筋線維の特異性が反映されたのではないかと考えられた。よって、小殿筋に関して筋線維 type を考慮した筋力強化訓練としては、負荷量を増やすよりも、時間や回数を多くすることが、遅筋線維を支配する運動単位の活動を高める可能性がある。

今回の検討では、等張性外転運動では負荷量が小さい方が、小殿筋が中殿筋に比して筋活動量が高くなっていた。この結果より、股関節痛を有する患者に対し等張性外転運動を行う場合、低負荷量で、

時間や回数を多くして行うのが望ましいと考えられた。しかし、一般的には筋力強化をする為の負荷量は最大筋力の 60% 以上を必要とすることが知られており、収縮時間や頻度に関してさらに検討する必要がある。現在、等張性外転運動での筋力強化訓練を行っており、エコーにて小殿筋、中殿筋の筋厚の測定を行っている。今後、この測定結果をもとに、小殿筋を効果的に筋力強化できる収縮時間や頻度を明らかにし、変形性股関節症患者に対する保存療法のプログラムを確立していきたい。

謝辞

本研究は、平成 26 年度日本股関節研究振興財団助成金の助成を受けて行いました。同財団に深謝いたします。

参考文献

1. 日本整形外科学会：変形性股関節症診療ガイドライン 2008
2. Tak E, Staats P, Van Hespren A: The effects of an exercise program for older adults with osteoarthritis of the hip. *J Rheumatol*, 2005, 32(6) : 1106-13
3. Retchford T.H, Crossley K.M, Grimaldi A : Can local muscles augment stability in the hip? A narrative literature review *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2013; 13(1):1-12
4. Kumagai M, Shiba M, Higuchi F, et al.: Functional evaluation of hip abductor muscles with use of magnetic resonance imaging. *J Orthop Res*, 1997, 15: 888-893
5. Oi N, Iwaya T, Itoh M, et al: FDG-PET imaging of lower extremity muscular activity during level walking. *J Orthop Sci*, 2003, 8 (1): 55-61
6. Gottschalk F, Kourosh S, Leveau B: The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *J. Anat*, 1989, 166: 179-189
7. 室伏祐介, 川上照彦, 岡上裕介: ワイヤ電極による股関節外転筋の比較 外転 20°、片脚立位、歩行において. 2013, *Hip joint* 39 Suppl. : 235-237
8. 山田英司, 加藤浩, 宮本謙作, 他: ウェーブレット変換を用いた等速性運動中の筋電図周波数解析-30 回反復による筋疲労時の周波数特性-, *理学療法*, 2003, 30(7): 391-396
9. 池添冬芽, 市橋則明, 万久里知美: 股関節周囲筋の等張性トレーニングに関する筋電図学的検討 - 運動肢位と重錘負荷量の違いが筋活動に及ぼす影響 -. *理学療法科学*, 2001, 16(2), 62-70
10. 鶴切一三: カニクイザル殿筋群の筋線維構成について. *昭和医学会雑誌*, 1984, 44(2), 185-194
11. 加藤浩, 藤野英次郎, 上島隆秀, 他: 随意収縮強度別 (%MVC) による表面筋電図周波数特性, *理学療法科学*, 1998, 25(7), 425-431

図 1 : エコーガイド下で小殿筋、中殿筋に電極を留置

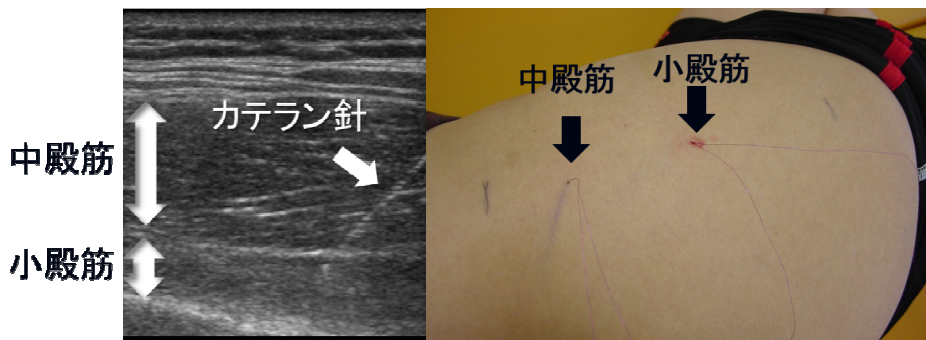


図 2 : 各負荷量における小殿筋、中殿筋の%IEMG

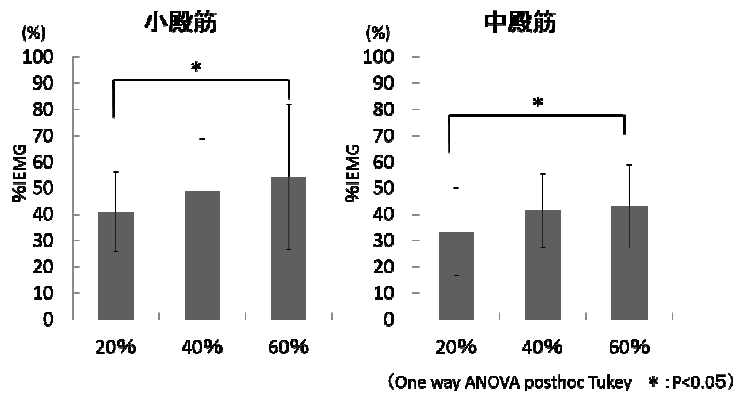


図 3 : 各負荷量での小殿筋、中殿筋における%IEMG の比較

