

人工股関節全置換術後早期の姿勢移行課題における 筋活動パターンについて

Muscle Activation Patterns during Posture Transition in Patients Shortly after Total Hip Arthroplasty

小林 巧¹⁾ 山中 正紀^{1,2)} 神成 透³⁾ 堀内 秀人⁴⁾

TAKUMI KOBAYASHI¹⁾, MASANORI YAMANAKA^{1,2)}, TORU KANNARI³⁾, HIDETO HORIUCHI⁴⁾

¹⁾ Hokuto Endowed Chair in Prevention of Joint Disease, Faculty of Health Sciences, Hokkaido University: N-12, W-5, Kita-ku, Sapporo-shi, Hokkaido 060-0812, Japan. TEL+81 11-706-3392 E-mail: t-kobayashi@hs.hokudai.ac.jp

²⁾ Department of Rehabilitation Science, Faculty of Health Sciences, Hokkaido University

³⁾ Department of Rehabilitation, Hokkaido Orthopaedic Memorial Hospital

⁴⁾ Rehabilitation Center, NTT East Corporation Sapporo Hospital

Rigakuryoho Kagaku 29(5): 771-774, 2014. Submitted Apr. 14, 2014. Accepted May 28, 2014.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to investigate the muscle activation patterns during posture transition in patients shortly after total hip arthroplasty (THA) in order to understand their postural control mechanisms. [Subjects] The subjects were 9 THA patients. [Methods] The subjects performed posture transition from double leg stance to single leg stance and the onsets of muscle activity were measured using an electromyograph. [Results] The onset of muscle activity in the operated limb of the biceps femoris was significantly later in the eyes open and closed states, and that of the adductor longus was significantly faster in the eyes closed state. [Conclusion] THA patients may preserve postural stability by using a strategy that is different on the operated side from that on the non-operated side.

Key words: total hip arthroplasty, posture transition, muscle activation pattern

要旨:〔目的〕人工股関節全置換術（total hip arthroplasty : THA）後早期の姿勢移行課題時の筋活動パターンについて調査し、姿勢制御機構について理解することとした。〔対象〕術後4週のTHA患者9名とした。〔方法〕片脚立位動作を視覚条件（開眼および閉眼）と測定肢条件（術側および非術側）の下で行わせ、筋電図を用いて測定される下肢筋の筋活動開始時間を各条件間で比較した。〔結果〕大腿二頭筋の筋活動開始時間は開眼および閉眼条件ともに、非術側に比べ術側で有意に遅延した。また、長内転筋の筋活動開始時間は閉眼条件でのみ非術側に比べ術側で有意に早かった。〔結語〕THA患者は術側と非術側で異なる戦略を用いて姿勢安定性を図っている可能性がある。

キーワード: 人工股関節全置換術, 姿勢移行課題, 筋活動パターン

¹⁾ 北海道大学大学院 保健科学研究所 北斗関節機能障害予防学寄附分野: 北海道札幌市北区北12条西5丁目 (〒060-0812) TEL 011-706-3392

²⁾ 北海道大学大学院 保健科学研究所 機能回復学分野

³⁾ 北海道整形外科記念病院

⁴⁾ NTT 東日本札幌病院

I. はじめに

変形性股関節症は成人の股関節疾患の中で最も頻度の高い疾患であり、年々増加する傾向にある。したがって、それに伴い人工股関節全置換術 (total hip arthroplasty: THA) の施行される症例も、増加していくことが予想されている¹⁾。ここ数十年で最も成功した手術方法の一つである THA について、最小侵襲手術などの手術手技の向上やインプラントの良好な生存率²⁾が報告され、この治療による早期の退院が可能となっている。

THA の問題点として、手術後早期の機能障害については、股・膝関節周囲筋の筋力低下^{3,4)}、トレンドレンブルグ徴候やデュシェンヌ徴候などの異常アライメント⁵⁾、歩行時立脚期後期の股関節伸展減少⁶⁾などと、筋力、アライメントあるいは歩容異常の多数の報告がなされている。しかし、姿勢制御に関するものは少ない。Judd ら³⁾は THA 後 1 ヶ月の時点で、片脚立位時間が健常者と比較し低値を示すことを報告している。また、Lugade ら⁷⁾は歩行時の姿勢動揺、歩幅および術側の立脚時間は術後 16 週で術前より改善するも術後 6 週では変化しないことを報告している。これらの報告のように手術後早期では姿勢制御の低下がみられるが、THA 後の姿勢制御のメカニズムについては不明な点が多い。

姿勢の維持には神経筋制御による適応が必要である。障害によって引き起こされる非効率的な神経筋制御は様々な状況下における外乱に対して十分適応できない可能性がある⁸⁾。この神経筋制御の評価法の一つに筋電図による分析がある。これまで、筋電図を用い、THA 後の神経筋制御について検討した報告⁹⁾は散見されるものの、いずれも股関節のみに焦点を当てており、下肢多関節にわたる筋活動パターンを調査した報告はない。

両脚立位から片脚立位への姿勢移行動作は筋骨格系障害の患者に対する臨床上の評価や治療において頻繁に使用される課題である。また、閉眼での動作はより困難な課題となり、姿勢制御の変化を評価するのに有用なツールである。本研究の目的は、両脚立位から片脚立位の姿勢移行課題を用いて、開眼および閉眼条件の下、下肢筋の筋活動から得られる筋活動開始時間を術側と非術側で比較することで、THA 患者における手術後早期の姿勢制御機構について理解することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は THA を施行し、術後 4 週が経過した患者 9 名 (全例女性) とした。年齢の平均 $\pm$ 標準偏差は 61.8 ± 9.8 歳、身長は 149.9 ± 7.1 cm、体重は 53.5 ± 8.1 kg、BMI は 23.8 ± 2.9 であった。両側の変形性股関節症と診断された者 2 名、片側の変形性股関節症と診断された

者 7 名であった。全例初回の THA であり、術式は同一術者の施行による後側方アプローチであった。使用機種は Exeter 人工股関節システム (stryker 社製) であった。除外基準は、術後 4 週の時点で、脚長差が 1 cm 以上の者、対側の股関節および下肢の他の関節に visual analog scale で 20 mm 以上の疼痛を有する者、支持なしで 3 秒以上の片脚立位保持が不可能な者および BMI が 40 以上の者とした。なお、実験に際して、各対象者には研究内容と方法に関する十分な説明を行ない、本研究参加の同意を得た。

2. 方法

測定は、術後 4 週が経過した時点で実施した。測定肢位は、頭位を正しく保った上で固視点を注視させ、両下肢ともに裸足にて大転子の位置に足部外側ラインが一致するように開脚した立位姿勢とし、両上肢を対側に位置させた状態とした。開眼および閉眼の 2 条件で、術側および非術側についてランダムな順に課題を実行させた。施行動作は音刺激開始後すぐに下肢を挙上させ片脚立位をとるものとした。開閉眼の各条件のもとでの施行動作回数をそれぞれ 3 回とした。表面筋電図の測定には 8 チャンネルの筋電計 (TeleMyo 2400 G2, Noraxon 社製) を使用し、サンプリング周波数を 1,500 Hz、バンドパスフィルターを 10~500 Hz とした。導出筋は支持側の大殿筋、中殿筋、長内転筋、外側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および外側腓腹筋とした。電極 (Blue Sensor SP, Ambu 社製) は、筋腹中央に筋の長軸方向に沿って、電極中心間距離 2 cm で貼付した。基準電極は大転子上に貼付した。これらの電極の貼付位置は Perotto の方法に準じた¹⁰⁾。筋電図生データは全波整流した後、移動平均幅 50 ms にて平滑化した。音刺激開始時間を 0 ms と定義し、音刺激開始直前の安静立位 -50~0 ms における各筋の平均筋活動量を算出した。音刺激開始後、各筋に対して安静時の平均筋活動量の 3SD の範囲を越えた最初の時間を筋活動開始時間と定義した。また、挙上側母趾と踵部にフットスイッチを取り付け、音刺激開始後、母趾および踵部の両方が床面より挙上した時間 (以下、下肢挙上開始時間) を測定した。各測定条件について 3 試行分の平均値と標準偏差を算出し、解析に用いた。

統計処理として、各筋の筋活動開始時間および下肢挙上開始時間に対し、視覚条件 (開眼および閉眼) と測定肢条件 (術側および非術側) の 2 要因による二元配置分散分析を行った。有意な主効果もしくは交互作用が認められた場合、多重比較検定として Bonferroni 法を使用した。分析には SPSS ver21.0 (IBM 社製) を用い、有意水準は 5% とした。

III. 結果

条件ごとの筋活動開始時間の平均値と標準偏差を表1に示す。分散分析の結果、測定肢条件において有意な主効果を認めた。開眼では、術側の大腿二頭筋の筋活動開始時間 (0.59 ± 0.16 s) は非術側 (0.43 ± 0.16 s) と比較して有意に高値を示した ($p=0.045$)。その他の筋の筋活動開始時間および下肢挙上開始時間には有意な差が認められなかった。閉眼では、術側の長内転筋の筋活動開始時間 (0.59 ± 0.26 s) は非術側 (0.91 ± 0.45 s) と比較して有意に低値を示した ($p=0.046$)。また、術側の大腿二頭筋の筋活動開始時間 (0.64 ± 0.34 s) と下肢挙上開始時間 (1.13 ± 0.42 s) は非術側 (それぞれ, 0.33 ± 0.15 s, 0.81 ± 0.15 s) と比較して有意に高値を示した (それぞれ, 各 $p=0.037$, 0.030)。その他の筋の筋活動開始時間には有意な差が認められなかった。分散分析の結果、視覚条件において有意な主効果を認めず、全ての筋の筋活動開始時間と下肢挙上開始時間において開眼と閉眼で有意な差を認めなかった。

IV. 考察

片脚立位は日常生活における機能的動作の一つであり、片脚立位での保持時間やアライメント評価は歩行などの立位動作における代償メカニズムの発生機序の理解に役立つ。両脚立位から片脚立位への移行動作では、足部が離床する前に筋活動が開始する。この筋活動はフィードフォワード制御とみなされ、運動制御に重要な役割を果たす¹¹⁾。フィードフォワード制御は反射経路の内在的遅延の代償に重要であり、運動によって誘発される平衡異常を最小にする。このような筋活動はストレスがかかる前に下肢の位置を制御し、筋の反応性を高めることで動的安定性を供給する¹²⁾。そのため姿勢移行課題を用

いて下肢筋の筋活動パターンを評価することはTHA後の姿勢制御を理解するのに重要である。

開眼および閉眼の両条件において、非術側と比較して術側の大腿二頭筋の筋活動開始時間は有意に遅延していた。足関節捻挫を有する者において、Bullock-Saxton¹³⁾は、非荷重位での股関節伸展運動において、健常者と比較して大殿筋の筋活動開始時間が遅延することを報告している。一方で、BeckmanとBuchanan¹⁴⁾は、立位での急激な足関節内反動揺を与えた時、健常者と比較して大殿筋の筋活動開始時間が早くなることを報告している。THAを施行した患者においても、障害に対する適応としての筋活動パターンの変化が起きた可能性が推察される。Kangら¹⁵⁾とSakamotoら¹⁶⁾は健常者において、腹臥位での股関節伸展運動時の体幹および下肢筋の筋活動開始時間について調査し、ハムストリングスの筋活動開始時間は他の筋と比較して有意に早いことを報告しており、ハムストリングスは運動開始前の姿勢安定化の役割を果たしていると述べている。THA患者の術側では大腿二頭筋による運動開始前の姿勢安定化のための神経筋制御能力が非術側よりも低下している可能性のあることが推察される。また、HoskinsとPollard¹⁷⁾は大殿筋の活動抑制により、ハムストリングスは二関節筋としての膝-股関節間の力の伝達の役割よりも股関節伸展筋として筋張力を発揮することを報告している。THAを施行した患者では、大腿二頭筋が運動開始前の姿勢安定化としてよりも、手術もしくは術前からの股関節周囲筋の機能低下を代償するために、直接的に運動や姿勢維持に関与しているのかもしれない。

閉眼でのみ非術側と比較して術側の下肢挙上開始は有意に遅延していた。このことから、対象者にとって術側支持の姿勢移行課題は視覚の遮断により、より困難な課題になるといえる。また、非術側と比較して術側の長内転筋の筋活動開始は有意に早かった。腰痛症患者では歩

表1 開眼および閉眼のそれぞれの条件における非術側と術側の間での各筋の筋活動開始時間と下肢挙上開始時間の比較

	開眼		閉眼	
	非術側	術側	非術側	術側
大殿筋	0.61 ± 0.17	0.65 ± 0.27	0.59 ± 0.15	0.70 ± 0.42
中殿筋	0.55 ± 0.13	0.51 ± 0.13	0.50 ± 0.16	0.50 ± 0.17
長内転筋	0.69 ± 0.26	0.62 ± 0.30	0.91 ± 0.45	$0.59 \pm 0.26^*$
外側広筋	0.41 ± 0.27	0.56 ± 0.23	0.56 ± 0.19	0.67 ± 0.46
大腿二頭筋	0.43 ± 0.16	$0.59 \pm 0.16^*$	0.33 ± 0.15	$0.64 \pm 0.34^*$
前脛骨筋	0.27 ± 0.06	0.37 ± 0.25	0.25 ± 0.11	0.43 ± 0.30
外側腓腹筋	0.50 ± 0.06	0.53 ± 0.20	0.54 ± 0.11	0.54 ± 0.26
下肢挙上開始時間	0.81 ± 0.15	0.87 ± 0.20	0.81 ± 0.15	$1.13 \pm 0.42^*$

平均値 $\pm$ 標準偏差, 単位: 秒.

* $p<0.05$, 開眼および閉眼条件における非術側と術側の比較.

行中の大殿筋の筋活動開始の遅延が観察され、この大殿筋の発火の遅れを代償するためにハムストリングスの筋活動開始が早くなることが報告されている¹⁸⁾。固有感覚情報の入力に関して、ある局所が障害されるとそこからの入力を減少させ、信頼性の高い他の局所からの入力を増加させる代償機構が働くと考えられている¹⁹⁾。閉眼において、THA患者の術側では、視覚情報の遮断や術側で観察された大腿二頭筋の筋活動開始の遅れを代償する方法の一つとして、長内転筋の筋活動開始を早めて、姿勢安定性を図っているのかもしれない。股関節内転筋群は股関節の安定性に重要であり、片脚荷重時の骨盤の支持側への移動と大腿骨の直立化に貢献している。両脚立位から片脚立位への移行動作では、まず骨盤を支持脚側に移動させて重心を支持基底面内におき、支持脚の股関節を内転位にする。この時、主に支持脚以外の身体が荷重側の股関節を内転方向に動かす力となるが²⁰⁾、より不安定な閉眼状況では長内転筋の筋活動開始を早めて移行動作の安定性を図っている可能性が推察される。

本研究の限界として、非術側の筋活動パターンが健康なものなのか、術側の手術の影響によるものなのか、あるいは数年にわたる障害により学習されたものなのか結論付けることが出来ないことが挙げられる。今後は、健康者あるいは術前との比較を行い、手術による影響について明確にする必要がある。

結論として、THAを施行した患者における両脚立位から片脚立位移行課題において、開眼では術側の大腿二頭筋の筋活動開始時間の遅れが、また、閉眼では術側の大腿二頭筋の筋活動開始時間の遅れおよび長内転筋の筋活動開始時間が早くなることが観察された。これらの結果より、THAを施行した患者では、局所での神経筋制御が低下するも、より困難な状況ではそれを代償する反応によって姿勢動揺に対する安定性が図られている可能性が推察された。非術側の筋活動パターンの変化が立位動作時の姿勢制御や歩行安定性の障害に影響する可能性もあるため、今後はパフォーマンスに与える影響などについて調査し、THA後の姿勢制御についてさらなる検討が必要である。

引用文献

- 1) Kurtz S, Ong K, Lau E, et al.: Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*, 2007, 89(4): 780-785.
- 2) Löwenhielm G, Hansson LI, Kärrholm J: Fracture of the lower extremity after total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1989, 108(3): 141-143.
- 3) Judd DL, Dennis DA, Thomas AC, et al.: Muscle strength and functional recovery during the first year after THA. *Clin Orthop Relat Res*, 2014, 472(2): 654-664.
- 4) Rasch A, Dalén N, Berg HE: Muscle strength, gait, and balance in 20 patients with hip osteoarthritis followed for 2 years after THA. *Acta Orthop*, 2010, 81(2): 183-188.
- 5) Pospischill M, Kranzl A, Attwenger B, et al.: Minimally invasive compared with traditional transgluteal approach for total hip arthroplasty: a comparative gait analysis. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(2): 328-337.
- 6) Perron M, Malouin F, Moffet H, et al.: Three-dimensional gait analysis in women with a total hip arthroplasty. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2000, 15(7): 504-515.
- 7) Lugade V, Klausmeier V, Jewett B, et al.: Short-term recovery of balance control after total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 466(12): 3051-3058.
- 8) Anderson K, Behm DG: The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Med*, 2005, 35(1): 43-53.
- 9) Long WT, Dorr LD, Healy B, et al.: Functional recovery of noncemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 1993, 288: 73-77.
- 10) Perotto AO: Anatomical guide for the electromyographer: the limbs and a trunk (third edition). Thomas CC, Springfield, 1994, pp152-217.
- 11) Leonard JA, Brown RH, Stapley PJ: Reaching to multiple targets when standing: the spatial organization of feedforward postural adjustments. *J Neurophysiol*, 2009, 101(4): 2120-2133.
- 12) DeMont RG, Lephart SM: Effect of sex on preactivation of the gastrocnemius and hamstring muscles. *Br J Sports Med*, 2004, 38(2): 120-124.
- 13) Bullock-Saxton JE: Local sensation changes and altered hip muscle function following severe ankle sprain. *Phys Ther*, 1994, 74(1): 17-31.
- 14) Beckman SM, Buchanan TS: Ankle inversion injury and hypermobility: effect on hip and ankle muscle electromyography onset latency. *Arch Phys Med Rehabil*, 1995, 76(12): 1138-1143.
- 15) Kang SY, Jeon HS, Kwon O, et al.: Activation of the gluteus maximus and hamstring muscles during prone hip extension with knee flexion in three hip abduction positions. *Man Ther*, 2013, 18(4): 303-307.
- 16) Sakamoto AC, Teixeira-Salmela LF, de Paula-Goulart FR, et al.: Muscular activation patterns during active prone hip extension exercises. *J Electromyogr Kinesiol*, 2009, 19(1): 105-112.
- 17) Hoskins W, Pollard H: The management of hamstring injury—Part 1: issues in diagnosis. *Man Ther*, 2005, 10(2): 96-107.
- 18) Hungerford B, Gilleard W, Hodges P: Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine*, 2003, 28(14): 1593-1600.
- 19) Brumagne S, Cordo P, Verschueren S: Proprioceptive weighting changes in persons with low back pain and elderly persons during upright standing. *Neurosci Lett*, 2004, 366(1): 63-66.
- 20) Neumann DA: Hip abductor muscle activity in persons with a hip prosthesis while carrying loads in one hand. *Phys Ther*, 1996, 76(12): 1320-1330.