下肢伸展挙上保持における体幹筋活動

—非挙上側下肢3条件による比較—

Trunk Muscle Activities during Unilateral Straight Leg Raising
—Comparison of Three Contralateral Leg Conditions—

近藤 裕貴¹⁾ 岩田 学²⁾

YUKI KONDO, RPT¹⁾, MANABU IWATA, MD²⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Seikyo Kanda Clinic: 2-3-22, Nishiarimachi, Nagaoka, Niigata 940-0024, Japan.
TEL+81 258-39-9406

²⁾ Hirosaki University Graduate School of Health Sciences
Current: Hirosaki Stroke and Rehabilitation Center

Rigakuryoho Kagaku 26(5): 577-581, 2011. Submitted Mar. 23, 2011. Accepted May 10, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] To find a clinical method for using Straight Leg Raising (SLR) as an approach to the trunk muscle, we investigated how the leg and the trunk muscle activity were changed by the setting of the contralateral leg in SLR. [Subjects] The subjects were 21 healthy men (average age: 20.6±3.7 years old). [Methods] The SLR task was performed under three conditions: Push, Do not push, and Normal. We defined Push as SLR which is emphatically performed by pushing the supporting surface in a perpendicular direction with the contralateral leg. We defined Do not push as SLR which is performed without pushing the supporting surface. We defined Normal as SLR which is performed without a special condition. The contralateral leg was kept in a straight leg position. Surface electrodes were used to bilaterally measure the electromyographic activity of the erector spinae (lumbar part), rectus abdominis, medial hamstrings and rectus femoris (eight muscles in total). [Results] In Push, the numerical value of %MVC of the right and left erector spinae was significantly larger than that of the other two conditions. In Do not push, the numerical value of %MVC of the right and left rectus abdominis was significantly larger than that of the other two conditions. [Conclusion] Even if the movement of the spine is limited, the results suggest that it is possible to induce trunk muscle activity in a variety of clinical settings using the two conditions of Push and Do not push.

Key words: straight leg raising, trunk muscle activities, surface electromyogram

要旨:〔目的〕体幹筋へのアプローチとして、臨床場面でのSLRの活用方法を見出すために下肢伸展挙上（以下、SLR）保持における非挙上側下肢の条件設定によって、下肢・体幹筋活動がどのように変化するか調査した。〔対象〕健常男性21名（年齢20.6±3.7歳）を対象とした。〔方法〕課題動作は、非挙上側下肢を鉛直下方向に押すことを強調したSLR保持：「押す」、押さないことを強調したSLR保持：「押さない」、特別な条件を加えない通常のSLR保持：「通常」、の3条件とした。非挙上側下肢の肢位は股・膝関節伸展位とした。表面筋電図により、脊柱起立筋、腹直筋、内側ハムストリングス、大腿直筋、それぞれ左右両側の計8筋の筋活動を測定した。〔結果〕脊柱起立筋は「押す」、腹直筋は「押さない」において、左右両側とも他の2条件に比べて有意に%MVCが高かった。〔結語〕「押す」、「押さない」の2条件は、脊柱の運動が制限されていても様々な臨床場面で体幹筋活動を促して、体幹機能の賦活化を図ることが可能であることが示唆された。

キーワード: 下肢伸展挙上, 体幹筋活動, 表面筋電図

¹⁾ 生協かんだ診療所リハビリテーション科:新潟県長岡市西新町2-3-22 (〒940-0024) TEL 0258-39-9406

²⁾ 弘前大学大学院保健学研究科

現所属: 弘前脳卒中・リハビリテーションセンター

I. はじめに

リハビリテーションにおいて、安定した体幹機能を獲得することは、さまざまな活動能力の回復の基礎となる重要なポイントである。体幹について、吉尾¹⁾は「重心移動に対応した細かく速やかな筋活動、つまり俊敏な動きを伴う固定力を求められている」とし、またDavies²⁾は「あらゆる状況下でどのような動作も安心して行えるバランス能力は、選択的な体幹の活動、特に腹部の筋の働きが改善してはじめて獲得できる」と述べており、体幹機能の重要性を指摘している。体幹機能向上を目的に臨床で用いられる訓練方法の例としては(1) Curl-up(腹筋)や、(2) Bridging(背筋)があり、脳卒中患者に対しては(3) 膝立ち位での運動や(4) 四つ這い位での運動がある。平成18年度の診療報酬改定により、医療保険によるリハビリテーションが日数制限されている現状からも、特に脊椎・脊髄疾患や脳疾患の患者では、早期からの積極的な体幹アプローチが重要と考えられる。しかし、(1)は頭頸部屈曲動作のみになりがちであり、(2)は股関節伸展位に達しないまま行われがちであるなど、正確な運動がなされずにいることが臨床的によく観察され、本来その運動で引き出したい筋活動が引き出せずにいる可能性もある。また、(3)は重心が支持基底の前縁にあって不安定であり、また(4)は上肢の支持性も要求されることから、機能低下が著しい患者にとっては難易度の高い運動である。

下肢伸展挙上(straight leg raising: 以下、SLR)は、背臥位で一側下肢の膝関節を伸展位に保って股関節を屈曲する、大腿四頭筋を中心とした下肢筋力を向上させる運動である。吉尾¹⁾は「臥位は体幹にとって安定した姿勢であり、体幹が安定していると四肢の運動はおこしやすいため、四肢からの影響により体幹の機能を高めることもできる」と述べている。このことから、SLRで体幹筋にアプローチできれば、ベッド上で行えて安全であり、運動方法も簡単なため、臨床的に有用であると思われる。しかしSLRにおける筋電活動の報告では、下肢筋活動を調査した文献が数多く存在するものの、体幹筋活動に着目した研究は少ない。そのうちSLRと腹筋群の関連を示した文献において、大沼³⁾は、SLRの股関節外転角度を増すと腹筋群の活動も増すと述べている。またMayhewらの研究⁴⁾では、非挙上側下肢の支持面を押さないよう意識してSLRを行うと、何も意識せず行うSLRに比べて腹筋群の活動が高まり、内側ハムストリングスの活動は低下したという実験結果が示されている。しかしSLRと背筋群との関連を示した文献は、採した範囲では見つけることができなかった。

Davies⁵⁾は、「四肢の選択的運動は、体幹の伸筋と屈筋の双方が近位部の動的な固定を行うその程度により左右される」と述べている。これを参考に、非挙上側下肢

の支持面を押さないSLRにおいて、腹筋群に対抗して背筋群である脊柱起立筋(腰部)も高い活動を示すのではないかと考えた。しかし予備的に実験してみたところ、脊柱起立筋の活動は通常のSLRとほとんど変わらなかった。そこで、新・徒手筋力検査法 原著第7版における下肢の筋力テストのうち「仰臥位における股関節伸展テスト」⁶⁾という方法から着想を得て、「非挙上側下肢で支持面を押すことにより脊柱起立筋の活動を高められる」という仮説を立てた。

本研究では、SLR保持における非挙上側下肢の条件設定によって、下肢・体幹筋活動がどのように変化するか調査して、仮説の証明を行い、体幹筋へのアプローチとして、臨床場面でのSLRの活用方法を見出すことを目的に実験を行った。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は健康男性21名(年齢 20.6 ± 3.7 歳、身長 173.5 ± 7.7 cm、体重 61.1 ± 9.6 kg)とした。なお日常生活に重大な支障を及ぼすような疾患に過去1年以内に罹患した者や、腰痛等で腰部に障害をもつ者は対象より除外した。被験者には事前に本研究の目的と内容を説明し、実験に参加する同意を得た。

2. 方法

背臥位における右下肢SLR保持を、非挙上側下肢(左下肢)の条件を変えて3種類行った。非挙上側下肢の肢位は股・膝関節伸展位、SLR挙上角度は 30° 、保持時間は5秒間とした。各条件とも3回ずつ行った。

- 非挙上側下肢で支持面を鉛直下方向に押すことを強調したSLR保持(以下、「押す」)。
- 非挙上側下肢で支持面を押さないことを強調したSLR保持(以下、「押さない」)。
- 非挙上側下肢に関して特別な条件を加えない、通常のSLR保持(以下、「通常」)。

測定肢位は背臥位で、両足の踵を体重計に乗せた後、右下肢SLR 30° のポジションに肢位を設定した。体重計は、左下肢に関してのみ、踵を乗せた状態で目盛りが0(ゼロ)を示すよう設定した。

「押す」では、支持面を押す強さについて、殿部がベッドから浮かないように数回練習した後、“できる限り全力で押して下さい”と指示した。「押さない」では、右下肢挙上時に左下肢が支持面に接地したまま、体重計の目盛りは0(ゼロ)を示すよう数値を被験者にフィードバックしながら同様に数回練習した。なお、3種類の課題を行う順番のパターンは合計6通りあり、被験者の課題試行順が、ある一定のパターンに集中しないように予め設定し、課題動作の順番による影響を極力少なくするよう

配慮した。

表面筋電図の測定にはNEC製多用途テレメータ・サイナクトMT11を用い、SLR保持中の下肢・体幹筋活動を測定した。被験筋は脊柱起立筋、腹直筋、内側ハムストリングス、大腿直筋、それぞれ左右両側の計8筋とした。アースは左の腓骨頭とした。電極貼付位置はKonrad⁷⁾とCallaghan⁸⁾による実験を参考にし、脊柱起立筋は第3腰椎棘突起から外側3 cm、腹直筋は臍から外側3 cm、内側ハムストリングスは坐骨結節から鷲足付着部までを結んだ線分の中点、大腿直筋は下前腸骨棘から膝蓋骨上縁までを結んだ線分の中点を目安とした。電極を貼り付ける前に、8筋の電極貼り付け部位と左の腓骨頭部を剃毛する皮膚処理を行った。電極貼付部位をアルコール綿で拭いた後、皮膚前処理剤を用いて皮膚表面の角質を削り取り、もう一度アルコール綿で拭き取った。電極間距離は2 cmの双極導出法とし、サンプリング周波数は1000 Hzとして筋電図波形をパーソナルコンピュータへ記録した。

SLR保持中に、非挙上側下肢（左下肢）の踵から鉛直下方向へかかる力の大きさ、これを左足荷重量と定義する。「押さない」で0 kgに近い値で保持できているか、また「押す」で「通常」より大きな力で押せているかを確認するために、デジタルカメラにて体重計の目盛りを動画撮影した。

各課題動作間の休憩は1分以上とった。課題動作終了後、各筋に該当する最大随意収縮（maximum voluntary contraction：以下、MVC）での等尺性運動を5秒間実施した。等尺性MVCによる各運動の方法は以下の通りである。

- ・腹直筋（体幹屈曲）：背臥位にて後頭部で両手を組み、肩甲骨がベッドから離れるくらいの体幹屈曲挙上位で、検者は胸部に体幹屈曲運動に対して徒手抵抗を加える。
- ・脊柱起立筋（体幹伸展）：腹臥位にて後頭部で両手を組み、足関節部をベルト固定。体幹伸展挙上位（完全伸展でない）で、検者は胸背部に体幹伸展運動に対して徒手抵抗を加える。
- ・内側ハムストリングス（膝関節屈曲）：腹臥位にて膝関節屈曲90°位で、検者は踵部を把持し、膝関節屈曲運動に対して徒手抵抗を加える。
- ・大腿直筋（膝関節伸展）：端坐位にて膝関節屈曲30°位で、検者は脛骨遠位前方に手を置き、膝関節伸展運動に対して徒手抵抗を加える。

記録されたデータは多用途生体情報解析プログラムBIMUTAS II（キッセイコムテック社製）を用い、データ処理を行った。記録された波形にハイパスフィルタ10 Hz、ローパスフィルタ500 Hz、東日本地域の商用電源周波数50 Hzによる交流雑音を除くためのバンドストップフィルタ49.5-50.5 Hzをかけ、さらに全波整流を行った。

分析の対象区間はSLR保持5秒間のうち、波形が安定した中間3秒間とした。等尺性MVC運動に関しても同様とした。その3秒間において波形を振幅積分し、課題動作時あるいは等尺性MVC運動時の積分筋電図（integrated electromyography：以下、IEMG）をとった。それぞれのIEMGから、課題動作時のIEMGを等尺性MVC運動時のIEMGで100%正規化し、この値を%MVCとした。 %MVCは課題1種類につき3回分の平均値とした。左足荷重量は5秒間のSLR保持中の最大・最小の振れ幅を動画から確認し、その振れ幅の中間値をとり、同じく課題1種類につき3回分の平均値とした。

統計学的分析にはSPSS 16.0 J for Windowsを用いて行った。ただし、右大腿直筋を除く7筋の各課題動作間の%MVC比較にはフリーソフトR 2.9.1 for Windowsを用いた。右大腿直筋の%MVC比較と左足荷重量の比較には反復測定による分散分析を用い、多重比較検定はTukeyのHSD検定を用いた。右大腿直筋を除く7筋の%MVC比較には、Friedman検定を用い、多重比較検定はSteel-Dwass検定を用いた。有意水準は $p<0.05$ もしくは $p<0.01$ とした。

III. 結 果

各課題動作での左足荷重量と%MVCの値を表1に示した。脊柱起立筋の%MVCについて、「通常」と「押さない」に比べて「押す」が有意に高かった（ $p<0.01$ ）。腹直筋の%MVCについて、「通常」と「押す」に比べて「押さない」が有意に高かった（ $p<0.01$ ）。左内側ハムストリングスの%MVCと左足荷重量は、3条件間全てにおいて有意差が見られた（ $p<0.01$ 、左内側ハムストリングスの%MVCにおける「通常」と「押さない」の有意差のみ $p<0.05$ ）。値は両者とも「押す」、「通常」、「押さない」の順に高かった。右内側ハムストリングス、左大腿直筋、右大腿直筋は、3条件間全てにおいて%MVCに有意差は見られなかった。

なお、%MVCの数値が100%を超えていた被験者は被験者21名中11名おり、被験筋の内訳は、左脊柱起立筋：2筋、右脊柱起立筋：2筋、左腹直筋：2筋、右腹直筋：4筋、左内側ハムストリングス：3筋であった。

IV. 考 察

脊柱起立筋は両側とも「通常」「押さない」よりも「押す」の方が、有意に%MVCが大きいことが示された。これは仮説を支持する結果であり、SLRと同時に非挙上側下肢の支持面を押す方が、脊柱起立筋の活動性は高められることがわかった。背臥位で下肢伸展位にて支持面を押しつけることにより、非挙上側下肢は股関節伸展動作となる。股関節伸展筋である内側ハムストリングス

表1 各課題動作での左足荷重量と%MVC

	「通常」	「押す」	「押さない」	
左足荷重量	2.5 ± 1.1	6.5 ± 2.6	-0.5 ± 0.8	**1,**2,**3
左・脊柱起立筋	14.7 ± 16.9	42.6 ± 37.7	15.2 ± 17.1	**1,**3
右・脊柱起立筋	16.2 ± 18.6	40.6 ± 35.5	16.6 ± 18.6	**1,**3
左・腹直筋	18.1 ± 13.1	16.3 ± 20.8	46.2 ± 50.0	**2,**3
右・腹直筋	22.6 ± 19.6	16.2 ± 12.8	62.8 ± 62.0	**2,**3
左・内側ハムストリングス	23.9 ± 15.8	57.8 ± 49.8	13.4 ± 9.9	**1,**2,**3
右・内側ハムストリングス	9.9 ± 19.8	10.4 ± 19.6	9.3 ± 17.3	
左・大腿直筋	16.2 ± 16.0	26.4 ± 17.4	25.3 ± 17.1	
右・大腿直筋	28.7 ± 17.1	27.8 ± 15.1	28.7 ± 18.0	

値は平均値±標準偏差

(単位：左足荷重量はkg, その他は%)

**1：「通常」と「押す」の間に有意差あり (p<0.01)

**2：「通常」と「押さない」の間に有意差あり (p<0.01)

*2：「通常」と「押さない」の間に有意差あり (p<0.05)

**3：「押す」と「押さない」の間に有意差あり (p<0.01)

図1 矢状面から見た骨盤の前傾・後傾に関連する筋群

(位置関係…上：腹側，下：背側，左：尾側，右：頭側)

がその活動性をより高めることで、図1-aより骨盤には後傾作用が生じてくる。内側ハムストリングスの活動による骨盤後傾作用と、脊柱起立筋の活動による骨盤前傾作用とで互いに骨盤の動きを打ち消し合っていると考えられる。また、有意差は無いものの「通常」に比べ「押す」の方が左大腿直筋の%MVCが大きいのは、非挙上側下肢が伸展位であることによって、左大腿直筋がちょうど大腿四頭筋セッティングを行う時と同様な活動をしているためであると考えられる。

腹直筋は両側とも「通常」・「押す」よりも「押さない」の方が、有意に%MVCが大きいことが分かった。これはMayhewら²⁾の研究結果を支持するかたちとなった。「押さない」では非挙上側下肢の支持面を押さないように意識する。非挙上側下肢は伸展位を保持するという条件であるため、ちょうど支持面に下肢を接地させたままでSLR保持を行っている状態となる。言い換えると、非挙上側股関節屈曲角度0°位でのSLR保持を同時に行っているといえる。そのため、有意差は見られないが左大腿直筋の%MVCが「通常」より比較的高かったと考える。

SLRをすると、主な股関節屈曲筋である大腿直筋・腸腰筋により両下肢を挙上しようとする。腹直筋は腸腰筋の強い牽引力に対し、骨盤の動きを固定するように等

尺性収縮を起こす⁹⁾。大腿直筋も、腸腰筋と同じく骨盤に付着部を持ち、股関節前面を走行していることから、両下肢挙上時に腸腰筋と同様に骨盤に対して牽引力を発揮していると考えられる。骨盤や腰椎に付着する大腿直筋・腸腰筋の、下肢挙上による強力な牽引力(筋収縮)により骨盤には前傾作用が生じる。この骨盤前傾作用に対して、骨盤の動きを固定するため腹直筋は活動性が高まるのである(図1-b)。また腸腰筋の収縮力は、レバーアームである脚が水平に近いと最大となり、脚が挙上して垂直に近づくにつれ低下する⁹⁾という。大腿直筋・腹直筋に関しても、両下肢が挙上するにつれて骨盤が後傾していくことで、起始停止部の距離が近づいて筋張力は低下し、筋が働きにくい状態となる。下肢を挙上しようとする初期の段階、つまり股関節屈曲角度が小さいほど腸腰筋・大腿直筋・腹直筋の活動性は高いと考えられる。よって、「押さない」における非挙上側下肢の状態は両側SLRでの下肢挙上の初期段階に相当し、腹直筋の活動が高まる条件であったと考える。

本研究の実験における限界として、シールドルーム等で行えず、ノイズの入りやすい環境で行わざるを得なかったことである。安静時でも筋電波形としてフラットを示すことはなく、皮膚抵抗を下げるために電極貼付部位を

アルコール綿や皮膚前処理剤を使用するなど、ノイズ除去のために最善を尽くしても常に細かい波が現れる状態であった。%MVCとして表したとしても、安静時に0%となることはなかった。実験の実施場所は同一であるが、被験者ごとに筋電データを取った日時は異なっている。安静時の波形をとり、安静時の%MVCとして数値データを残してはいないが、その時々により表面筋電図の機器に周辺環境が与える影響も変動してくることが考え得るため、安静時における%MVCの値も上下していたと考えられる。このことから、本研究で測定された%MVCの値は、本研究で得られたデータとの比較のみ用いることはできるが、他の研究結果等との数値の比較は困難と考える。

%MVCが100%を超えた被験者が多く、そして%MVCの数値に大きくばらつきのある被験筋もあり、それは標準偏差の値の大きさからもわかる。この点については、等尺性MVC運動時の条件設定が十分であったとはいえないことが大きく影響していると考えられる。等尺性MVC運動は検者による徒手抵抗であったため、被験者によりMVC運動をする際の肢位が変化したり、発揮される力もばらつきがあったりした可能性が高い。一定の関節角度において、等尺性MVC運動に対して一定の抵抗を加えられるような条件を設定し行うべきであったと考える。

SLRはベッド上で行えて転倒リスクが低く、運動方法が簡単で理解しやすい。また本研究における肢位の条件は(1)背臥位、(2)非挙上側下肢伸展位、(3)挙上側下肢・股関節屈曲30°をとれること、である。この3条件を満たし、コミュニケーション、特に口頭指示に対する理解に問題なければ、本研究の課題動作をそのまま臨床応用できる。

本研究結果を臨床応用する場合、以下のことが考えられる。例えば腹筋・背筋に対するエクササイズは脊柱の動きを伴うことが多い。そのため、整形外科術後などで頸椎カラーや腰椎コルセット等を装着し、やむを得ず脊柱の動きを制限されている患者に対し、そのようなエクササイズは適用しにくい。その点、「押す」・「押さない」は体幹にとって脊柱の動きを伴わない等尺性収縮による筋活動であり、下肢筋と体幹筋、双方の筋活動を同時に促すことができる。そのため上記のように脊柱の運動が制限されている患者に対して、下肢・体幹筋活動を促し廃用症候群を改善・予防する等の目的において「押す」・「押さない」を適用することで、その特長を生かすことができると考える。しかし、このような状況が想定される脊椎・脊髄疾患の患者に限らず、脳卒中をはじめとする脳疾患や、その他整形外科術後の患者など、幅広い疾患の患者に対して適用できる。リハビリテーションを提供する場面によっても、急性期におけるベッドサイドでの下肢筋・体幹筋の廃用に対するアプローチ、入院中に

おける運動プログラムや自主トレーニング種目、在宅復帰後のホームエクササイズなど、様々に対応できると考えられる。以上のことから、背臥位をとることができ、かつ骨盤帯と下肢の関節運動が行える状態であれば、様々な臨床場面で体幹筋活動を促して、体幹機能の賦活化を図ることが可能であることが示唆された。

一般的に等尺性収縮による運動は血圧や心拍数を上昇させやすい。ある先行研究では、等尺性膝関節伸展運動で5秒という短時間での最大強度・75%強度の運動後、収縮期・拡張期血圧や心拍数は、安静時に比べて有意に高くなっている¹⁰⁾。本研究で行った運動方法は非挙上側下肢伸展位でのSLR保持における等尺性運動であるため、上記の先行研究結果を本研究結果にあてはめて考えることは一概にできない。しかし等尺性運動である限り、そのようなリスクがあることを想定しながら、血圧のコントロールが良好でない高血圧症や循環器疾患を持つ方などに対しては、リスク管理を徹底し、注意して行う必要があると考える。

引用文献

- 1) 吉尾雅春：脳血管障害の運動療法 (2) 一回復期。標準理学療法学 専門分野 運動療法学 各論、第2版、医学書院、東京、2006、pp130-144。
- 2) Davies PM (著)、富田昌夫 (監訳)：ライト・イン・ザ・ミドル 成人片麻痺の選択的な体幹活動。第1版、シュプリンガー・ジャパン、東京、1991、p7。
- 3) 大沼俊博、渡邊裕文、蔦谷星子・他：股関節外転位下肢伸展挙上保持における骨盤の動きと腹筋群の筋積分値との関係—非挙上側下肢屈曲位での検討—。関西理学、2003、3: 101-104。
- 4) Mayhew TP, Norton BJ, Sahrmann SA: Electromyographic study of the relationship between hamstring and abdominal muscles during a unilateral straight leg raise. *Phys Ther*, 1983, 63(11): 1769-1773。
- 5) Davies PM (著)、富田昌夫 (監訳)：ライト・イン・ザ・ミドル 成人片麻痺の選択的な体幹活動。第1版、シュプリンガー・ジャパン、東京、1991、p31。
- 6) Hislop HJ, Montgomery J (著)、津山直一 (訳)：新・徒手筋力検査法。原著第7版、協同医書出版社、東京、2003、pp198-199。
- 7) Konrad P, Schmitz, K, Denner A: Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. *J Athletic Training*, 2001, 36(2): 109-118。
- 8) Callaghan JP, Gunning JL, McGill SM: The relationship between lumbar spine load and muscle activity during extensor exercises. *Phys Ther*, 1998, 78(1): 8-18。
- 9) Norris CM: Abdominal muscle training in sport. *Br J Sp Med*, 1993, 27(1): 19-27。
- 10) 西本哲也、西本千奈美、渡邊 進・他：等尺性運動、バルサルバが健康成人の血圧・心拍に及ぼす影響。川崎医療福祉学会誌、1997、7(2): 405-409。