不安定面における小殿筋筋活動の分析

Analysis of Gluteus Minimus Muscle Activity during Single Leg Stance on Unstable Surfaces

室伏 祐介¹⁾ 川上 照彦²⁾ 伊藤 創³⁾

YUSUKE MUROFUSHI, RPT, PhD¹⁾, TERUHIKO KAWAKAMI, MD, PhD²⁾, HAZIME ITO, RPT³⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Makuhari Human Care, Tohto University: 1-1 Hibino, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-0021, Japan TEL +81 43-273-1111 E-mail: ptyusuke1113@gmail.com

²⁾ Graduate School of Health Sciences, Kibi International University

³⁾ Department of Rehabilitation, Hamawaki Orthopaedic Clinic

Rigakuryoho Kagaku 34(6): 731-734, 2019. Submitted May 7, 2019. Accepted Jun. 21, 2019.

ABSTRACT: [Purpose] The activities of the gluteus minimus during single leg stance on flat and unstable surfaces were compared to electromyographically examine whether the muscle contributes to hip joint stability. [Participants and Methods] Fine-wire electrodes were attached to the gluteus minimus and gluteus medius of 13 healthy adults (7 males and 6 females) to measure the activities of these muscles during single leg stance on a flat surface, AIREX®, and BOSE®. [Results] Gluteus minimus muscle activity increased among females when standing on BOSE® as a surface with the most unstable weight-bearing area. Furthermore, the level of such activity when standing on BOSE® was higher among females than among males. [Conclusion] In females compared with males, the femoral head is less covered by the acetabulum, and the distance from the gravity line to the center of the femoral head is longer, resulting in instability. Based on this, the level of gluteus minimus muscle activity may have been higher among females than among males to more effectively maintain their hip joint stability. The results suggest that the gluteus minimus plays an important role in maintaining hip joint stability.

Key words: gluteus minimus, fine-wire electromyography, single leg stance

要旨:〔目的〕平地や不安定面での片脚立位にて小殿筋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を筋電図学的に検証することである。〔対象と方法〕健康成人13名(男性7名, 女性6名)を対象に小殿筋と中殿筋にワイヤ電極を留置し, 平地, AIREX®上, BOSE®上で片脚立位を行い小殿筋と中殿筋の評価をした。〔結果〕女性では平地に比べ最も支持面が不安定であるBOSE®上において小殿筋筋活動が増加した。また, BOSE®上では男性に比べ女性で活動量が多かった。〔結語〕女性は男性に比べ臼蓋による骨頭の被覆が少なく, 重心線から骨頭中心までの距離も長く不安定である。よって, 股関節の安定性を保つために小殿筋の筋活動量が男性よりも高かったと思われる。小殿筋は股関節の安定性に重要な働きをしていることが示唆された。

キーワード: 小殿筋, ワイヤ筋電図, 片脚立位

¹⁾ 東都大学 幕張ヒューマンケア学部 理学療法学科: 千葉県千葉市美浜区ひび野1-1 (〒261-0021) TEL 043-273-1111

²⁾ 吉備国際大学 保健科学研究科

³⁾ 医療法人社団おると会 浜脇整形外科病院

I. はじめに

日本人の変形性股関節症は80%以上が発育性股関節形成不全によるものである。発育性股関節形成不全では、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う骨頭内圧の上昇や関節唇の断裂などを生じ疼痛が引き起こされる。よって、股関節の安定性を向上させることが重要である。

股関節の安定性には、骨頭と臼蓋の適合性や関節包・靱帯、股関節周囲筋の働きが重要である。特に小殿筋の筋線維は大腿骨頸部と平行に走行しており、骨頭を求心位に保持をさせ、股関節の安定性に関与していると考えられる¹⁾。さらに小殿筋の機能的な役割に関しては、歩行時に殿筋群のなかで最も働いていたことや²⁾、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magnetic resonance imaging（以下、MRI）の輝度が高くなっていった³⁾と報告されており、小殿筋が股関節の安定性に関与していることがわかる。また、歩行中の立脚期においては男性よりも女性の方が小殿筋の筋活動量が高い⁴⁾と報告があり、性別により小殿筋の機能的役割は異なるのではないかと推察される。以上より股関節の安定性を獲得するためには、小殿筋の活動は重要と考えられる。さらに不安定面において小殿筋の活動が高くなるのであれば、より小殿筋が股関節の安定性に関与しているものと考えられ、また安定性への関与には性差があるのではないかと仮説をたてた。

小殿筋に関する多くの報告²⁻⁴⁾は、MRI、positron emission tomography（PET）、筋骨格シミュレーションなどを用いて行われているため、動作中における活動を記録した報告ではない。よって、実際に小殿筋の筋活動を記録した報告は少ない。その要因としては、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、筋電図学的に分析することが難しいからである。近年、深層筋に関する研究として、ワイヤ電極を用いての報告が散見され、投球動作やジャンプなど急速な運動時の筋活動^{5,6)}や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⁷⁾などが解析されており、動作時における詳細な解析が可能である。

そこで、本研究の目的は、安定平面である平地や不安定面での片脚立位においてワイヤ電極を用いて小殿筋の筋活動を記録・分析し、小殿筋の股関節安定性への関与を性差も踏まえて筋電図学的に検証することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、健康成人13名（男性7名、女性6名）で、

年齢 22 ± 1.2 歳（平均 $\pm$ 標準偏差）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。倫理的配慮として吉備国際大学倫理委員会の承認（16-24）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うえで実験を行った。

2. 方法

被検筋は片脚立位を保持するために重要な股関節外転筋とした。骨頭を求心位に保持する働きがあると考えられている小殿筋と、一般的に骨盤の水平保持に関与している中殿筋の筋活動を記録した。筋電図の記録はボールを蹴る脚の対側の筋で行った。ワイヤ電極の留置方法は、筋電図のための解剖学ガイド⁸⁾を参考にした。電極の留置部位は、小殿筋が腸骨稜の midpoint と大転子を結んだ中間点で、カテラン針を骨盤まで挿入した後に針だけを抜きとることで、ワイヤ電極を至適筋内に留置した。また、超音波画像診断装置にて、カテラン針先端が小殿筋まで到達していることを確認した。中殿筋は腸骨稜の midpoint より 2.5 cm 遠位とした。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 のステンレス線である。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、双極誘導が可能である。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、整形外科医が電極の刺入・留置を施行した。

測定課題は、3条件下での片脚立位とした。3条件とは、平地、AIREX[®]（バランスパッド）、BOSE[®]（半球のバランスボール）である（図1）。片脚立位はボールを蹴る脚を股関節屈曲 90°、外転 0°で前方に挙上して5秒間行い筋電波形を記録した。また、最大随意収縮時の筋活動量を側臥位、股関節外転 20°で記録した。

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

図1 測定課題

左図：片脚立位，中図：AIREX[®]，右図：BOSE[®]。

2000 Hz にて解析用 PC に取り込み分析した。

解析方法は、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（以下、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、20～1000 Hz のバンドパスフィルターを通した後に全波整流を行い、IEMG を求めた。また算出された IEMG 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。

統計は、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、その後、Tukey 法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、男性と女性に分け 3 条件の小殿筋、中殿筋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、各条件下における小殿筋と中殿筋の差を対応のある t 検定で比較し、男性、女性それぞれにおける中殿筋、小殿筋の筋活動量の差は対応のない t 検定で比較を行った。統計処理は、SPSS (Ver 15.0, IBM 社製) を使用し、有意水準は 5% とした。

III. 結 果

3 条件における小殿筋と中殿筋の筋活動量は、平地、AIREX® 上、BOSE® 上それぞれにおいて有意差を認めなかった（表 1）。

次に男性と女性に分け 3 条件下における筋活動を比べると、平地に比べ BOSE® では小殿筋の筋活動量が有意に高くなった ($p < 0.05$)。しかし、男性では有意差を認

めなかった。中殿筋においては男女とも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）。

IV. 考 察

今回女性においては、より不安定な状況下での片脚立位を行うことで小殿筋の筋活動量が増加した。藤井らは 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 center edge (CE) 角が小さく acetabular head index (AHI) が低いこと⁹⁾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、筋の活動に影響されるのではないかと考えられる。片脚立位での股関節にかかる合力は体重の約 3 倍であり¹⁰⁾、股関節へ大きな負担をかけることになる。さらに、股関節周囲筋の収縮力からなる関節応力は上方へ働くため¹¹⁾、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、片脚立位時に小殿筋の活動を高めることは、関節の安定性に寄与し、疼痛を軽減させることにつながると思われる。

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、骨盤腔は男性よりも女性の方が広いため、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吊り合わないと骨盤の保持ができないので、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。小殿筋筋活動の向上を目的とした、

表 1 3 条件における小殿筋と中殿筋の筋活動量

	平地	AIREX®	BOSE®
小殿筋	29.3 ± 15.9	30.2 ± 16.3	38.7 ± 22.1
中殿筋	34.0 ± 19.3	36.9 ± 17.1	42.4 ± 22.9

平均値 ± 標準偏差。AIREX®：バランスパット、BOSE®：半球のバランスボール。

表 2 男女別による 3 条件での小殿筋と中殿筋の筋活動量

		平地	AIREX®	BOSE®
男性	小殿筋	32.7 ± 20.4	32.9 ± 17.5	27.4 ± 14.1
	中殿筋	30.1 ± 20.4	36.7 ± 20.1	43.9 ± 29.3
女性	小殿筋	25.4 ± 8.5*	27.1 ± 15.8	51.9 ± 23.4†
	中殿筋	38.6 ± 18.7	37.2 ± 14.7	40.6 ± 15.0

平均値 ± 標準偏差。AIREX®：バランスパット、BOSE®：半球のバランスボール。*：<0.05 (vs 女性 BOSE® 小殿筋)，†：<0.05 (vs 男性 BOSE® 小殿筋)。

不安定な状況下での片脚立位訓練などの運動療法を行うことで、より股関節の安定性を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できていない。特に股関節と脊椎は関連性があり、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うえ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いての筋活動を記録し解析しただけであり、今後はレントゲン写真を用いて股関節の形態に関して詳細に評価し、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。

利益相反 開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Gottschalk F, Kourosh S, Leveau B: The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *J Anat*, 1989, 166: 179-189.
- 2) Oi N, Iwaya T, Itoh M, et al.: FDG-PET imaging of lower extremity muscular activity during level walking. *J Orthop Sci*, 2003, 8: 55-61.
- 3) Kumagai M, Shiba N, Higuchi F, et al.: Functional evaluation of hip abductor muscles with use of magnetic resonance imaging. *J Orthop Res*, 1997, 15: 888-893.
- 4) 戸田晴貴, 長野明紀, 羅 志偉・他: 歩行中の下肢筋張力における性差. *理学療法科学*, 2016, 31: 37-42.
- 5) 金子文成, 増田 正, 車谷 洋・他: 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. *理学療法科学*, 2003, 30: 280-287.
- 6) 大久保雄, 金岡恒治: 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*, 2014, 22: 288-496.
- 7) Selkowitz DM, Beneck GJ, Powers CM: 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*, 2013, 43: 54-64.
- 8) Perotto AO: 筋電図のための解剖学ガイド—四肢・体幹—. 栢森良二(訳), 西村書店, 新潟, 1997, pp196-199.
- 9) 藤井玄二, 桜井 実, 船山完一・他: 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*, 1992, 36: 241-245.
- 10) 山本真秀, 山田拓実: 片脚立位時の股関節骨頭合力に対する姿勢変化と杖の影響: 三次元運動解析装置による体重心の算出. *東京保健科学学会誌*, 2002, 5: 18-25.
- 11) 元田英一, 鈴木康雄, 金井 章: 【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*, 2003, 22: 147-158.