立位・膝立ち位における前方リーチ動作の比較

—筋電図を用いて—

Comparison of Reaching Forward between Standing and Kneeling

兵頭 甲子太郎¹⁾ 丸山 仁司²⁾

KASHITARO HYODO¹⁾, HITOSHI MARUYAMA²⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Mejiro College: 320 Ukiya, Iwatuki-ku, Saitama-city, Saitama 339-8501, Japan. TEL +81 48-797-2131

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, International University of Health and Welfare

Rigakuryoho Kagaku 23(2): 183-187, 2008. Submitted Jun. 28, 2007. Accepted Oct. 19, 2007.

ABSTRACT: The aim of this investigation was to examine changes of electromyogram activity when subjects performed two kinds of reaching forward in standing and kneeling. Eleven healthy subjects with a mean age of 25.63 ± 1.86 years participated in this study. They performed reaching forward of two kinds as a motor task. Electromyography (EMG) of gluteus maximus (GM), biceps femoris (BF), rectus abdominis (RA), and erector spinae (ES) was measured in the reaching position and the distance of reach was measured. EMG of BF in kneeling was higher than in standing. Changes of EMG were shown in the two kinds of reaching forward. These results suggest that specific motor activity is facilitated by changing position and movement method.

Key words: reaching forward, kneeling, electromyography

要旨: 本研究の目的は、立位・膝立ち位にて2種類のリーチ動作を行わせ、肢位や施行方法の違いによる筋電図学的変化について検討していくことである。対象は整形外科的疾患の既往のない健康成人11名とし、立位・膝立ち位それぞれにて2つのパターンでの前方リーチ動作を行わせ、その時の大殿筋、大腿二頭筋、腹直筋、脊柱起立筋の筋活動とリーチ距離を測定した。実験の結果から、膝立ち位では立位と比べ大腿二頭筋の筋活動の割合の増加がみられた。また、リーチ動作を2つのパターンで行うことにより、筋活動に変化が表れたことから、臨床において特定の筋をより強調した形での動作が可能になるのではないかと考えている。

キーワード: 前方リーチ動作、膝立ち位、筋電図

¹⁾ 目白大学 保健医療学部理学療法学科：埼玉県さいたま市岩槻区浮谷320（〒339-8501） TEL 048-797-2131

²⁾ 国際医療福祉大学 保健医療学部理学療法学科

I. はじめに

膝立ち位は立位と比べ重心の位置が低く転倒の危険性が低いといった利点や、支持基底面・重心点が異なるため、立位での評価・治療とは異なった効果が期待できることが予測される。このような観点から、近年では重心動揺計や筋電図を用いた膝立ち位に関する報告¹⁻⁴⁾もなされているが、まだその数は少なく、明らかになっていない部分が多い。

立位における重心動揺計や筋電図を用いた研究は多くのものが報告されており、様々な評価方法の開発もなされてきた。その中の1つに、Duncanらが開発した前方リーチ動作を用いたFunctional Reach Test (FRT)がある^{5,6)}。この前方リーチ動作は評価としてだけでなく、立位動作や歩行時における前方への重心移動困難な患者への治療手技の1つとしても用いられることがある。通常、この動作を行った場合、股関節を屈曲させ、上体を屈曲させるとともに、骨盤を後方へ引いて、身体重心の前方変位に抵抗するような姿勢制御がなされる。しかし、下肢の支持力に低下がみられている患者では、支持力の低下した下肢で体重を支持することを避けるために、過度に股関節を屈曲させる代償動作がみられることがある⁷⁾。また、同様に高齢者においても過度な股関節の屈曲による股関節ストラテジーを中心とした姿勢制御が行われるとの報告もある⁸⁾。

そこで、今回は前方リーチ動作の施行方法を①通常の股関節を屈曲し、骨盤を後方へ引いてのリーチ動作と②股関節の屈曲と骨盤を引く動作を行わせないもの、との2つに設定し、この2つの動作を立位・膝立ち位にて行わせ、肢位や施行方法の違いによる筋電図学的変化について検討していくこととした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、本研究の目的、方法を説明し同意を得た整形外科的疾患の既往のない健康成人11名（男性：7名、女性：4名）で、平均年齢：25.6 ± 1.9 歳、平均身長：168.0 ± 9.6 cm、平均体重：61.5 ± 11.1 kgであった。

2. 方法

①課題（図1）

運動課題は1) 通常の股関節を屈曲し、骨盤を後方へ引いての立位での前方リーチ動作（以下：立位リーチ）、2) 同様の施行方法での、膝立ち位での前方リーチ動作

（以下：膝立ち位リーチ）、3) 股関節の屈曲と骨盤を引く動作を行わせない形での、立位での前方リーチ動作（以下：立位リーチ②）、4) 同様の施行方法での、膝立ち位での前方リーチ動作（以下：膝立ち位リーチ②）の4つとした。

開始肢位は4動作ともに右上肢を90° 挙上し、肩幅程度の開脚位とした。その位置から最大限前方にリーチ動作を行い、10秒間の保持を行わせ、大殿筋、大腿二頭筋、腹直筋、脊柱起立筋における活動電位を導出した。この一連の動作を5秒間の休憩を挟みながら連続3回施行し、同時にリーチ距離の測定を行った。

また、今回は静止肢位との比較を行うため、課題施行前に右上肢を90° 挙上した静止立位・静止膝立ち位の開始肢位での10秒間の保持を行わせた。

被験者には最大限上肢を伸ばした位置を保持すること、課題3)、4) にて骨盤を引く動作を行わないようにとの指示のみを与え、数回の練習の後測定を行った。

②筋電図の測定

測定にはMega electronics社製ME3000筋電計を用い、被験筋は右の大殿筋、大腿二頭筋、腹直筋、脊柱起立筋の4筋とし、双極性表面電極2個を電極中心間隔3cmで貼付した。得られたデータはサンプリング周波数1000 HzにてA/D変換し、パーソナルコンピューター（PC）に保存した。10秒間の課題施行時の波形から最大値を採用し、各筋の10秒間の最大等尺性収縮時の最大値を100%として正規化し、%MVCとして表した。また、今回は3回の連続動作での%MVCの平均値を採用し、各筋の最大等尺性収縮はDanielらの徒手筋力法に従い行った。

③統計学的処理

1) 大殿筋、大腿二頭筋、腹直筋、脊柱起立筋の4筋での静止立位、静止膝立ち位、各課題動作6つの間における%MVCの比較、2) 静止立位、静止膝立ち位、各課題動作での各筋間における%MVCの比較、3) 各課題動作でのリーチ距離の比較を1元配置の分散分析、Tukey-Kramerの多重比較検定を用いて行った。なお、有意水準は5%未満とした。

III. 結果

各動作における各筋の%MVCと統計学的処理1) 2) の結果を表1に、各動作におけるリーチ距離と統計学的処理3) の結果を表2に示す。

統計学的処理1) の4筋での静止立位・静止膝立ち位、各課題動作6つの間における%MVCの比較では、表1に

立位での前方リーチ動作

立位での前方リーチ動作②

膝立ち位での前方リーチ動作

膝立ち位での前方リーチ動作②

図1 4つの運動課題

表1 各動作における各筋の%MVC平均値と標準偏差

	大殿筋	大腿二頭筋	腹直筋	脊柱起立筋	
静止立位	2.9 ± 2.8	2.0 ± 1.8	4.1 ± 2.8	10.0 ± 3.4	*3)),5)),6))
立位リーチ	11.9 ± 5.6	28.1 ± 1.4	7.5 ± 3.3	45.1 ± 1.8	**1)),5)) *3)),4)),6))
立位リーチ②	25.3 ± 1.6	23.7 ± 1.9	6.2 ± 3.6	29.8 ± 1.4	**2)),4)) *6))
静止膝立ち位	4.2 ± 4.2	6.9 ± 6.9	3.7 ± 2.6	13.1 ± 7.4	*3)),6))
膝立ち位リーチ	17.6 ± 8.3	39 ± 21.3	6.0 ± 3.9	53.2 ± 24.8	**1)) *3)),4)),6))
膝立ち位リーチ②	19.6 ± 7.8	42.5 ± 27.5	5.5 ± 2.7	35.4 ± 13.4	**1)) *4)),6))
	**10)	*1),2),4)	*1),2)		
	*1),3)-5)	5),8),9)	4)-9)		
	7)-9)				

1) 静止立位と静止膝立ち位, 2) 静止立位と立位リーチ, 3) 静止立位と立位リーチ②, 4) 静止立位と膝立ち位リーチ, 5) 静止立位と膝立ち位リーチ②, 6) 膝立ち位と立位リーチ, 7) 膝立ち位と立位リーチ②, 8) 膝立ち位と膝立ち位リーチ, 9) 膝立ち位と膝立ち位リーチ②, 10) 立位リーチと立位リーチ②

1))大殿筋と大腿二頭筋, 2))大殿筋と腹直筋, 3))大殿筋と脊柱起立筋, 4))大腿二頭筋と腹直筋, 5))大腿二頭筋と脊柱起立筋, 6))腹直筋と脊柱起立筋の各 *p<0.01, **p<0.05

示す通り, 静止立位と各課題動作, 静止膝立ち位と各課題動作間の比較では腹直筋を除き, ほぼすべてにおいて有意差が認められる結果となった。また, 各課題動作間の比較では大殿筋での立位リーチと立位リーチ②間においてのみ有意差が認められた。

統計学的処理2) の静止立位, 静止膝立ち位, 各課題動作での各筋間における%MVCの比較では, 静止立位・立位リーチでは, 脊柱起立筋が他の3筋と比べ優位に高い値を示すのに対し, 静止膝立ち位・膝立ち位リーチでは脊柱起立筋と大腿二頭筋との間に有意差が認め

表2 リーチ距離平均値 (cm)

立位リーチ	膝立ち位リーチ	立位リーチ②	膝立ち位リーチ②
35.7±5.1	22.9±4.6	19.8±3.1	13.9±4.1

これら組み合わせにて $p<0.01$ にて有意差あり。

られない結果となった。また、立位リーチ、膝立ち位リーチでは大腿二頭筋も大殿筋・腹直筋と比べ優位に高い値を示している。立位リーチ②では脊柱起立筋は腹直筋との間でのみ有意差が認められ、他の動作と異なり、大殿筋が腹直筋と比べ優位に高い値を示し、膝立ち位リーチ②では立位リーチ、膝立ち位リーチと同様大腿二頭筋が大殿筋・腹直筋と比べ優位に高い値を示す結果となった。

統計学的処理3)の各動作間におけるリーチ距離の比較では膝立ち位リーチと立位リーチ②との間を除き、その他の間においては $p<0.01$ にて有意差が認められた。

IV. 考 察

今回の実験では、静止立位、静止膝立ち位での比較では、大殿筋、大腿二頭筋、腹直筋、脊柱起立筋4筋とも有意差が認められなかった。盛らの行った立位と膝立ち位の筋電図を用いた比較でも有意差は認められなかったとしており、今回の結果と一致していると思われる。しかし、静止立位、静止膝立ち位それぞれでの4筋の比較では静止立位では脊柱起立筋が他の3筋に比べ有意に高い値を示しているのに対し、静止膝立ち位では脊柱起立筋と大腿二頭筋の間に有意差が認められず、立位と比べ、膝立ち位にて大腿二頭筋の4筋全体での筋活動の割合が大きくなっていることを示していると思われる。膝立ち位は、股関節伸展、膝関節屈曲位での姿勢保持となるため、これら2つの作用を持つ二関節筋である大腿二頭筋の活動が増加したものと考えられる。

また、静止立位と各課題動作間、静止膝立ち位と各課題動作間とを比較した結果では、有意差は認められたものの、各課題動作間どうしの比較では大殿筋での立位リーチ・立位リーチ②間での比較のみ有意差を認め、その他では認められなかった。このことから、立位、膝立ち位といった肢位の変化や、動作施行方法の

変化では大きな筋活動の増加は起こらないものと思われる。

各課題動作での4筋の筋活動の比較を行った結果では、立位リーチでは脊柱起立筋が他の3筋と比べ有意に高い値を示しており、大腿二頭筋は大殿筋・腹直筋と比べ高い値を示す結果となった。これに対して膝立ち位リーチでは脊柱起立筋は大殿筋・腹直筋とのみ有意差を示しており、大腿二頭筋は立位リーチ時と変わらず大殿筋・腹直筋と有意差を示している。このことは、前方リーチ動作では立位と比べ、膝立ち位での動作にて大腿二頭筋の全体における筋活動の割合が増加することを示している。また、立位リーチ動作②では脊柱起立筋は腹直筋とのみ有意差を示しており、大腿二頭筋・大殿筋も同様に腹直筋とのみ有意差を示しており、立位リーチ動作と比べ、大殿筋の全体における筋活動の割合が増加している。膝立ち位リーチ②では、脊柱起立筋は腹直筋と、大腿二頭筋は腹直筋と大殿筋と有意差を示しており、全体における大腿二頭筋の筋活動の割合が4つの課題の中で最も増加を示す結果となった。

これらの結果をまとめると、大殿筋は立位リーチ②にて、大腿二頭筋は膝立ち位リーチ・膝立ち位リーチ②にて、脊柱起立筋は全体を通して他の筋と比べ高い筋活動が得られることがわかった。また、体幹前面筋である腹直筋はどの動作においても他の筋に比べ筋活動が低い結果となり、動作間における変化も認められなかった。

通常の前方リーチ動作では、前述したように、股関節を屈曲させ、上体を屈曲させるとともに、骨盤を後方へ引いて身体重心の前方変位に抵抗するような姿勢制御がなされる。この時、立位での前方リーチ動作では、大殿筋は股関節部に対して遠心性での活動が必要となり、大腿二頭筋は二関節筋であるため、股関節・膝関節両部において遠心性の活動が必要となる。これに対し、膝立ち位での動作では大腿二頭筋の膝関節部

における働きが遠心性から求心性に変化すると考えられる。膝立ち位では重心線が基底面である両下腿の前縁にあるため、前方への重心移動が起こった際に重心を基底面内に収めることが難しい。このことは、鐙木らの行った実験でも、膝立ち位は立位に比べ左右動揺幅には有意差が認められなかったが、前後動揺幅は有意に大きかったと報告されている²⁾。今回の実験においても、立位での前方リーチ距離に比べ、膝立ち位での前方リーチ距離は減少しており、重心の前方移動の困難さがあったものと考えられる。そのため、膝立ち位にて前方リーチ動作を行った場合には、支持基底面を両下腿から両膝関節部に移し、膝関節をより屈曲させることで下腿による重みを提供し、強い前方への崩れを抑えるために大腿二頭筋の膝関節における強い求心性活動が要求されることが考えられ、このことが今回の膝立ち位での動作時の大腿二頭筋の筋活動増加につながったものと思われる。

また、立位・膝立ち位両肢位での前方リーチ動作②では、骨盤の引けを抑えた動作を行ったため、大殿筋・大腿二頭筋共に股関節部において求心性活動が起こったものと考えられる。通常求心性活動に比べ、遠心性活動では筋出力が増大すると考えられているが⁹⁾、遠心性収縮では運動単位の参加がされずらいことも知られている。今回の実験では大殿筋でのみ各動作間での比較で立位リーチと立位リーチ②間において有意差が認められており、筋出力の増大が起こったものと考えられる。これは通常のリーチ動作では大殿筋の遠心性の活動を十分に促すだけの負荷がかかっていなかったものが、骨盤の引けを抑えさせたことにより、股関節伸展での重心の前方変位に対する姿勢保持のための負荷量が増大し、これが大殿筋の強い収縮を促したものと考えられる。また、大腿二頭筋は今回の4つの動作の中で膝立ちリーチ②にて最も全体における筋活動の割合が大きい結果となった。山下やBasmajianらは、二関節筋は隣接する関節に対して共同的に働く際には、負荷量の増加に伴い筋放電量の増加が認められるが、共同作用と拮抗作用を同時に果たす際には、負荷量の増加に伴い筋放電量が増加しない場合があるとしている¹⁰⁻¹²⁾。膝立ち位リーチ②では大腿二頭筋は股関節・膝関節両部において求心性活動が起こったものと考えられ、このことも1つの要因になったと考えられる。

通常、今回行った前方リーチ動作は、バランス機能の評価・治療といったイメージが強いと思われる。しかし、そのバランスを保持するためには当然筋活動が必要となり、その際どのような筋活動が起こっているのかを

把握し評価する必要がある。今回の実験から、立位でのリーチに比べ膝立ち位でのリーチにて大腿二頭筋の全体における筋活動の割合の増加が、また立位リーチ②にて大殿筋の筋活動の割合の増加が考えられ、動作を行う肢位や動作方法により筋活動に変化が表れることが明らかとなった。また、今回被験筋とした、4つの筋は様々な疾患において立ち上がりや歩行といった動作時に、筋活動の低下や健常人とは異なる筋活動の延長が起こる^{13,14)}といった報告がなされており、これらが動作阻害の要因となっていると考えられる。このことから、これらの肢位や動作方法を組み合わせることにより、今回測定した筋に問題を抱える患者のより特定した筋肉の評価、治療につながるのではないかと考えている。

引用文献

- 1) 盛 允彦, 久保山晃成, 山口祐子・他: 膝立ち位と立位の筋活動における比較. 理学療法学, 2004, **31**: 365.
- 2) 鐙木 誠, 新地友和, 梅木千恵子・他: 静的な立位と膝立ち位の姿勢制御の比較—無拘束型加速度計測法による検討—. 理学療法学, 2001, **28**: 157.
- 3) 前田里美, 早川由佳里, 佐藤桂子・他: 膝立ち位における側方重心移動動作の運動学的分析. 理学療法の歩み, 2003, **14**: 45-50.
- 4) 木下一雄, 中村香織, 中村高良・他: 膝立ち位における筋活動に関する基礎的研究. 総合リハ, 2006, **34**(9): 894-896.
- 5) Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al.: Functional reach: A new clinical measure of balance. J Gerontol Med Sci, 1992, **45**(6): 192-197.
- 6) Duncan PW, Studenski S, Chandler J, et al.: Functional reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans. J Gerontol Med Sci, 1992, **47**(3): 93-98.
- 7) Carr JH, Shepherd RB (著), 潮見泰藏, 斎藤昭彦 (訳): 脳卒中の運動療法. 医学書院, 東京, 2004, pp46-47.
- 8) 岡田修一: 加齢と平衡反応—外乱刺激に対する高齢者の立位姿勢応答—. 理学療, 1996, **13**(3): 183-188.
- 9) 奈良 勲, 岡西哲也 (監修): 筋力 第1版. 医歯薬出版, 東京, 2004, p123.
- 10) 山下謙智: EMGのBiomechanicsへの応用—二関節筋の放電パターン—その特異性—. J J SPORTS SCI, 1983, **2**(9): 717-727.
- 11) 山下謙智: ヒトの随意運動にみられる筋活動電位抑制現象に関する研究 第II報—二関節同時運動時, 二関節筋に現れる抑制現象について—. 関西医大誌, 1982, **34**: 427-452.
- 12) Basmajian JV: Muscle Alive. Muscle Interactions. Baltimore. Williams and Wilkins, Baltimore, 1985, pp223-245.
- 13) 袴田さち子, 石井慎一郎, 佐藤美和子・他: 大殿筋収縮不全が仙腸関節の不安定性に及ぼす影響. 理学療法学, 1998, **25**: 554.
- 14) 山本留七, 岡西哲夫, 糸永明美・他: 片麻痺歩行における健側の代償性—第2報—大殿筋の態度について—. 臨床理学療法, 1982, **9**(3): 121-122.