

リハビリテーションにおける立ち上がり訓練とブリッジ動作の筋活動量の検討

中井真吾¹⁾・館 俊樹¹⁾・中西健一郎²⁾・山田悟史¹⁾

Examination of the amount of muscle activity in standing training and bridge motion in rehabilitation

Shingo NAKAI, Toshiki Tachi, Kenichiro NAKANISHI, Satoshi YAMADA

Abstract : The standing motion is a motion which makes difficult for a subject who is experiencing muscle weakness such as the elderly due to the kinematic characteristics accompanying the change from the sitting position to the standing position. If task dependency is high and exercise practice is effective but muscle strengthening exercises such as bridge exercise are carried out as preparations when the standing motion is not feasible, the relationship with the muscle activity of the standing motion is It is not considered clinically. In this experiment, bridge motions at standing motion and knee joint flexion angles of 140° , 120° and 90° were performed to measure muscle activity of spinal column erector muscle, gluteus maximus muscle, biceps femoris head. The muscle activity amount between the rise motion and the bridge motion at the knee joint flexion angle of 140° is similar, and as a muscular strength reinforcement exercise to be performed before the rise motion exercise, a bridge motion at a knee flexion angle of 140° is desirable It was thought that it was.

Key words : Standing motion, Bridge motion, EMG

I. 緒言

四肢の筋活動において、単関節筋よりも二関節筋の活動が活発になっていることが多い。また、長期臥床患者においては全身性の廃用性筋萎縮が発生し、特に抗重力筋である単関節筋の萎縮が著明である。

木藤ら¹⁾によると、単関節筋は深層にあり、レバーアームが短く、関節安定化作用に貢献すると言われている。関節運動時に単関節筋が活動し、骨頭を関節窩に引きつけることで、回転軸が形成され関節は安定する。しかし、二関節筋の過活動や単関節筋の萎縮などが起こると、単関節筋が本来の機能として活動せずに作用不十分となる。また石井²⁾によると、股関節運動を例にした場合、

関節内での大腿骨頭は関節窩に十分な固定がされずに不安定性が生じる。このように、回転軸の形成が不十分な関節では、身体運動時に二関節筋が通常よりも多く活動することによって、その不安定性を代償していると言える。このことから円滑な関節運動はできなくなり、動作中の運動性が低下すると報告している。さらに、福井ら³⁾は、二関節筋の過活動による関節運動では、関節面に十分な軸圧がかからず、前後左右の並進運動を生じさせてしまい、身体運動中の適切なアライメントの保持はできなくなることで、肩関節周囲炎や変形性股・膝関節症（以下、股・膝OA）などの発症に関与すると報告している。すなわち、関節運動時には単関節筋が適切に活動

1) 静岡産業大学経営学部

〒438-0043 静岡県磐田市大原1572-1

2) 東海大学国際文化学部

〒005-8601 北海道札幌市南区南沢五条1-1-1

1. School of Management, Shizuoka Sangyo University
1572-1, Owara, Iwata-shi, Shizuoka

2. School of International Cultural Relations, Tokai University
5-1-1-1, Minamisawa, Minami-ku, Sapporo-shi, Hokkaido

し、関節面に十分な軸圧がかかれば、身体運動中の適切なアライメントは保持され、関節運動時の二関節筋の過活動は抑制されると言える。そのため、日常生活動作（以下、ADL）での関節運動において、二関節筋と単関節筋の適切な筋活動パターンを学習させることは、非常に重要であると考えられる。

日常生活では、数え切れないほどの関節運動が行われているが、理学療法が対象とする運動障害は下肢に関わるものが多いと思われる。そのADLでの下肢を使用する主要な動作を考えると、立ち上がり動作、立位保持、歩行、そして座り動作などが挙げられる。その中でも、立ち上がり動作は座位から立位に至るまでの動作であり、日常生活においては立位や歩行を行うための準備動作になる非常に重要な動作である。後藤ら⁴⁾によれば、立ち上がり動作は運動学的には、座位から抗重力位である立位に向かう過程の動作（重心を前方に移動し、かつ上方に移動する動作）であり、立位に向かうに従い支持基底面は小さくなり、活動の自由度は大きくなる。逆に、支持基底面が小さくなるということは、バランスをとるために筋をより協調的に活動させる必要がある動作であると報告している⁵⁾。

小島ら⁶⁾によると、高齢者などの加齢に伴う身体諸機能の低下により、ADL能力は低下すると報告があり、さらにADLの中でも頻繁に行われる座位姿勢からの立ち上がり動作は、その運動学的特性⁷⁻¹⁰⁾から特に高齢者にとって困難な動作の一つであると言われている。また横川ら¹¹⁾の報告では、立ち上がり動作は筋力低下の影響を受けやすく、一般に筋力は30~40歳以降、加齢に伴い低下し、上肢よりも下肢の方がより早期から低下する¹²⁾ことも加味すると、高齢者では立ち上がり動作に関与する下肢筋群^{13,14)}の影響がより大きくなる。

立ち上がり動作を維持、獲得しようとする場合、立ち上がり動作は課題依存性の高い動作の一つであるため、立ち上がり練習を行うのが良いと言われている¹⁵⁾。しかし、長期臥床者や高齢者において、下肢の筋力低下

や筋萎縮が生じている場合には、立ち上がり動作自体を行うことは難しく、まずは下肢の筋力増強が求められる。そのため、下肢の筋力増強運動の一つとして、臨床ではしばしばブリッジ運動が行われている。ただし、ブリッジ運動を行う目的は、廃用性筋萎縮や脳血管障害など疾患別によって異なる。ブリッジ運動とは、背臥位にて両足底面を床面につけた状態で、股・膝関節屈曲位から股関節伸展を行う運動である。そのため、Open Kinetic Chain（以下、OKC）よりもClosed Kinetic Chain（以下、CKC）に近い運動であると言える。さらに、ブリッジ運動における股関節伸展動作は、立ち上がり動作の離殿から立位姿勢になるまでの股関節伸展動作に近いと言える。しかし、ブリッジ運動時の膝関節屈曲角度を変化させることで、体幹・下肢の各筋群の筋活動に違いが出てくることが考えられる。川野¹⁶⁾によると、ブリッジ運動において、膝関節屈曲角度が深い場合には、大腿二頭筋長頭（BF）が弛緩するため、大殿筋（GM）が主体の運動となる。逆に、膝関節屈曲角度が浅い場合には、GMに加えBFも収縮すると報告している。そのため、立ち上がり動作時の体幹・下肢の各筋群の筋活動パターンに近い状態でのブリッジ運動を行うことによって、立ち上がり動作の基礎となる体幹・下肢筋群の運動単位の動員増加および立ち上がり動作時の離殿後からの動作における協調的な筋活動の学習に繋がり、立ち上がり動作獲得のための準備トレーニングになると考えた。

そこで本研究では、ブリッジ運動時の膝関節屈曲角度に注目し、3つの異なる角度による各ブリッジ運動を行った場合、どの膝関節角度が最も立ち上がり動作時の筋活動パターンに近似しているのかを検証したので報告する。

II. 対象

対象は現在、下肢に整形外科的疾患を有していない健常男性3名（年齢平均29.5（25-31）歳、身長平均173.3±5.4cm、体重平均64.5±2.5kg、BMI平均21.5±1.8）とした。

Ⅲ. 方法

1. 計測

表面筋電図は、能動電極を使用し、電極間抵抗を少なくするために、電極を貼る部位の皮膚は研磨剤で、皮膚表面を削り、アルコール綿にて洗浄を施した。

被検筋は、いずれも右側のGM、BF、脊柱起立筋（BM）とした。電極の貼付位置は、GMでは右側の仙椎第2番と大転子を結んだ線の中点の大殿筋最膨隆部、BFでは坐骨結節と腓骨頭を結んだ線の中点の大腿二頭筋長頭最大膨隆部、BMでは腰椎第2-3棘突起間高位の右側外側3cmの脊柱起立筋最大膨隆部とした。電子角度計を用いて、右股関節の関節可動域を計測した。

測定機器はマルチテレメーターWEB-5000（日本光電社製、日本）、ADコンバータはCED power（CED社製、英国）、角度計はフレキシブルゴニオメーター（バイオメトリックス社製、英国）、またパーソナルコンピュータでの筋電図の記録には、spike2（CED社製、英国）を使用した。

2. 手順

被験者はまずBM、GM、BFの最大随意収縮（以下、MVC）を腹臥位にて測定した。その後、十分な休憩を取った後、椅子からの立ち上がり動作（task1）および膝関節屈曲角度140°（task2）、120°（task3）、90°（task4）でのブリッジ運動を実施した。各試行は何回か練習した後に実施し、試行回数は3回とした。各種目の試行間での休憩は十分に取られ、疲労が影響しないように配慮した。

立ち上がり動作の開始姿勢は、椅子上の座位にて、両腕は胸の前方で組み、股関節屈曲角度90°、膝関節屈曲角度105°となるように椅子の高さを調整した。その際の股関節は内外転内外旋中間位とした。また、メトロノームを使用し、3秒で最終姿勢である起立位になるように指示した。

ブリッジ運動の開始姿勢は、仰臥位にて両腕は胸の前方で組み、股関節は内外転内外旋中間位、足関節底屈位で両足底面を床面に接地させ、股関節完全伸展位まで殿部を挙上するように指示した。また、課題運動の速度は

メトロノームを使用し、2秒で挙上するように指示した。

Ⅳ. 結果

図1～3に、被験者1、2、3のtask1～4での%MVCのグラフを、表-1に実際の数値を示す。

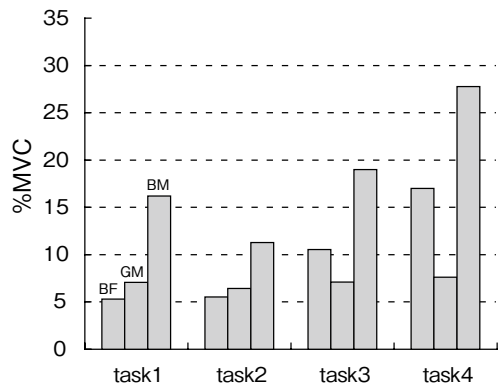


図.1 被験者1の標準化された筋活動量

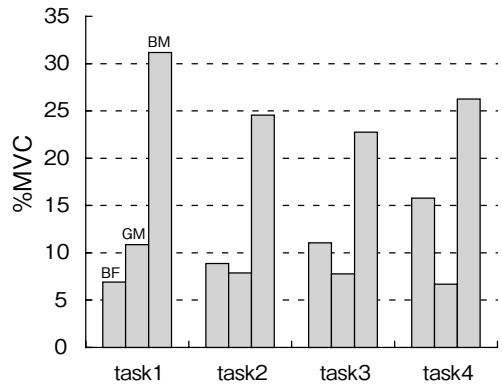


図.2 被験者2の標準化された筋活動量

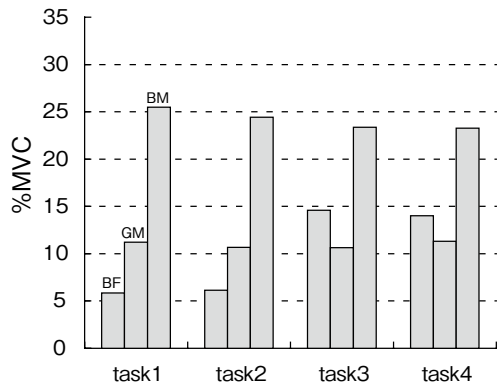


図.3 被験者3の標準化された筋活動量

表.1 被験者1、2、3における各動作での%MVC[%]

		task1	task2	task3	task4
被 験 者 1	BF	5.3	5.5	10.5	17.0
	GM	7.1	6.4	7.1	7.6
	BM	16.2	11.3	19.0	27.8
被 験 者 2	BF	6.9	8.9	11.1	15.8
	GM	10.9	7.9	7.8	6.7
	BM	31.2	24.6	22.8	26.3
被 験 者 3	BF	5.9	6.1	14.6	14.0
	GM	11.2	10.7	10.6	11.3
	BM	25.5	24.4	23.4	23.3

表.1に示すように、被験者1におけるtask1での%MVCは、BFが5.3%、GMが7.1%、BMが16.2%であった。同様に、task2ではBFが5.5%、GMが6.4%、BMが11.3%、task3ではBFが10.5%、GMが7.1%、BMが19.0%、task4ではBFが17.0%、GMが7.6%、BMが27.8%であった。被験者2では、task1でBFが6.9%、GMが10.9%、BMが31.2%、task2ではBFが8.9%、GMが7.9%、BMが24.6%、task3ではBFが11.1%、GMが7.8%、BMが22.8%、task4ではBFが15.8%、GMが6.7%、BMが26.3%であった。被験者3では、task1でBFが5.9%、GMが11.2%、BMが25.5%、task2でBFが6.1%、GMが10.7%、BMが24.4%、task3でBFが14.6%、GMが10.6%、BMが23.4%、task4でBFが14.0%、GMが11.3%、BMが23.3%であった。全てのtaskにおいて、各筋の%MVCに被験者間での差はみられたが、task1での%MVCは、BF、GM、BMの順に高い筋活動であることが共通していた。task2においては、被験者1、3でtask1と同様の傾向がみられ、被験者2においてはBFとGMの%MVCが逆転したが、その差は1%と僅か

であった。BFとGMの%MVCが逆転し、BFの%MVCが増加する傾向は、膝関節屈曲角度が120°のtask3および90°のtask4にて顕著にみられた。しかし、GMの%MVCは各task間において大きな差はみられなかった。BMの%MVCは、各被験者および各taskにおいて様々な数値を示したが、3人の被験者ともに全てのtaskにおける3つの筋の中で最も高い値を示していた。

V. 考察

市橋ら¹⁷⁾によると、臨床でのブリッジ運動は、整形外科疾患においては、BF、GM、BMなどの下肢・腰部の筋力強化として実施されており、一方、中枢性疾患においては、下肢の分離運動のトレーニングとして実施することが多いと報告している。しかし、ブリッジ運動によるトレーニングの目的を明確に定義した報告は少ない。

今回、立ち上がり動作獲得を目的としたトレーニングの一つとして、特異性の法則から同じCKCであるブリッジ運動を膝関節屈曲140°、120°、90°の3方法にて実施し、立ち上がり動作時のBF、GM、BMの筋活動と比較した。大西ら¹⁸⁾によると、被検筋の立ち上がり動作における離殿時からの筋活動量は、BF、GM、BMの順に高くなることが報告されている。これは、本研究においても同様の結果を得ることができた。仮説としては、膝関節屈曲角度140°でのブリッジ運動が、BFの筋長を短縮させ、筋張力の発揮を抑制することで、立ち上がり動作におけるBFとGMの筋活動量に近似すると考えた。本実験の結果より、膝関節屈曲角度140°でのブリッジ運動では、3被験者ともに立ち上がり動作の筋活動量が近似し、BF、GM、BMの順に筋活動量が高くなっていた。

このように、膝関節屈曲140°のブリッジ運動と離殿後からの立ち上がり動作の筋活動パターンが同様になる要因としては、第一に、離殿後からの立ち上がり動作とブリッジ運動でのBF、GMの運動形態が求心性収縮で共通しているということである。第二に、膝関節屈曲角度を深くすることによって、BF

の筋長が短縮し、筋張力の発揮が抑制されることが考えられる。

第一の要因では、離殿後の立ち上がり動作において、BFは2つの作用があり、股関節屈曲位からの伸展運動に対して、求心性収縮によって股関節を正中位まで戻す作用と膝関節伸展に作用する大腿四頭筋の拮抗筋として、膝関節伸展運動が円滑に行われるように遠心性収縮する調節作用が考えられる。一方、GMは求心性収縮による股関節伸展作用と股関節の関節安定化作用として働いていることが考えられる。

ブリッジ運動においては、殿部を挙上するためにBFとGMが求心性収縮し、股関節を伸展させる作用に働いている。その他にもBFは、膝関節伸展に対して遠心性収縮し、GMは股関節の関節安定化作用に働き、立ち上がり動作時の作用と同様のことが生じていることが考えられる。このようなBFとGMの股関節伸展、関節安定化作用は、立ち上がりとブリッジ運動において、同様に働いていることが考えられる。

また、BMに関しては、その運動形態は求心性収縮で、2つの動作において同様であり、離殿後からの立ち上がり動作においては、直立位となるために体幹伸展筋として求心性収縮が働いていることが考えられる。一方、ブリッジ運動の場合も殿部挙上のために、同じく体幹伸展筋として求心性収縮していることが考えられる。

第二の要因として、膝関節屈曲 120° 、 90° でのブリッジ運動の筋活動パターンでは、膝関節は 140° の場合よりも伸展され、BFの筋長が静止長に近づくことで、BFの筋張力は発揮しやすくなり、その結果、BFが優位に働くことが考えられる。このことから、膝関節屈曲 120° 、 90° のブリッジ運動では、股関節伸展作用としてBFの活動量がGMよりも多くなると考えられ、本実験の結果からも同様の結果を得ることができた。BF、GMの順に筋活動量が高くなっていることから、準備動作としてのトレーニングには不適切であると考えられた。一方、膝関節屈曲角度 140° のブリッジ運動における筋活動パターンで

は、BFはGMよりも筋活動量が低下した。これは仮説で述べた通り、BFが膝関節を深く屈曲することで、筋長を短縮し、筋張力の発揮が抑制されたと考えられる。

立ち上がり動作は課題依存性の高い動作であり、筋力低下や廃用性筋萎縮などが生じている場合には、立ち上がり動作練習を行うことができない。しかし、立ち上がり動作獲得のために、立ち上がり動作と同様の筋活動パターンで運動することが重要となってくる。本研究の結果より、離殿後からの立ち上がり動作と膝関節屈曲角度 140° でのブリッジ運動の筋活動パターンが近似していることがわかった。すなわち、膝関節屈曲角度 140° でのブリッジ運動を行うことで、立ち上がり動作と同じ運動学習ができ、さらに筋力強化の初期段階としての運動単位の動員増加にも繋がる。また、ブリッジ運動は立ち上がり動作の運動形態にも類似しているため、膝関節屈曲角度 140° でのブリッジ運動は立ち上がり動作の準備段階となるトレーニングとして有用であることが示唆できる。

抗重力位での活動や運動ができない人に対して、ブリッジ運動は比較的どのような場所でも容易に行うことができる。さらに、今回の結果から膝関節の屈曲角度に留意することによって、今までにない新たな目的のトレーニングとして有用であることがわかった。これによって、立ち上がり動作の早期獲得に貢献し、ADLにおける次の段階としての歩行や生活範囲の拡大に繋がることが考えられる。

【参考・引用文献】

- 1) 木藤伸宏 他：関節病態運動のメカニズム. 理学療法23 (10) :1403-1413,2006.
- 2) 石井慎一郎：関節病態運動学-総論-.理学療法23 (9) :1282-1294,2006.
- 3) 福井勉 他：リハビリテーション領域における単関節筋トレーニングの応用-単関節筋の選択的トレーニング方法の開発-. 理学療法21 (7) :1123-1128,2005.
- 4) 後藤淳 他：立ち上がり動作-力学的負荷に着目した動作分析とアライメント-. 関西理学2:25-40,2002.

- 5) 田中繁：いすからの立ち上がり－動作分析の現状と今後の研究方向－. MOOK6 動作分析、三輪書店、2002、pp77-82.
- 6) 小島悟 他：高齢者の椅子からの立ち上がり動作－立ち上がり動作能力の低下した高齢者の動作パターン－. 理学療法科学 13 (2) :85-88,1998.
- 7) Nuzik S et al. : Sit-to-stand movement pattern .A kinematic study. Phys Ther,66:1708-1713,1986.
- 8) Riley P et al.: Mechanics of a constrained chair-rise. J Biomech.24:77-85,1991.
- 9) Schenkman M et al. : Whole-body movements during rising to standing from sitting.Phys Ther.70:638-648,1990.
- 10) Kotake T et al. : An analysis of sit-to-stand movements. Arch Phys Med Rehabil、74:1095-1099,1993.
- 11) 横川正美 他：高齢女性における下肢筋力と椅子からの立ち上がり動作時間との関係. 総合リハ、32 (2) :175-180,2004.
- 12) 吉村茂和 他：下肢筋力. PTジャーナル 32:933-938,1998.
- 13) Millington PJ et al. : Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. Arch Phys Med Rehabil、73:609-617,1992.
- 14) 星文彦 他：椅子からの立ち上がり動作に関する運動分析. 理学療法科学19:43-48,1992.
- 15) 潮見泰蔵：脳卒中患者に対する運動スキルの最適化を図るための介入方略. 理学療法科学19(1) : 1-5,2004.
- 16) 川野哲英：ファンクショナルエクササイズ、ブックハウス・エイチデイ、2004、pp146-147.
- 17) 市橋則明 他：各種ブリッジ動作中の股関節周囲筋の筋活動量－MMT3との比較－. 理学療法科学13(2) : 79-83,1998.
- 18) 大西秀明 他：起立動作の筋電図学的評価. 理学療法22 (3) :546-552,2005.