

小殿筋の動作時筋活動評価と
小殿筋の選択的筋力強化方法の検討

2017

吉備国際大学大学院
保健科学研究科
保健科学専攻

D311405 室伏祐介

目次

省略文字等のリスト 3

序章 序論 (総合)

第1節 研究背景 5

 第1項 変形性股関節症の疫学・分類 5

 第2項 変形性股関節症に対する保存療法 5

 第3項 股関節安定化機構 6

 第4項 小殿筋の重要性 6

 第5項 深層筋の筋活動に関する先行研究 6

第2節 研究目的 8

第3節 論文構成 9

第1章 歩行時における小殿筋筋活動の分析

第1節 緒言 11

第2節 方法 13

 第1項 被験者 13

 第2項 実験方法 13

 第3項 解析方法 15

 第4項 統計解析 16

第3節 結果 17

 第1項 全体の%IEMG 17

 第2項 性別を分類した場合の%IEMG 18

第4節 考察 19

第2章 不安定状況下における小殿筋筋活動の比較

第1節 緒言 23

第2節 方法 24

 第1項 被験者 24

 第2項 実験方法 24

 第3項 解析方法 25

 第4項 統計解析 25

第3節 結果 26

 第1項 全体の%IEMG 26

 第2項 男女別の%IEMG 27

第4節 考察 28

第5節 結語 30

第3章 等張性収縮における小殿筋筋活動と中殿筋筋活動の比較	
第1節 緒言	32
第2節 方法	33
第1項 被験者	33
第2項 実験方法	33
第3項 解析方法	35
第4項 統計解析	35
第3節 結果	36
第1項 積分筋電値	36
第2項 平均周波数	36
第4節 考察	37
第5節 結語	39
終章	
第1節 総合考察	40
第2節 結論	42
謝辞	43
参考文献	44

定義，省略文字等のリスト

本研究で使用した用語の定義，省略文字は以下である．

用語の定義

股関節の安定性：骨形態や筋など軟部組織の機能により，臼蓋に対し骨頭を求心位に保持できる能力

Wavelet 変換：フーリエ変換では失われてしまう時間領域の情報を残して周波数解析が行える手法

省略語

WOMAC：The Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

PET：Positron Emission Tomography

MRI：Magnetic Resonance Imaging

CT：Computed Tomography

FFT：Fast Fourier Transform

MPF：Mean Power Frequency

IEMG：Integrated electromyography

CE 角：Central-edge angle

AHI：Acetabular Head Index

序章 序論（総合）

第 1 節 研究背景

第 1 項 変形性股関節症の疫学・分類

変形性股関節症は、関節面への荷重ストレスによる関節軟骨の消失とともに軟骨下骨の骨硬化や骨棘形成など骨増殖性の変化を来し、関節機能が破綻する疾患である。原因が明らかでない一次性と、明らかな二次性変形性股関節症に分類されている。本邦の多くは二次性股関節症であり、日本人の有病率は 2.4～4.3%^{1,2)}で性別は圧倒的に女性が多いとされている^{1,2)}。二次性股関節症の原因は臼蓋形成不全が 80%以上で^{3,4)}、また、病院初診時の年齢は 50 代が多く、その次が 60 代である³⁾。

変形性股関節症は、日本整形外科学会の X 線像の評価により、前、初期、進行期、末期股関節症に分類されている。前股関節症は関節裂隙の狭小化を認めないもの、初期股関節症は部分的に関節裂隙が狭小化し軟骨下骨の接触がないもの、進行期股関節症は部分的に軟骨下骨が接触し荷重部関節裂隙の消失を認めるもの、末期股関節症は荷重部関節裂隙の消失が広範囲に及ぶものである⁴⁾。

第 2 項 変形性股関節症に対する保存療法

保存療法の目的は疼痛緩和、機能障害の改善である。日本人の多くを占める発育性股関節形成不全による変形性股関節症では、臼蓋による被覆が不十分であり、臼蓋荷重部へのストレスの集中や動的不安定性を生じる。この臼蓋荷重部から外側縁への負荷の集中や動的不安定性によって、関節軟骨の消失に伴い骨頭内圧の上昇や関節唇の断裂などが生じ疼痛が引き起こされている。よって、保存的治療では臼蓋荷重部を拡大させることが出来ない以上、筋力強化などにより股関節の安定性を向上させることが重要である。

変形性股関節症診療ガイドライン 2016⁵⁾によると、変形性股関節症に対する運動療法の効果は、Grade B(行うように推奨する)とされている。運動療法の効果として、患者教育と患者教育に運動を併用した 2 群を 12 週間の運動療法を行ったところ、16 カ月後の WOMAC の身体機能が運動を併用していた群において改善をしていたこと⁶⁾や外転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報告⁷⁾されており、短期、中期的な疼痛の改善や身体機能の改善は可能と考えられる。さらに、末期股関節症患者に対して Jiggling (貧乏ゆすり)を行うと関節裂隙が拡大した症例が 16.2%であったことなども報告⁸⁾されており、運動療法を行うことで一定の効果を得られることが期待できる。

第3項 股関節安定化機構

股関節の安定性に重要なのは、骨頭と臼蓋の適合性、関節包や靭帯、股関節周囲筋である。股関節は荷重関節であり、形態学的には大きな球状をしている大腿骨頭と深い臼蓋から構成されている関節である。股関節は屈曲をするために臼蓋が前方に開き大腿骨は前念している。そのため、股関節の被覆率は前額面より矢状面では低くなっており、安定性を補うために腸骨大腿靭帯、恥骨大腿靭帯、坐骨大腿靭帯、さらに大腿直筋の反回頭によって股関節前面が補強され動きが制限されている。さらに、関節唇などの働きによって関節の内圧が陰圧となり、関節面同士が吸着しあい安定性が獲得されている⁹⁾。また、股関節周囲筋においては6つの短外旋筋（梨状筋、上・下双子筋、内閉鎖筋、外閉鎖筋、大腿方形筋）や中殿筋、小殿筋が重要であり、これらの筋の働きにより骨頭が求心位に保持されて安定性が向上している。

第4項 小殿筋の重要性

小殿筋は、中殿筋の深層に位置しており、外転筋群の総断面積の約20%を占めている。外転筋力を比で表すと、中殿筋(4)：小殿筋(2)：大腿筋膜張筋(1)とされており¹⁰⁾、今まで軽視されてきた。その為、外転筋機能不全の要因は中殿筋であると捉えられることが多かった。しかし、小殿筋の走行は大腿骨頸部に平行しており、筋作用をベクトルで表すと求心位を向いており¹¹⁾、股関節の安定性に関与していると考えられている^{11,12)}。また、PETやMRIを用いた先行研究¹³⁻¹⁵⁾では、長距離歩行後や片脚立位時には中殿筋よりも小殿筋の活動が高くなったことを報告しており、動作時における小殿筋の働きは股関節の安定性に関与していると考えられ、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、小殿筋の働きを考慮しなくてはならない。

第5項 深層筋の筋活動に関する研究

深層筋の活動に関する報告は、体幹に着目した報告が散見される。これらの研究の多くは、超音波画像診断装置^{16,17)}を用いて筋厚を計測したり、MRIを用いての筋断面積を調べる¹⁸⁾研究である。しかし、超音波画像診断装置では、動作時の活動を時系列的に評価することは困難である。動作時の筋活動を時系列に分析するためには、表面筋電図が多く用いられている。しかし、深層筋を表面電極で記録すると表層筋のクロストークが問題となり、深層筋の活動を記録することは困難である。よって、深層筋の活動を詳細に評価するためにはワイヤ電極を用いなくてはならない。

近年、ワイヤ電極を用いた報告^{19,20)}が散見されるようになってきた。ワイヤ電極を用いて、投球動作やジャンプなど急速な運動の解析^{21,22)}や体幹深層筋の筋活動について²³⁾、トレーニングの違いによる股関節周囲筋の筋活動の変化²⁴⁾などの報告がされている。さ

らに、同一筋に複数のワイヤ電極を挿入し筋活動量を比較したところ筋活動量に差が無いこと²⁵⁾や、同一筋であってもワイヤ電極を留置した筋線維が異なると筋活動パターンが異なること²⁶⁾などが報告されており、動作時における詳細な解析が可能である。

第 2 節 研究目的

本研究の目的は、歩行時や片脚立位、不安定状況下における片脚立位において小殿筋の筋活動を記録し、中殿筋の筋活動と比較を行い、筋電図学的側面から小殿筋の股関節安定性への関与を明らかにすることである。

さらに、等張性外転運動における小殿筋と中殿筋の筋活動を記録し、異なる負荷量における筋活動量の算出や動員される筋線維タイプの推測から適切な負荷量についての検討を行い、選択的に小殿筋を鍛える為の筋力強化訓練方法を明らかにすることである。

第 3 節 論文構成

本研究の論文構成を示す。

第 1 章では、歩行時における小殿筋の筋活動を各歩行周期別に検討を行った。

第 2 章では、様々な不安定状況下における片脚立位時の小殿筋筋活動を記録し、股関節の安定性に関する重要性を明らかにした。

第 3 章では、等張性外転運動における小殿筋・中殿筋筋活動の比較を行い、小殿筋を選択的に鍛える為の負荷量について検討を行った。

終章では、本研究の 1 章、2 章、3 章の結果から、股関節深層筋の働きの重要性とそのトレーニング方法についての考察を行った。さらに残された課題についての考察を行った。

なお、第 3 章の等張性収縮における小殿筋筋活動と中殿筋筋活動の比較－ワイヤ電極を用いて－は理学療法科学に投稿し受理された論文である。

第 1 章

歩行時における小殿筋筋活動の分析

第1節 緒言

歩行時における股関節外転筋の活動は、立脚期において前額面や水平面で骨盤を制御する役割が知られている。特に前額面上で骨盤を保持させる働きとして中殿筋の筋活動が注目されてきた。そのため、変形性股関節症例でよく見られる Trendelenburg 兆候や Duchenne 歩行など異常な跛行が認められると、中殿筋の筋力強化訓練を行い股関節の安定性を獲得しようとする訓練が一般的に行われている。しかし、PET を用いた先行研究によると、健常成人において長時間の歩行後、殿筋群の中で最も活動していたのは小殿筋であったこと^{13,14)}が報告されている。このように、歩行時における股関節の安定性に関与しているのは中殿筋だけでなく、小殿筋の活動にも注目する必要があるが、小殿筋は深層に位置しているために表面電極では活動を記録することが困難であり、筋電図学的に分析をされた報告は非常に少ない。さらに、PET では歩行中の筋活動を時系列に比較することは行えない。よって、歩行周期のどのタイミングで小殿筋が最も活動しているかなど小殿筋の活動動態は明らかにされていない。さらに、歩行中における小殿筋と中殿筋の筋活動の違いについても明らかでない。

変形性股関節症例と健常者の歩行時筋活動動態においては、中殿筋の筋活動に着目した報告が多くされてきた。加藤によると変形性股関節症例は健常者の歩行に比べ、中殿筋が最も働くタイミングや動員されている筋線維タイプが異なること²⁷⁾を報告している。そのため、動員されている筋線維タイプを考慮した訓練を行うことが重要である。筋線維組成比率を推察する一つの方法として筋電図周波数解析がある。代表的な周波数解析として高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform : 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にばらつきがないことが前提であるので静的な運動しか解析することができない。そのため、動作時筋活動は今まで解析することが困難であった。近年、FFT で得られた周波数解析の結果に時間情報も一緒に含んで解析を行うことができる Wavelet 変換を用いた周波数解析方法が報告されている。この Wavelet 変換を用いた周波数解析では動的な歩行²⁷⁾や膝伸展運動²⁸⁾などにおいて解析が可能であったことが報告されている。周波数解析から得られる平均周波数 (Mean Power Frequency : MPF) は、タイプ I 線維が多いと MPF が低下するとされており²⁹⁾、低周波成分はタイプ I 線維を、高周波成分はタイプ II 線維を反映している。さらに、歩行中 MPF の高値はタイプ II 線維の筋線維径が大きいこと³⁰⁾が報告されており、周波数解析によって筋線維タイプや組織形態学的特徴を推測することが出来るものと考えられる。

深層筋の筋活動を記録し分析する方法として、非侵襲的な MRI や超音波画像診断装置を用いて運動学的な検討がされてきた¹⁶⁻¹⁸⁾。また、近年においてワイヤ電極を用いての研究もされている²⁰⁻²³⁾。このワイヤ電極を用いた研究では、体幹深層筋の活動など記録し表面電極では分からない活動が明らかとなっている^{22,23)}。

そこで、本研究の目的は、歩行中の小殿筋筋活動を記録し、各歩行周期における活動量の変化と動員されている筋線維タイプを検討し、歩行時における小殿筋の筋活動動態を明

らかにすることである。また，中殿筋の筋活動とも比較を行い，歩行中における中殿筋と機能的な役割の違いを検討することである。

第 2 節 方法

第 1 項 対象

本研究の被験者は、健常成人男性 6 名、女性 6 名の計 12 名で平均年齢は 26.1 歳であった。下肢疾患や腰部疾患があるものは除外している。倫理的配慮として高知大学病院倫理委員会（26-29）吉備国際大学倫理委員会（14-39）の承認を得たのちに、研究の主旨について十分に説明し、書面での同意が得られた上で実検を行った。

第 2 項 実験方法

被検筋は小殿筋と中殿筋とした（図 1）。股関節深層筋である小殿筋は超音波画像診断装置（SonoSite 社製）にて筋の位置を同定してから電極を留置した（図 2）。使用したワイヤ電極はウレタンコーティングされた直径 0.1 mm のステンレス線（ユニークメディカル社製）で、先端の 0.5 mm 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 2 mm になるように貼り合わせ、双極誘導ができるようにした。1 本のワイヤ電極は 22 G のカテラン針に通した後、先を折り返し被検筋に引っかかるようにした。ワイヤ電極はカテラン針に通した後、ガス滅菌処理をして使用した。なお、ワイヤ電極の留置は整形外科医によって施行した。

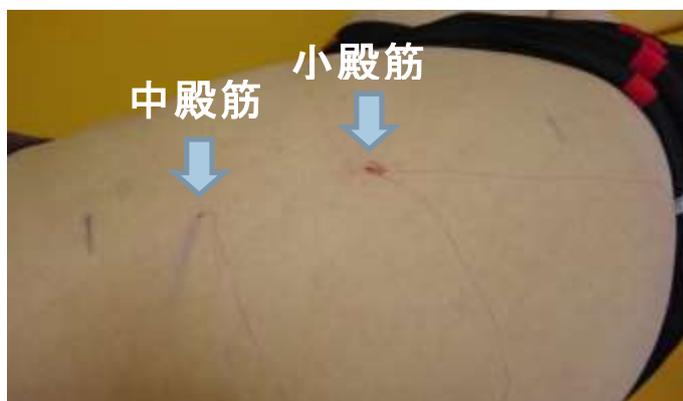


図 1. ワイヤ電極の挿入部

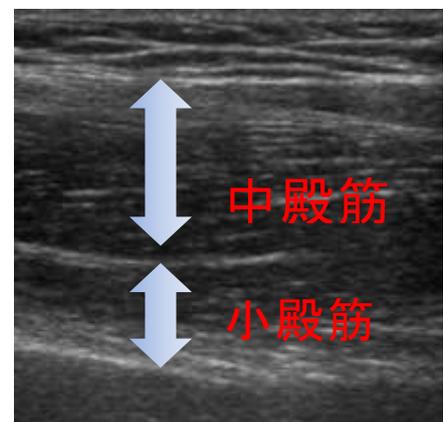


図 2. 超音波画像

筋電図の記録は、筋電図システム WEK-K214（ユニークメディカル社製）を用い、サンプリング周波数は 2000 Hz にてパソコンに取り込んだ。10m の歩行路を通常歩行にて歩行してもらい、踵骨部と前足部にフットスイッチを設置し、フットスイッチの波形から歩行開始直後、終了直前の 2 歩行周期を除く波形の安定した 3 歩行周期を選択した（図 3）。さらに、フットスイッチの波形から立脚期と遊脚期を同定した。

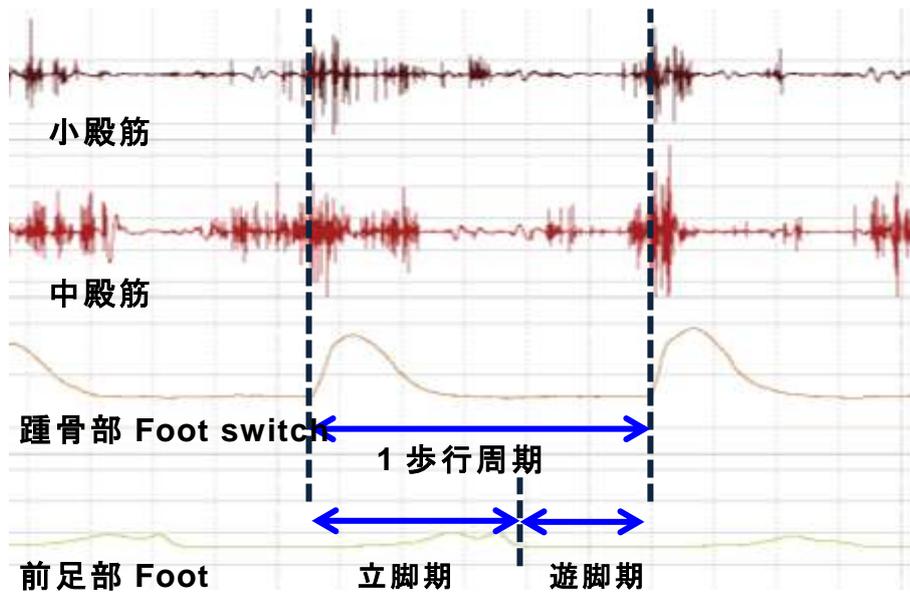


図 3. 筋電図の記録画像

第3項 解析方法

まず筋活動量を求めるための積分筋電図解析 (Integrated electromyography : IEMG) と活動している筋線維タイプを推定するために Wavelet 周波数解析を行った。IEMG の算出は BIMUTAS (キッセイコムテック社製) を使用し、20-1,000 Hz のバンドパスフィルターを通した後に解析を行った。また、数値解析ソフトウェア MATLABR2007a (MathWorks 社製) を用いて Wavelet 周波数解析を行い、平均周波数 (Mean Power Frequency : MPF) の算出を行った。解析周波数帯域は、31.25~1,000 Hz とし、50msec 間隔で解析を行った。IEMG は、最大随意収縮時の値に対する相対値 (%IEMG) にして比較した。また、立脚期時間、遊脚期時間を補正し、階級幅 10% で分割を行い各歩行周期における %IEMG, MPF の算出を行った (図 4)。

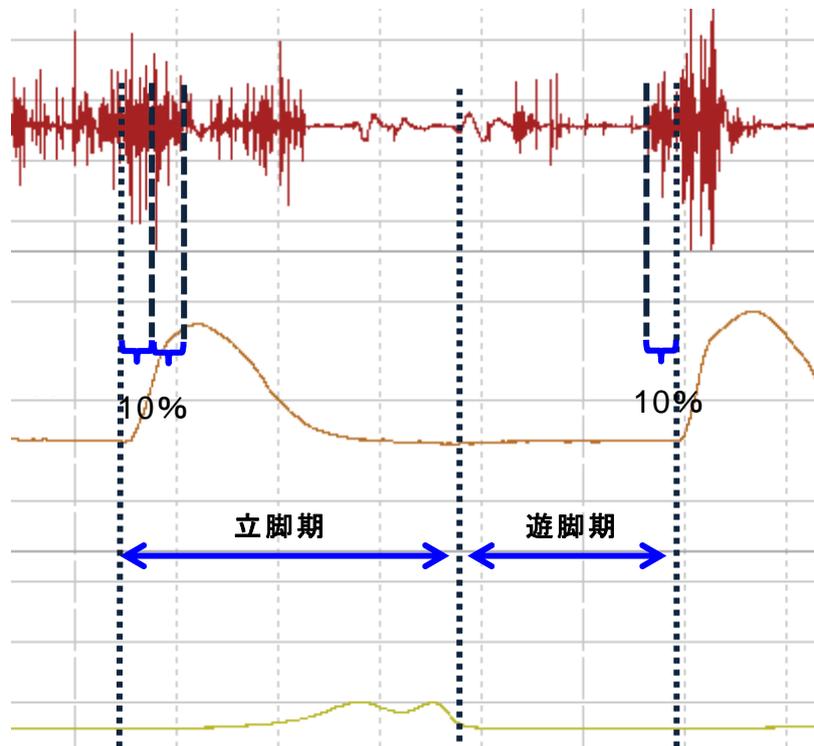


図 4. 解析方法

第 4 項 統計解析

統計解析は、小殿筋、中殿筋それぞれにおける%IEMG と MPF を各歩行周期で一元配置分散分析を行い、その後、Tukey 法の多重比較検定を行った。さらに、各歩行周期における小殿筋と中殿筋の%IEMG、MPF を対応のある t 検定で比較した。

統計解析は、IBM 社製ソフトウェア SPSS (Ver15.0) を使用して行った。なお、統計学的有意水準は全て 5%とした。

第3節 結果

第1項 筋活動量 (表3)

小殿筋の筋活動動態は、遊脚終期から踵接地直後、立脚初期にかけて上昇し、最も筋活動量が高くなりその後徐々に低下した ($p<0.01$)。この筋活動動態は中殿筋と同様であった。また、最も筋活動量が高かった立脚初期では小殿筋が 39.1%、中殿筋が 40.9%であった。

各歩行周期において小殿筋と中殿筋の筋活動量に有意な差は認められなかった。

表3. 各歩行周期における%IEMG

	遊脚期					立脚期						
	100%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
小殿筋 %IEMG	12.2	39.1	37.4	17.2	15.0	14.3	11.2	4.0	3.7	4.3	7.2	
SD	6.4	22.7	30.4	16.6	9.1	9.7	5.3	3.6	2.7	5.2	9.2	
p 値		*	*	†	†	†	†	†	†	†	†	
中殿筋 %IEMG	19.5	40.9	34.3	19.0	15.0	12.9	10.4	6.0	5.5	10.7	9.5	
SD	14.7	24.9	25.4	16.2	12.9	11.4	8.2	4.9	4.8	20.8	16.9	
p 値				†	†	†	†	†	†	†	†	

* : $p<0.05$ VS 遊脚期 100%

† : $p<0.05$ VS 立脚期 10%

第 2 項 平均周波数 (表 4)

小殿筋、中殿筋ともに踵接地直後から立脚初期において MPF が高くなったが、統計学的有意差は認められなかった。また、立脚期の 70%では、小殿筋の MPF が中殿筋よりも有意に低く ($p<0.05$)、歩行周期を通して小殿筋の方が中殿筋よりも MPF が低い傾向を示した。

表 4. 各歩行周期における MPF

	遊脚期					立脚期					
	100%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
小殿筋											
MPF	411.5	435.9	435.4	403.7	382.2	388.3	385.0	359.7	366.5	361.3	385.7
SD	75.9	57.2	44.3	56.7	80.3	47.4	62.1	59.4	83.9	77.1	65.0
p 値								*			
中殿筋											
MPF	427.4	417.3	447.4	409.9	412.6	439.0	407.2	420.9	404.6	379.4	405.6
SD	37.9	46.1	60.9	50.5	55.2	69.1	44.2	59.4	60.7	75.4	87.5

* : $p<0.05$ VS 中殿筋立脚期 70%

第4節 考察

股関節深層筋である小殿筋の機能的役割は死体標本を用いて検討されており、骨頭を求心位に保持する働きがあると考えられている^{11,12)}。そのため、変形性股関節症例で観られる Trendelenburg 兆候や Duchenne 歩行など股関節外転筋機能不全を認める場合、中殿筋だけでなく小殿筋の活動についても着目する必要がある。しかし、歩行時の筋活動を記録した多くの研究は中殿筋や大腿筋膜張筋に着目しており³¹⁾、また、中殿筋と小殿筋の分析が試みられたが、中殿筋の分析結果しか得られなかったため³²⁾、小殿筋の筋活動に関しては詳細な分析がされていない。このように、解剖学的には筋線維走行について検討されているが、機能的役割の違いについては明らかにされていない。近年、深層筋の筋活動を調べるために、ワイヤ電極を用いて腹横筋や多裂筋など今まで表面電極では計測できなかった筋の筋活動を記録した^{22,23)}報告が散見されるようになった。さらに、投球動作など早い動きに対しても筋活動の記録ができることが確認されている²¹⁾。しかし、ワイヤ電極を用いて、股関節深層筋である小殿筋の筋活動を記録し、詳細な分析を行った報告は非常に少ない。

本実験から得られた小殿筋の筋活動動態は中殿筋と同様で、立脚初期に最も活動しその後徐々に減少していた。Oi¹³⁾は、歩行中の殿筋群では小殿筋が最も活動していたと報告しているが、PET では時系列的に筋活動を分析することができない。よって、今回の結果から、各歩行周期における筋活動が明らかとなり、さらに筋電図学的に小殿筋と中殿筋の筋活動動態が同じであることが示された。また、小殿筋が最も活動していた立脚初期の筋活動量は 39.0%で、中殿筋が 40.9%とほぼ同様であった。よって、小殿筋は骨盤を水平に保持するために、中殿筋と同様に重要であることが考えられる。さらに、田原³³⁾は筋骨格シミュレーションを用いて、変形性股関節症例と健常症例の歩行中に働く股関節外転筋力を比べた結果、健常者の場合は中殿筋の方が小殿筋よりも筋力が高かったが、変形性股関節症例の場合は逆であったと報告し、健常者に対し変形性股関節症例の中殿筋筋力は約 0.76 倍で、小殿筋が約 2.1 倍であった。以上より変形性股関節症例においてはさらに小殿筋の働きが重要であることが予測される。

次に周波数解析の結果では、小殿筋の MPF が中殿筋よりも低い傾向を示していた。周波数解析から得られる MPF と運動単位の関係性は、総線維数に対してタイプ I 線維が少ないと周波数が低下するとされており²⁹⁾、低周波成分はタイプ I 線維を、高周波成分はタイプ II 線維を反映している。よって、今回歩行中に動員された筋線維タイプは、小殿筋の方が中殿筋よりもタイプ I 線維が多く動員されているのではないかと考えられる。組織学的には中殿筋の筋線維タイプに関する報告³⁴⁾は散見されるが、人の小殿筋の筋線維タイプに関する報告は我々が渉猟し得た範囲では無く、今後は組織学的側面からも研究を行っていく必要がある。さらに、小殿筋の歩行時における筋活動は前部線維と後部線維とで異なる²⁶⁾との報告もあり、今後筋線維間における機能的な違いについても周波数解析などを含めて詳細に検討していく必要がある。

最後に、本研究の限界として、対象者が健常症例であるため、跛行を認める変形性股関節症例などにおける小殿筋の機能的な役割は不明である。変形性股関節症例の小殿筋は、筋断面積が減少しているなど³⁵⁾、筋萎縮がおきていることが分かっている。よって形態学的に変化をきたしていることから、健常症例と筋活動が異なることが推察できる。今後、変形性股関節症例などに認められる跛行時における筋活動と比較をしていかななくてはならない。

第 5 節 結語

本研究は、歩行時における小殿筋の筋活動を記録し、積分筋電図解析と Wavelet 周波数解析を行い筋活動量の算出、動員されている筋線維タイプの推測を行った。その結果、小殿筋筋活動動態は中殿筋と同様であり、立脚初期に中殿筋と同等の筋活動量であったことが明らかとなった。また、動員されている筋線維タイプは中殿筋よりもタイプ I 線維が多い可能性が考えられた。

第 2 章

不安定状況下における小殿筋筋活動の比較

第 1 節 緒言

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をもたらす働きがあるとされている。PET や MRI を用いた研究では、歩行や片脚立位時には中殿筋よりも小殿筋の活動が高い¹³⁻¹⁵⁾と報告されており、変形性股関節症でみられる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。我々は小殿筋にワイヤ電極を留置し、小殿筋の筋活動を分析してきた。その結果、筋活動動態において小殿筋は中殿筋と同様であり、筋活動量が歩行立脚初期において最も大きく、中殿筋と同等であることを明らかにした。このことから、筋電図学的に小殿筋が股関節の安定に関与し、中殿筋と同等の働きをしていることが示唆された。さらに、小殿筋の筋線維の走行は、中殿筋よりも求心位方向を向いており、解剖学的にも安定性に関与していること^{11,12)}が考えられる。

臨床において人工股関節全置換術後運動療法は、歩行能力の向上を目的として行われており、単脚支持期の安定性を向上させるために片脚立位時間を延長させることを一つの指標としている。

そこで、本研究の目的は、安定平面である平地や不安定な状況下における片脚立位において小殿筋の筋活動を比較し、小殿筋が股関節の安定性に関与しているかさらに検証をすすめることである。

第 2 節 方法

第 1 項 対象

対象は、健常成人 13 名（男性 7 名，女性 6 名）で，平均年齢 21.6 歳であった．下肢疾患や腰部疾患があるものは除外をしている．倫理的配慮として吉備国際大学倫理委員会（16-24）の承認を得たのちに，研究の主旨について十分に説明し，書面での同意が得られた上で実検を行った．

第 2 項 実験方法

被検筋を小殿筋と中殿筋とし，電極の留置場所は，小殿筋が腸骨稜の midpoint と大転子を結んだ midpoint に，中殿筋が腸骨稜の midpoint より 2.5cm 遠位とした．ワイヤ電極は，ウレタンコーティングされた直径 0.1 mm のステンレス線で，先端の 0.5 mm だけコーティングを剥がし通電できるようにし，電極間距離は 2 mm になるように貼り合わせ，双極誘導ができるようにしている．1 本のワイヤ電極は 22 G のカテラン針に通した後，ガス滅菌処理をして使用した．なお，電極の留置は整形外科医が行っている．筋電図の記録は，筋電図システム WEK-K214（ユニークメディカル社製）を用い，サンプリング周波数は 2000 Hz にてパソコンに取り込んだ．

測定課題は，3 条件下での片脚立位を行った．3 条件とは，平地，AIREX(バランスマット)，BOSE(半球のバランスボール)である（図 3）．片脚立位は，ボールを蹴る脚の対側を支持脚とし 5 秒間行い記録した．



図 3. 計測課題

左図：平地片脚立位 中図：AIREX 右図：BOSE

第 3 項 解析方法

解析は片脚立位の開始と終了の 1 秒を除く 3 秒間の積分筋電図解析を行い積分値 (IEMG) を算出した。IEMG の算出には、キッセイコムテック社製の BIMUTAS を使用し、20-1,000 Hz のバンドパスフィルターを通した後に IEMG の算出をした。また、算出した積分値は、最大随意収縮時の値に対する相対値 (%IEMG) にて比較を行った。

第 4 項 統計解析

3 条件における小殿筋と中殿筋それぞれにおける筋活動量を、一元配置分散分析法を用いて比較した。その後、Tukey の多重比較検定を行った。また、3 条件にて小殿筋と中殿筋の筋活動量を対応のある t 検定で比較した。

次に、男女別に分類し 3 条件における小殿筋、中殿筋のそれぞれの比較を一元配置分散分析で行い、その後 Tukey 法の多重比較検定を行った。さらに、各条件下それぞれにおける小殿筋と中殿筋の差を対応ある t 検定で比較した。

統計学的処理は、SPSS (Ver 15.0) を使用し、有意水準は 5%未満とした。

第3節 結果

第1項 全体の%IEMG

平地での片脚立位，バランスクッション（AIREX）上での片脚立位，半球のバランスボール（BOSE）上での片脚立位とより不安定な状況になると，有意差は認めなかったが小殿筋・中殿筋ともに筋活動量が増加した。（表1）

表1. 全体の結果

		平均値	標準偏差	p 値
平地	小殿筋	29.3	15.9	n.s
	中殿筋	34.0	19.3	
AIREX	小殿筋	30.2	16.3	n.s
	中殿筋	36.9	17.1	
BOSE	小殿筋	38.7	22.1	n.s
	中殿筋	42.4	22.9	

第 2 項 男女別の%IEMG

男性女性それぞれの 3 条件下における筋活動を比べると，女性では不安定な状況が増すと小殿筋の筋活動量が有意に高くなった ($p<0.05$)。しかし，男性では特に差を認めなかった。中殿筋においては男女共に有意差を認めなかった。

また，男女の差を検定すると，BOSE での片脚立位においては小殿筋の筋活動量が男性より女性の方が有意に高くなった ($p<0.05$)。(表 2)

表 2 男女別の結果

			平均値	標準偏差	p 値
男性	平地	小殿筋	32.7	20.4	n.s
		中殿筋	30.1	20.4	n.s
	AIREX	小殿筋	32.9	17.5	n.s
		中殿筋	36.7	20.1	n.s
	BOSE	小殿筋	27.4	14.1	n.s
		中殿筋	43.9	29.3	n.s
女性	平地	小殿筋	25.4	8.5	*
		中殿筋	38.6	18.7	n.s
	AIREX	小殿筋	27.1	15.8	n.s
		中殿筋	37.2	14.7	n.s
	BOSE	小殿筋	51.9	23.4	†
		中殿筋	40.6	15.0	n.s

* : <0.05 VS 女性 BOSE 小殿筋

† : <0.05 VS 男性 BOSE 小殿筋

第4節 考察

片脚立位は転倒予防のための指標や脳卒中後における歩行能力の予測³⁶⁾などに用いられており、姿勢制御の評価方法の一つとしてリハビリテーションの様々な分野で使用されている評価方法の一つである。また、人工股関節全置換術後の機能評価として、入院中の約2割程度の患者では片脚立位が保持できない³⁷⁾とも報告されており、歩行能力の向上を目指すために、片脚立位を安定されることを目的とした運動療法は多くの施設で実施されている。

片脚立位を保持するためには、前額面上の股関節外転筋の筋活動が重要である。Kumagaiによると、片脚立位5分後の輝度変化を調べると中殿筋よりも小殿筋の方がMRIの輝度が高くなっていた¹⁵⁾と報告している。さらに、我々が行ったワイヤ電極を用いた片脚立位時の小殿筋、中殿筋の筋活動の記録でも、小殿筋の方が中殿筋よりも筋活動量が高かったこと²⁰⁾を報告している。よって、片脚立位では小殿筋が骨頭を求心位に保持し股関節の安定性に関与していることが考えられる。

今回、より不安定な状況になると、小殿筋の筋活動量は増加し、その特徴は女性に顕著に見られた。藤井によると、18～60歳までの股関節形態に異常がない754人（男性340人、女性414人）を対象に、骨盤形態を調べた結果、男性より女性の方が、CE角が小さくAHIが低いこと³⁸⁾を報告している。このことは、健常人においても臼蓋が女性では浅く、骨頭の被覆率が低いことを示している。そのため女性では特に、股関節の安定性の獲得は、筋の活動に依存しているのではないかと考えられる。片脚立位では股関節にかかる合力は体重の約3倍であり、股関節へ大きな負担をかけることになる³⁹⁾。さらに、股関節周囲筋の収縮力などからなる関節応力は上方へ働くため⁴⁰⁾、臼蓋形成不全などにより被覆率が低下している場合は臼蓋外側縁の荷重部に対してストレスが掛かると考えられ、疼痛などを助長すると思われる。しかし、小殿筋の筋作用のベクトルは求心位へ向いているため、収縮力が高ければ関節応力は内方化できると考えられる。よって片脚立位時に小殿筋の活動を高めることは、疼痛を軽減させることに繋がると考えられる。

さらに、最も不安定な状況下であるBOSE上では、男性よりも女性における小殿筋の筋活動量が著明に高かった。骨盤の形態には性差があり、女性の方が骨盤が広いため、骨頭中心から重心軸までの距離が長い。よって、骨頭中心を支点にモーメントが釣り合わないため骨盤の水平保持ができないため、女性の方がより大きい外転筋力が必要である。さらに、不安定状況下ではより骨頭を求心位に保持し安定させる必要があるため、その二つの機能的役割がある小殿筋の活動が高くなったと考えられる。

以上より、小殿筋は股関節の安定性に関与し、その役割は特に女性においては重要である。よって変形性股関節症に対する運動療法では、小殿筋の筋力強化訓練を目的としたトレーニングを行っていくことでより股関節の安定性が獲得できると考えられる。

本研究の限界として、片脚立位を保持するためには股関節機能だけでなく足関節機能や体幹筋の活動も重要であるが今回は検討が出来ていない。特に股関節と脊椎は関連性がある

り，骨盤の水平保持ができない場合，体幹などが代償することが容易に推察できる．今後は，3次元動作解析などを用いて骨盤の傾斜に関して評価を行い，さらに体幹筋の活動などを踏まえた上で検討をしていく必要がある．また，今回はあくまでも健常症例における筋活動を記録し解析しただけであり，今後は変形性股関節症例など，形態学的に不安定な場合の小殿筋筋活動を記録し解析する必要がある．

第 5 節 結語

本研究より，小殿筋は骨頭を求心位に保持し，股関節の安定性に関与している．また，この小殿筋の機能的な役割は，股関節が形態学的に安定性を獲得できない場合に顕著にみとめられると考えられる．そのため，小殿筋の筋力を向上できるような運動療法をおこなっていくことが重要であると考えられる．

第 3 章

等張性収縮における小殿筋筋活動と中殿筋筋活動 の比較

第 1 節 緒言

股関節深層筋である小殿筋は、関節の安定性に関与している⁴¹⁾。MRI や PET を用いた研究では、片脚立位や歩行後に中殿筋よりも小殿筋の方が高い活動を認めた¹³⁻¹⁵⁾と報告されている。これらから、小殿筋は片脚立位や歩行において重要な働きを担っていると考えられる。また、外転筋の筋線維走行は、中殿筋前部線維、中部線維は水平面に対しほぼ垂直に走行しており、小殿筋と中殿筋後部線維は大腿骨頸部と平行に走行している¹¹⁾。故に、今まで一般的に行われてきた中殿筋に着目しての筋力強化訓練では、寛骨臼の荷重部に対し骨頭を押し付け、ストレスを与える恐れがある。しかし、小殿筋の筋線維走行は股関節求心位方向へ向いているため、荷重部へのストレスを軽減させて外転筋の強化訓練ができる可能性があり、中殿筋に対し小殿筋を優位に筋力強化させることが重要と考えられる。

小殿筋の筋力強化訓練の方法に関連することとして、等尺性外転運動において股関節伸展 10° と外転 20° での低負荷運動により小殿筋の収縮率が高くなり、股関節伸展位、外転位のどちらかで訓練を行うことが良い⁴²⁾との報告がある。また、我々は等尺性外転運動では股関節外転 0° に比べ外転 20° で小殿筋の筋活動が高くなる⁴³⁾ことを明らかにしている。日常生活では動的な動作が多く、様々な角度での筋力発揮が必要である。等張性運動は関節運動を伴った筋力強化訓練であり、異なる角度での筋力増強効果が期待でき、臨床では多く行われている。しかし、等張性運動における小殿筋の筋活動についての報告はない。一方、加藤⁴⁴⁾は股関節疾患患者の組織学的研究から、中殿筋は病期の進行により type II 線維の萎縮を認めるため、筋線維 type を考慮したトレーニングが重要であると述べている。非侵襲的な方法で、活動している筋線維 type を評価する方法として、筋電図周波数解析がある。周波数解析で算出された平均周波数 (MPF) と筋線維構成比の関係は、総線維数に対する type I 線維が多いと MPF が低下する²⁹⁾ことが報告されており、type I 線維は低周波成分を type II 成分は高周波成分を反映していると考えられている。周波数解析は、高速フーリエ変換 (FFT) を用いて行うことが多いが、一定期間波形のばらつきがないことが前提であり、一般的には静的条件下、所謂、等尺性収縮による筋活動しか解析ができないと言われている。しかし、近年、等張性収縮など動的条件下においても wavelet 変換を用いることで周波数解析が可能である²⁸⁾ことが報告されている。

そこで本研究の目的は、ワイヤ電極を用いて等張性外転運動における小殿筋と中殿筋の筋活動を記録し、中殿筋に対し小殿筋が優位に鍛えられる方法を検討すること、また、負荷量の違いにおいて動員される小殿筋の筋線維 type の変化を検討することである。

第2節 方法

第1項 対象

対象は下肢疾患がない健常成人 14 名（男性 8 名，女性 6 名）で，平均年齢は 24.4 歳であった．また，平均身長は 170cm，平均体重は 65.9kg，平均 BMI は 22.5kg/m² であった．倫理的配慮として，高知大学医学部附属病院倫理委員会（26-29），吉備国際大学倫理委員会（14-39）で承認が得られたのちに実施した．

第2項 実験方法

被検筋を小殿筋と中殿筋とした．股関節深層筋である小殿筋は，超音波画像診断装置（MicroMaxx，SonoSite 社製）にて筋の同定を行いワイヤ電極の留置を行った．また，プローブはリニア型を用いた．ワイヤ電極はウレタンコーティングされた直径 0.1 mm のステンレス線（ユニークメディカル社製）で，先端の 0.5 mm 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 2 mm になるように貼り合わせ，双極誘導ができるようにした．1 本のワイヤ電極は 22 G 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．ワイヤ電極はカテラン針に通した後，ガス滅菌処理をして使用した．なお，ワイヤ電極の留置は整形外科医によって施行された．

等張性外転運動としては，側臥位にて股関節外転 0° から外転 20° までの運動を，メトロノームを用いて 1 分間に 60 拍のリズムで外転運動を 5 回実施した（図 4）．また，運動実施前には挙上するリズムや角度について説明し，練習した後に本実験を行った．

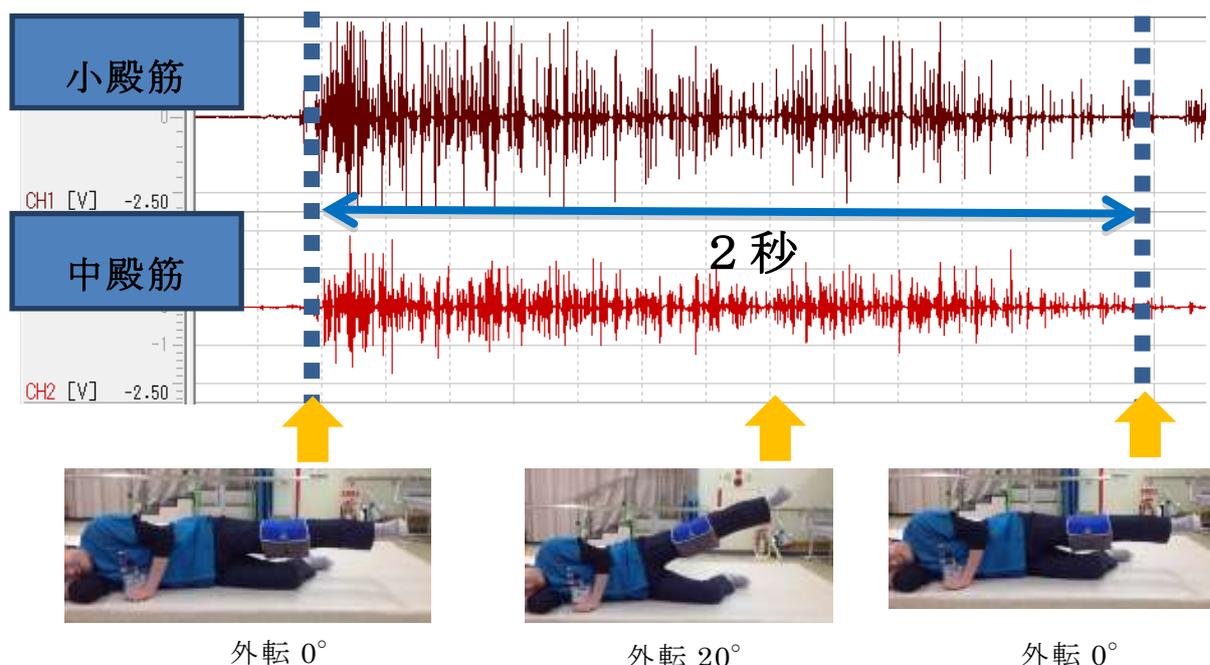


図 4. 等張性外転運動の計測方法

負荷量の設定は、股関節外転筋力の最大値を測定し、最大筋力の 20%、40%、60%とした。最大筋力の測定は、側臥位股関節外転 20° で、大腿骨遠位に Hand-held dynamometer (μ -TAS F-1, アニマ社製) をベルトで固定し計測した。また、負荷量は 0.5kg 刻みで設定しており、小数点以下が 0.25 や 0.75 未満の場合切り捨て、0.25 や 0.75 以上は切り上げとした。運動の負荷方法は、大腿骨遠位部に重錘を巻き等張性外転運動を行うものとした。

筋電図の記録においては、筋電図システム WEK-K214 (ユニークメディカル社製) を用い、サンプリング周波数は 2000 Hz にてパソコンに取り込み、記録周波数帯域を 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、その 5 回のうち波形が安定していた 3 回を解析に用いた。

第 3 項 解析方法

解析では運動開始時から 2 秒間の積分値 (IEMG) と平均周波数 (MPF) を算出した。積分値の算出には、BIMUTAS (キッセイコムテック社製) を使用し、20-1,000 Hz のバンドパスフィルターを通した後に解析を行った。また、平均周波数の解析では、数値解析ソフトウェア MATLABR2007a (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、31.25~1,000 Hz 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。

第 4 項 統計解析

統計解析では、小殿筋、中殿筋それぞれにおける各負荷量の %IEMG の比較に Tukey 法の多重比較検定を用い、各負荷量における小殿筋と中殿筋の %IEMG の比較に対応のある t 検定を用いた。さらに、小殿筋においては各負荷量の %MPF の比較に Tukey 法の多重比較検定を用いた。

統計解析は、ソフトウェア SPSS (Ver15.0) を使用して行った。なお、統計学的有意水準は全て 5% とした。

第3節 結果

第1項 筋活動量

小殿筋の各負荷量における%IEMGの結果は、負荷量20%より60%の方が有意に高かった。また、中殿筋の%IEMGにおいても同様に、負荷量20%より60%の方が有意に高い結果であった。各負荷量における%IEMGは、負荷量20%と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。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（表1）。

表1 各負荷量における%IEMG

負荷量	最大筋力 20%	最大筋力 40%	最大筋力 60%
小殿筋	40.9±15.2	49.0±19.8	54.2±27.8*
中殿筋	33.4±16.7*	41.4±13.9	42.9±15.7†‡

平均値±標準偏差

* : $p < 0.05$ VS 小殿筋最大筋力 20%

† : $p < 0.05$ VS 中殿筋最大筋力 20%

‡ : $p < 0.05$ VS 小殿筋最大筋力 60%

第2項 平均周波数

周波数解析の結果、小殿筋と中殿筋の%MPFは、各負荷量の間には有意差を認めなかった（表2）。

表2 %MPF

負荷量	最大筋力 20%	最大筋力 40%	最大筋力 60%
小殿筋	87.6±22.7	86.5±22.0	89.9±24.0
中殿筋	95.0±20.6	94.1±22.3	97.4±23.1

平均値±標準偏差

第4節 考察

今回、我々はワイヤ電極を用いて股関節深層筋である小殿筋の筋活動を記録し、等張性外転運動で中殿筋に対し小殿筋が優位に鍛えられる方法を検討した。その結果、小殿筋、中殿筋ともに、負荷量を増すことで筋活動量が増大し、かつ小殿筋の筋活動量が中殿筋よりも有意に高かった。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⁴⁵⁾が報告されており、今回我々の結果も小殿筋、中殿筋ともにこれと同様であった。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、小殿筋の活動量が中殿筋よりも高い結果となったことについて以下に述べる。等張性外転運動では徐々に外転位になるため筋は短縮し筋張力が発生しにくい状況になる。小殿筋は中殿筋に対し元々の筋長が短いため、一定張力を保つには中殿筋よりも多くの筋線維の活動が必要と考えられる。また、股関節の回転運動を引き起こすには、小殿筋の作用である骨頭を求心位に保持する働きが重要であり、小殿筋の活動が高くなったと考えられる。また、股関節外転筋の筋力強化訓練について井上⁴⁶⁾は、キアリ手術後大転子が偽関節になり外転筋力が弱い状態にあった症例では関節症変化が改善したと報告しており、外転筋群の中で最も張力が強い中殿筋を鍛えることは、逆に荷重部への負荷が大きくなりすぎ関節症変化を増悪させる可能性がある。今回、最も中殿筋の筋活動量が少ないのは最大筋力の20%の負荷量であり、さらに小殿筋が中殿筋よりも有意に高い筋活動量が得られる負荷量であるため、等張性外転運動では最も適切な負荷量であると考えられる。また、小殿筋の筋作用として内旋作用がある。Wilson⁴⁷⁾は、股関節の屈曲・伸展、内旋・外旋、外転の運動方向に抵抗運動をした場合の筋活動量を4段階で比較しており、股関節外転運動において最も活動していた heavy activity を13名中12名に認め、股関節内旋運動では、13名中7名であったと報告している。よって、小殿筋は股関節を内旋させることでさらに活動が高くなることが予測されるため、最も選択的に小殿筋を鍛える方法を明らかにするためには、今後複合運動における筋活動などを記録して比較検討をしていかななくてはならない。

今回、周波数解析の結果では、どの負荷量においても%MPFの有意な差は認められなかった。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タイプは変わらないことが推察される。周波数の変化と筋張力の関係は、筋線維タイプの占める割合によって異なり、遅筋線維が多い中殿筋では筋張力が増加しても周波数に変化がなかったことが分かっている⁴⁸⁾。遅筋線維は運動単位の活動様式が放電頻度より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おり⁴⁸⁾、このことがMPFを上昇させない要因として考えられている。今回負荷量を増やしても、小殿筋、中殿筋ともに平均周波数の上昇が認められなかったため、小殿筋は遅筋線維の割合が高いと考えられる。

本研究より，等張性外転運動での負荷量は，最大筋力の 20%に値する負荷で行うことが良いと考えられた．しかし，一般的に筋力強化をするための負荷量は最大筋力の 60%以上が必要とされており，収縮時間や頻度を工夫して実施する必要があるが今回は検討ができていない．さらに筋力強化訓練後の効果検証は行えていないため，超音波画像診断装置を用いて筋厚を測定し⁴⁹⁾，実際に筋力強化訓練を長期間行い効果検証する必要性がある．

第 5 節 結語

本研究より，等張性外転運動で小殿筋を鍛えるための負荷量としては最大筋力に対して 20%の負荷量が良いことが明らかとなった．また，小殿筋線維は遅筋線維が多いことが予測でき，そのため負荷量を増しても等張性外転運動時に動員される筋線維タイプには変化がないことが分かった．

終章

第1節 総合考察

本研究は、ワイヤ電極を用いて小殿筋と中殿筋の筋活動を記録し、歩行や片脚立位における小殿筋の機能的役割を検討し、さらに、等張性の外転運動において小殿筋を選択的に鍛えるための負荷量についての検討を行った。

本研究の積分筋電図解析の結果より、小殿筋の歩行中における筋活動動態は中殿筋と同様であり、また、最も活動していたタイミングや活動量も一緒であったことから歩行中において股関節安定性に働き、その機能的役割は中殿筋と同等であることが分かった。さらに片脚立位では特に女性においては股関節の安定性を獲得するために、小殿筋の機能が非常に重要であることが明らかとなった。また、PET や MRI など画像を用いた研究において、歩行後や片脚立位では殿筋群の中でも高かったこと¹³⁻¹⁵⁾が報告されている。以上より、これまで臨床上、外転筋機能不全は中殿筋の機能不全と考えられてきたが、小殿筋の働きについても評価をする必要があることが示唆された。特に関節形態に異常をきたしていることが多い女性においては、注意をしなければならない。ワイヤ電極は侵襲的な手法であり、理学療法士だけでは用いることはできない。非侵襲的な方法で評価するためには、筋体積、エコー下における筋輝度、CT 値⁵⁰⁻⁵²⁾など画像評価を用いていく必要がある。変形性股関節症患者の中殿筋や腹直筋は筋輝度が高いなど筋の質的な変化が起きていることなど分かっており⁵¹⁾、今後は動作と画像評価との関連性についても着目して研究を進めていく必要がある。

次に等張性外転運動における負荷量は、中殿筋の筋活動量が最も少なく、かつ中殿筋よりも小殿筋の筋活動量が高い最大筋力の20%の負荷で行うのが良いと考えられた。さらに、負荷量の変化が平均周波数に影響を及ぼさなかったことから、等張性の外転運動では負荷量に関係なく常に遅筋線維が動員されての筋力強化訓練であることが示唆された。加藤⁴²⁾は、筋線維タイプを考慮したトレーニングが必要であると報告しており、歩行中のMPFが中殿筋よりも小殿筋で低い傾向であったことから、歩行中に動員されている筋線維タイプは遅筋線維であると考えられ、等張性での外転運動であれば筋線維タイプを考慮した筋力強化訓練になると考えられる。

しかし、筋力強化訓練の効果である筋線維を太くするためには、最大筋力の60%程度の負荷量を要するといわれている。そのため、低負荷では筋肥大を得るための十分な負荷量は得られないため、運動回数や収縮時間などをさらに検討していく必要がある。また、短回旋筋群や内転筋なども求心位方向へ筋繊維が走行しており、これらの筋と同時に中殿筋が働けば、中殿筋の筋作用も垂直方向ではなく、求心位へ向けることが可能ではないかと考えられる。今後は、シュミレーションなどを用いて、股関節周期筋全体の活動を踏まえて検討していく必要がある。

第 2 節 結論（総合）

本研究では、ワイヤ電極を用いて股関節安定性に小殿筋が関与しているか筋電図学的に検討すること、さらに、小殿筋を選択的に鍛える方法について検討を行った。

第 1 章では、歩行時の小臀筋と中殿筋の筋活動を記録し、積分筋電図解析、周波数解析を行った。その結果、小殿筋と中殿筋の筋活動動態は同様であり、最大の筋活動量も同等であった。また、周波数解析では、平均周波数は小殿筋の方が中殿筋よりも低い傾向であった。以上のことから歩行時における小殿筋の筋活動は中殿筋と同等の働きをし、関節の安定性に関与していることが明らかとなった。また、動員されている遅筋筋線維は中殿筋よりも小殿筋の方が多く可能性が考えられた。

第 2 章では、平地片脚立位や不安定状況かにおける片脚立位において小殿筋筋活動を記録し、中殿筋の筋活動と比較を行った。その結果、不安定な状況が増すと小殿筋の筋活動量は増加し、また最も不安定な状況下での小殿筋筋活動量は男性より女性が上まった。以上より、小殿筋が股関節安定性に働く機能的役割は女性においてはより顕著であることが明らかとなった。

第 3 章では、第 1 章、第 2 章と小殿筋が股関節安定性に関与していることを筋電図学的に明らかとなったため、小殿筋を選択的に鍛えるための運動方法についての検討を行った。その結果、等張性外転運動では最大筋力の 20%程度の低負荷で筋力強化訓練を行うことがもっとも良いこと思われた。さらに、動員される筋線維タイプは遅筋線維であると推測でき、筋線維タイプを考慮した上での筋力強化訓練が可能であることが明らかとなった。

以上より、小殿筋は筋電図学的に股関節の安定性に関与していることが検証された。しかし、ワイヤ電極は侵襲的な方法であるため、今後は CT や MRI など画像評価を含めた上での研究を進めていかななくてはならない。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業（若手研究 B：26750188）、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われた研究であり、感謝の意を表します。

本稿を終えるあたり、研究活動及び論文作成にあたり、多大な御指導、御校閲を賜りました指導教員である吉備国際大学大学院保健科学研究科川上照彦教授に心から感謝の意を表します。論文作成にあたって御指導、御校閲を賜りました吉備国際大学大学院保健科学研究科 中角祐治先生、秋山純一先生、河村顕治先生に心から感謝いたします。また、高知大学医学部整形外科助教 岡上裕介先生には、実験に協力して頂き深く感謝致します。

最後に、本研究に協力くださった高知大学医学部附属病院リハビリテーション部スタッフ、吉備国際大学大学院生に感謝の意を表します。

【参考文献】

1. Inoue K, Wicart P, Kawasaki T, Huang J, Ushiyama T, Hukuda S, Courpied JP(2000) Prevalence of hip osteoarthritis and acetabular dysplasia in french and japanese adults. *Rheumatology* 39(7): 745-748.
2. 才藤昭, 菊池巨一(2000) 変形性股関節症の疫学—1,601例の病院受診者に対する調査. *臨床整形外科* 35(1): 47-54.
3. Jingushi S, Ohfuji S, Sofue M, Hirata Y, Itoman M, Matsumoto T, Hamada Y, Shindo H, Takatori Y, Yamada H, Yasunaga Y, Ito H, Mori A, Owan I, Fujii G, Ohashi H, Iwamoto Y, Miyanishi K, Iga T, Takahira N, Sugimori T, Sugiyama H, Okano K, Karita T, Ando K, Hamaki T, Hirayama T, Iwata K, Nakasone S(2010) Multiinstitutional epidemiological study regarding osteoarthritis of the hip in Japan. *Journal of Orthopaedic Science* 15: 626-631.
4. 石井良章, 宮坂芳郎, 河路渡(1985) 変形性股関節症の成因. *Hip Joint* 11: 110-114.
5. 変形性股関節症ガイドライン 2016(2016) 第二版, 南江堂, 東京, pp103-106.
6. Fernandes L, Storheim K, Sandvik L(2010) Efficacy of patient education and supervised exercise vs patient education alone in patients with hip osteoarthritis: a single blind randomized clinical trial. *Osteoarthritis and Cartilage* 18: 1237-1243.
7. 前山彰, 内藤正俊, 白水圭, 木山貴彦, 寺谷威, 竹山昭徳, 唐島大節, 木下浩一, 鎌田聡, 田中祥継, 加島伸浩, 森山茂章(2009) 臼蓋形成不全股における外転筋力訓練による股関節動的不安定性の変化. *Hip joint* 35: 719-721.
8. 三谷茂, 黒田崇之, 梅原憲史他(2014) 50歳以下の進行期・末期股関節症に対する保存療法. *Hip Joint* 40:70-78.
9. KAPANDJI AI(1986) カパンジー機能解剖学Ⅱ 下肢. 医歯薬出版株式会社, 東京, pp28-36.
10. Inman VT(1947) Functional aspects of the abductor muscles of the hip. *J. Bone Joint Surg Am* 29: 607-619.
11. Gottschalk F, Kourosch S, Leveau B(1989) The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *J Anat* 166: 179-189.
12. Beck M, Sledge JB, Gautier E(2000) The anatomy and function of the gluteus minimus muscle. *J Bone Joint Surg Br* 82(3): 358-63.
13. Oi N, Iwaya T, Itoh M, Yamaguchi K, Tobimatsu Y, Fujimoto T(2003) FDG-PET imaging of lower extremity muscular activity during level walking. *J Orthop Sci* 8(1): 55-61.
14. 島田裕之, 石渡喜一, 金子文成, 古名丈人, 鈴木隆雄(2008) 長時間歩行時の下肢筋の活動状態 : [18F]fluorodeoxyglucose を用いた Positron Emission Tomography による

- 検討. 理学療法学 35(6): 271-278.
15. Kumagai M, Shiba M, Higuchi F, Nishimura H, Inoue A(1997) Functional evaluation of hip abductor muscles with use of magnetic resonance imaging. J Orthop Res 15: 888-893.
 16. Jung-seok lee, Kim Tae-Ho, Kim Da-Yeon, Shim Jae-ho, Lim Jin-yong(2015) Effects of selective exercise for the deep abdominal muscles and lumbar stabilization exercise on the thickness of the transversus abdominis and postural maintenance. Journal of Physical Therapy Science 27(2): 367-370.
 17. 永井秀幸, 赤坂清和, 乙戸崇寛(2014) 下腹部引き込み動作時の下肢の位置による腹部深層筋の筋厚. 臨床スポーツ医学会誌 22(3): 506-511.
 18. Tottori N, Kurihara T, Otsuka M(2016) Relationship between lateral differences in the cross-sectional area of the psoas muscle and curve running time. Journal of Physiological Anthropology 35: 1-7.
 19. 大関純平, 深堀辰彦, 藤野洋佑(2012) 下肢動作に伴う体幹深層筋群の筋活動性の分析 Fine Wire 電極を用いた腹横筋の分析. ヘルスプロモーション理学療法研究 2(1): 27-32.
 20. 室伏祐介, 川上照彦, 福田剛一, 谷俊一, 岡上裕介(2013) 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. Hip Joint 39Suppl: 235-237.
 21. 金子文成, 増田正, 車谷洋(2003) 急速な運動の動作分析を目的としたワイヤ電極による筋電図記録方法の改良. 理学療法学 30(5): 280-287.
 22. 大久保雄, 金岡恒治(2014) バレーボールブロックジャンプ時の体幹筋活動. 日本臨床スポーツ医学会誌 22(3): 288-496.
 23. 大久保雄, 金岡恒治, 今井厚, 椎名逸雄, 辰村正紀(2011) 腰椎 Stabilization Exercise 時の四肢挙上による体幹筋活動変化. 臨床スポーツ医学会誌 19(1): 94-101.
 24. Selkowitz DM, Beneck GJ, Powers Cm(2013) Which exercises target the gluteal muscles while minimizing activation of the tensor fascia lata? Electromyographic assessment using fine-wire electrodes. J Orthop Sports Phys Ther 43(2): 54-64.
 25. Onishi H, Yagi R, Akasaka K, Momose K, Ihashi K, Hanada Y(2000) Relationship between EMG signals and force in human vastus lateralis muscle using multiple bipolar wire electrodes. Journal of Electromyography and Kinesiology 10: 59-67.
 26. Semciw AI, Green RA, Murley GS(2014) Gluteus minimus: An intramuscular EMG investigation of anterior and posterior segments during gait. Gait & Posture 39(2): 822-826.
 27. 加藤浩, 藤野英次郎, 上島隆秀, 城石晴子, 時枝美貴, 高杉紳一郎, 神宮司誠也, 野口康男, 岩元幸英(1999) 歩行解析における股関節中殿筋の質的評価の試み - wavelet 変換による動的周波数解析 -. 理学療法学 26(5): 179-186.
 28. 山田英司, 加藤浩, 宮本賢作, 田中聡, 森田伸, 田仲勝一, 乗松尋道(2003) 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－. 理学療法学 30(7): 391-396.
29. Wretling ML, Gerdle B, Henriksson-Larsen K(1987) EMG: a non-invasive method for determination of fibre type proportion. *Acta Physiol Scand*, 131(4): 627-628.
 30. 加藤浩, 神宮司誠也, 高杉紳一郎(2001) 股関節疾患患者における股関節中殿筋の組織学的・筋電図学的特徴 - 筋線維タイプと筋電図パワースペクトルとの関係 - . 理学療法学 29(6): 178-184.
 31. Schmidt A, Stief F, Lenarz K(2016) Unilateral hip osteoarthritis: Its effects on preoperative lower limb muscle activation and intramuscular coordination patterns. *Gait Posture* 45: 187-192.
 32. 武田功 (訳) (2007) ペリー歩行分析正常歩行と異常歩行. 第1版, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp65-76.
 33. 田原大輔, 澤弘樹, 辻上哲也, 百瀬たか子, 池裕之, 稲葉裕(2015) 変形性股関節症の歩行における股関節周囲筋力の個別別推定. *臨床バイオメカニクス* 36: 285-292.
 34. 江川弘光, 上好昭孝, 壇上茂人(1986) 変形性股関節症の股関節周囲筋について. *Hip Joint*, 12: 186-190.
 35. Grimaldi A, Richardson C, Stanton W(2009) The association between degenerative hip joint pathology and size of the gluteus medius, gluteus minimus and piriformis muscles. *Man Ther* 14: 605-610.
 36. 蟻川小百合, 菅井芳郎, 平石恒男, 遠藤文雄(1999) 脳卒中患者の立位保持能力, 片脚立位能力, 起立能力からみた歩行の予後: 入院時に歩行要介助者を対象として. 理学療法学 26(7): 283-288.
 37. 外川慎吾, 宗村和幸, 北原洋(2014) 小侵襲人工関節全置換術における機能成績. *Hip Joint* 40: 143-144.
 38. 藤井玄二, 桜井実, 船山完一, 星秀夫, 久米田秀光(1994) 日本人成人骨盤の形態を示す X線像の計測値. *東北整形外科紀要* 36(2): 241-245.
 39. 標準整形外科第12版. 医学書院, 東京, 2015, pp604-606.
 40. 元田英一, 鈴木康雄, 金井章(2003) 【下肢再建術と歩行機能の解析】筋骨格コンピュータモデルと三次元剛体バネモデルによる股関節の解析. *関節外科* 22(2): 147-158.
 41. KAPANDJI AI(1986) カパンジー機能解剖学Ⅱ下肢. 医歯薬出版株式会社, 東京, pp40-41.
 42. 平尾利行, 佐久間考志, 妹尾賢和, 阿戸章悟, 老沼和弘, 白土英明(2009) 股関節深層筋トレーニングに関する検討 - 超音波画像診断装置を用いて - . *Hip joint* 35: 62-65.
 43. 室伏祐介, 榎勇人, 川上照彦(2012) 変形性股関節症に対する理学療法. *高知県理学療法* 19: 15-23.
 44. 加藤浩, 神宮司誠也, 新小田幸一, 吉村理(2003) 股関節中殿筋の組織学的・筋電図学的研究と理学療法 廃用性筋萎縮の非侵襲的評価. *理学療法* 20(7): 734-743.

45. 池添冬芽, 市橋則明, 万久里知美(2001) 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 16(2): 62-70.
46. 井上明生(2004) 変形性股関節症の治療における常識の嘘. 骨・関節・靭帯 19(7): 967-970.
47. Wilson GL, Capen EK, Stubbs NB(1976) A fine-wire electromyographic investigation of the gluteus minimus and gluteus medius muscles. Res Q 47(4), 824-828.
48. 加藤浩, 藤野英次郎, 上島隆秀, 城石晴子, 時枝美貴, 高杉紳一郎, 林和生(1998) 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 25(7): 425-431.
49. 今田健, 加藤浩(2008) 変形性股関節症における単関節, 多関節運動を重視したエクササイズが関節可動域, 筋力, 片脚立位及び歩行に与える影響. 理学療法科学 23(4): 521-527.
50. Ikezoe T, Mori N, Nakamura M(2011) Atrophy of the lower limbs in elderly women: Is it related to walking ability. Eur J Appl Physiol 111: 989-995.
51. Inan M, Alkan A, Harma A, Ertem K(2005) Evaluation of the gluteus medius muscle after a pelvic support osteotomy to treat congenital dislocation of the hip. JBJS, 87(10): 2246-2252.
52. Fukumoto Y, Ikezoe T, Tateuchi H, Tsukagoshi R, Akiyama H, So K, Kuroda Y, Yoneyama T, Ichihashi N(2012) Muscle mass and composition of the hip, thigh and abdominal muscles in women with and without hip osteoarthritis. Ultrasound Med Biol 38(9), 1540-1545.
53. 林達也, 千葉哲也, 鈴木圭介, 松原正明, 野木圭介, 木村晶理, 長束由里, 加瀬雅士, 高橋晃(2014) 人工股関節全置換術患者における股関節外転筋の量的・質的变化. Hip Joint 40Supple, 85-88.