

原 著

斜面における持ち上げ動作の筋電図学的検討

近久真由美¹⁾，波之平晃一郎²⁾，藤村 昌彦²⁾

¹⁾徳島健生病院リハビリテーション科

²⁾広島大学大学院保健学研究科

(平成 21 年 7 月 2 日受付)

要旨：重量物の取り扱いには腰痛リスクのひとつとされ、数多くの研究報告がなされている。しかし、斜面における重量物の取り扱いに関する報告は少ない。本研究では、床面の傾斜角度を変えることで左右不均等な条件を設定し、持ち上げ動作時の身体の安定性に寄与する中殿筋 (GM)、大腿筋膜張筋 (TFL)、腰部傍脊柱筋 (LP) の筋活動の変化を筋電図学的に調べることを目的とした。対象は、健常男子大学生 11 名とした。筋電図は、双極誘導にて測定した。電極は表面電極を用い、電極中心間距離 3.5cm で導出筋の走行に沿って貼付した。重量物の質量は背筋力の 5% 相当量とした。重量物の底部にセンサーを装着し、重量物の離床を筋電図上に同期させた。前額面に対して傾斜角 0°、10°、20°、30° の可変式の傾斜台上で持ち上げ動作を行った。持ち上げ動作の開始は、重量物が床から離れた時点とし、身体が静止した時点を持ち上げ動作の終了とした。筋電図の解析は、得られた波形を全波整流化した後、等尺性最大随意収縮時の筋活動量を基に正規化を行った。山足側の筋活動量から谷足側の筋活動量を減じた値を、谷足側の筋活動量で除することによって正規化し、このときの値を山足と谷足の差の変化率とした。その結果、山足側の GM、TFL の筋活動量は 10° 以上で有意に低下した。谷足側の GM の筋活動量は 20° で、TFL の筋活動量は 30° で有意に増加した。山足側の LP の筋活動量は 30° で有意に増加したが、谷足側では有意な差はなかった。持ち上げ動作に伴う腰痛は、腰椎背筋群の筋活動によって筋内圧の上昇が起これ、その結果起こる筋の阻血が原因と考えられている。本研究においても、傾斜角度が増すにつれて山足側の LP の筋活動量が増大し、LP の山足と谷足の差が大きくなったことから、傾斜地で重量物を取り扱うことは、山足側の LP の筋内圧上昇により、腰痛の危険因子となり得ることが示唆された。

(日職災医誌, 58: 83—88, 2010)

—キーワード—

持ち上げ動作, 斜面, 表面筋電図

I. はじめに

厚生労働省は、腰痛リスクのひとつとして重量物の取り扱いを挙げている。今までにも重量物の取り扱いに関する研究は、数多くなされてきたが、水平な床面で行われているものが多く^{1)~4)}、斜面における重量物の取り扱いに関する報告⁵⁾は少ない。しかし、林業作業員などの持ち上げ動作においては、山の斜面での作業が多く、斜面に対して相対的に体幹の側屈を招くような不自然な作業姿勢を強いられることが少なくない。実際に、林業作業員の約 68% が腰痛になったことがあるという、厚生労働省の報告⁶⁾からも、重量物を持ち上げる環境が腰部への負担を変化させる可能性があると考えられる。

そこで、本研究では、床面の傾斜角度を変えることで左右不均等な条件を設定し、その条件下で持ち上げ動作を行う際、持ち上げ動作時の身体の安定性に寄与する中殿筋 (Gluteus medius: 以下, GM) および大腿筋膜張筋 (Tensor Fasciae Latae: 以下, TFL)、腰部傍脊柱筋 (Lumbar Paraspinals: 以下, LP) の筋活動の変化を明らかにすることを目的とした。

II. 対 象

対象は、筋骨格障害の既往がない健常男子大学生 11 名 (年齢: 23.7 ± 2.4 歳, 身長: 168.8 ± 3.9 cm, 体重: 59.4 ± 4.5 kg) とした。なお、利き足 (軸足) については過去の研究⁷⁾を参考に設定した。対象者には、測定前に研

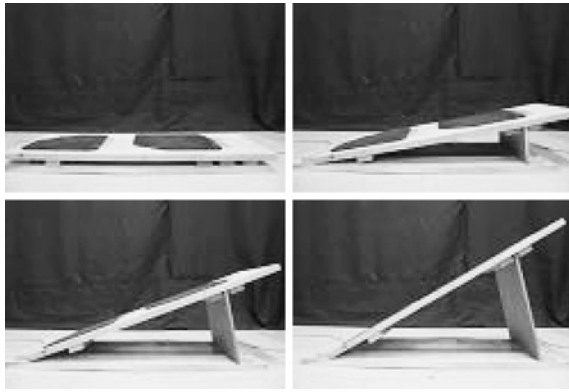


図1 傾斜台

左上：0° の斜面 右上：10° の斜面
左下：20° の斜面 右下：30° の斜面

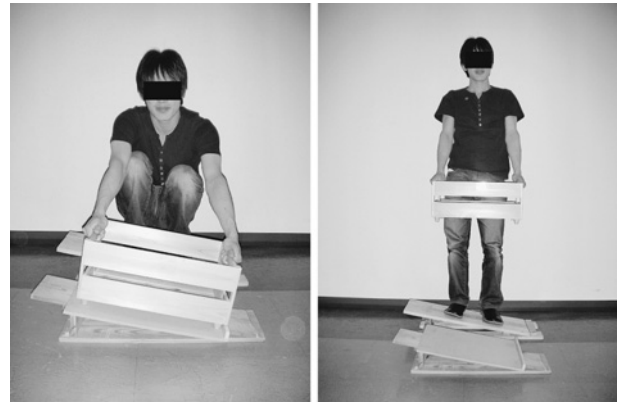


図2 斜面上での持ち上げ動作

究の内容および方法について十分説明し、書面にて同意を得た。なお、本研究を行うにあたり、広島大学大学院保健学研究科心身機能生活制御科学講座倫理委員会の承認を得た (No.0839)。

III. 方 法

1. 測定条件

表面筋電図は、MyoSystem1200 (Noraxon 社製、米国) を使用し、双極誘導にて測定した。動作の記録には、MyoVideo1.5.04 (Noraxon 社製) を使用した。導出されたアナログ信号は、サンプリング周波数 1,000Hz にて A/D 変換し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。

導出筋は、両側の GM, TFL, LP の 6 筋とした。電極は、表面電極 (blue sensor disposable electordes, Ambu 社製、デンマーク) を用い、電極中心間距離 3cm で導出筋の筋線維の走行に沿って貼付した。なお、貼付位置は、表面筋電図マニュアル基礎編の方法に準じた⁸⁾。アース電極は、第 12 肋骨とした。皮膚前処理は、剃毛した後、スキンプリア (日本光電社製、日本) を用いて十分に行った。重量物の質量は、背筋力の 5% とした。なお、背筋力の測定には、背筋力計 (バック D, 竹井機器工業社製、日本) を用い、3 回の測定の平均値をその対象者の背筋力とした。重量物の底四隅に NorSwitch (Noraxon 社製) を装着し、重量物の離床を筋電図上に同期させた。

2. 測定方法

2-1. 等尺性最大随意収縮の測定

各動作間で比較を行うために、GM, TFL, LP の等尺性最大随意収縮時の筋活動量 (maximum isometric voluntary contraction: 以下、MIVC) を測定した。GM および TFL は、ダニエルらの徒手筋力検査法 (Normal), LP は、腰背部筋の評価として用いられる Sorensen 法を採用した。各々のテスト肢位で徒手による抵抗に抗して動作させ、等尺性最大随意収縮を行わせた。各筋 1 回 5 秒間実施し、その中で最大となる瞬間を 100% MIVC とし

$$\frac{\text{山足側の筋活動量} - \text{谷足側の筋活動量}}{\text{谷足側の筋活動量}} \times 100$$

図3 山足と谷足の差の変化率算出式

た。

2-2. 持ち上げ動作

前額面に対して傾斜角 0°, 10°, 20°, 30° の可変式の傾斜台 (図 1) を作製し、その台上で持ち上げ動作を行った。開始肢位は、利き足が山足、非利き足が谷足となるようにした。足部は、足尖が前方を向くように揃え、足幅は肩幅とし、膝関節最大屈曲位から持ち上げ動作を行った (図 2)。この際、肘関節は完全伸展位とし、足底は、各動作間で動かさないように対象者に指示した。持ち上げ動作の開始は、重量物が床から離れた時点とし、身体が静止した時点を持ち上げ動作の終了とした。なお、開始肢位で膝関節最大屈曲位となった際に踵部が離床してしまう者は対象から除外した。動作を行う順番は、ランダムとなるようにし、筋疲労の影響を除外するため各動作間で 2 分間の休憩を与えた。各傾斜角につき 5 回持ち上げ動作を行った。

3. 解析および統計処理

表面筋電図の解析には、解析ソフト MyoResearch2.11.15 (Noraxon 社製) を用い、得られた波形を全波整流化した後、MIVC を基に正規化を行った。持ち上げ動作開始から終了までを解析区間とし、初回と最終回を除外した中 3 回の平均値を算出した。

統計処理には、JSTAT for windows を用いた。各角度間での同筋の筋活動の比較には、一元配置分散分析を用いて検討し、有意差が認められた場合には、Tukey 法による多重比較検定を行った。同角度での山足と谷足の筋活動の比較には、繰り返しのある二元配置分散分析を用いて検討し、交互作用が認められた場合には、山足と谷足の差の変化率について一元配置分散分析を用いて検討した。また、有意差が認められた場合には、Tukey 法による多重比較検定を行った。有意水準は 5% 未満とした。

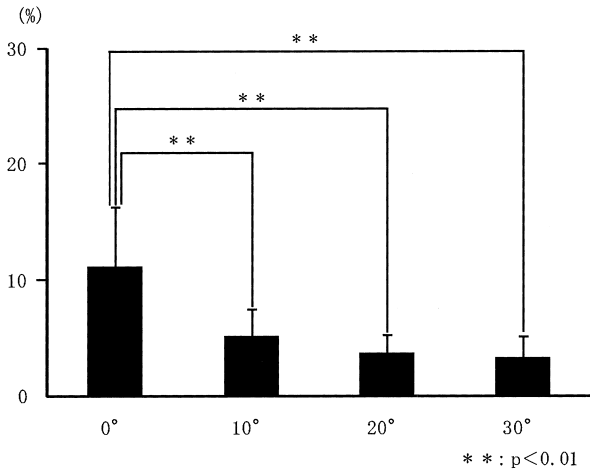


図 4-a 山足側 GM の筋活動量 (%MIVC)

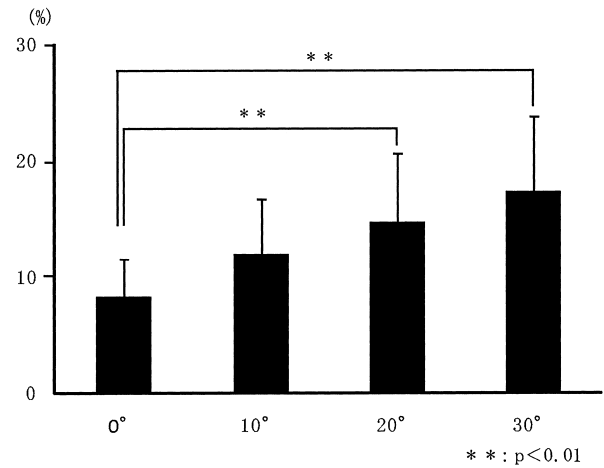


図 4-b 谷足側 GM の筋活動量 (%MIVC)

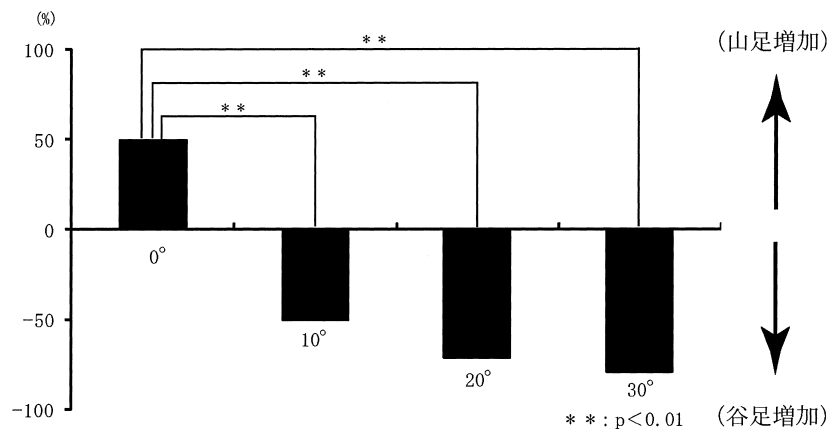


図 5 GM の山足と谷足の差の変化率

なお、山足側の筋活動量から谷足側の筋活動量を減じた値を、谷足側の筋活動量で除することによって正規化し、このときの値を山足と谷足の差の変化率とした (図 3)。

IV. 結 果

1. GM の筋活動

0° (水平な床面) での持ち上げ動作に比べて、山足側では、10° から筋活動量が有意に低下し (図 4-a)、谷足側では 20° から有意に増加した (図 4-b)。山足側と谷足側では、筋活動の変化の仕方が異なり、山足と谷足の差は 10° から有意に大きくなった。山足側に比べて谷足側の筋活動量の方が大きかった (図 5)。

2. TFL の筋活動

0° での持ち上げ動作に比べて、山足側では、10° から筋活動量が有意に低下し (図 6-a)、谷足側では 30° で有意に増加した (図 6-b)。山足側と谷足側では、筋活動の変化の仕方が異なり、山足と谷足の差は 10° から有意に大きくなった。山足側に比べて谷足側の筋活動量の方が大きかった (図 7)。

3. LP の筋活動

0° での持ち上げ動作に比べて、山足側では、筋活動量が 30° で有意に増加したが (図 8-a)、谷足側では有意な差はなかった (図 8-b)。山足側と谷足側では、筋活動の変化の仕方が異なり、山足と谷足の差は 20° から有意に大きくなった。谷足側に比べて山足側の筋活動量の方が大きかった (図 9)。

V. 考 察

本来、水平な床面での持ち上げ動作時において、GM や TFL は主動作筋とされていない⁹⁾。本研究においても、0° (水平な床面) における谷足側の GM では、MIVC に対して約 8% の筋活動量しかみられなかった。しかし、30° の傾斜では、約 17% まで筋活動量が増加しており、これは 0° の傾斜の時の約 2 倍であった。このように、持ち上げ動作の主動作筋ではない GM も、傾斜角度が増すにつれて谷足側では重要となってくることが考えられる。

本研究では、傾斜角度が増すにつれて、谷足側の GM および TFL の筋活動量は有意に大きくなり、逆に山足

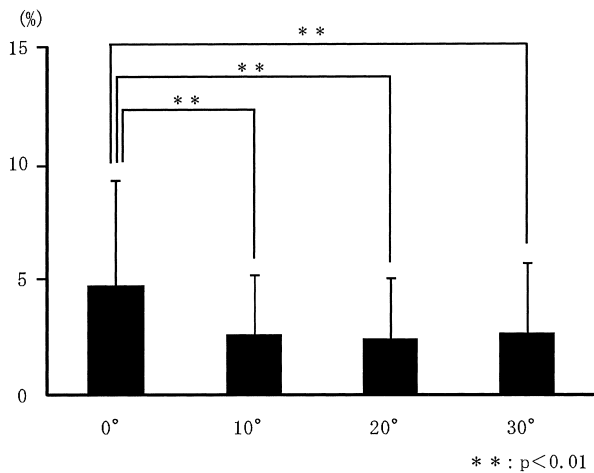


図 6-a 山足側 TFL の筋活動量 (%MIVC)

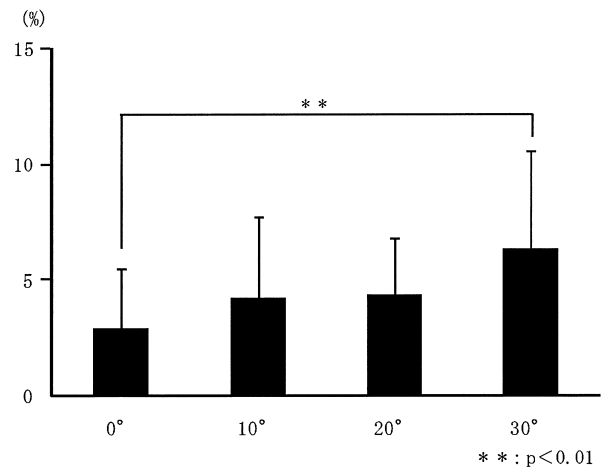


図 6-b 山足側 LP の筋活動量 (%MIVC)

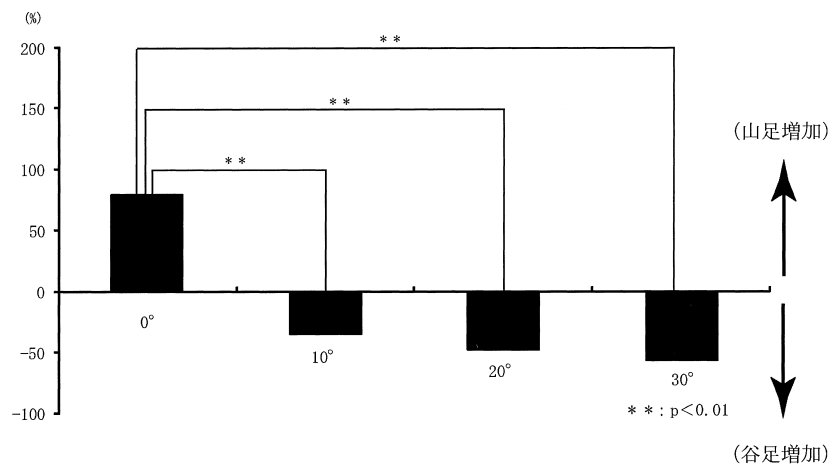


図 7 TFL の山足と谷足の差の変化率

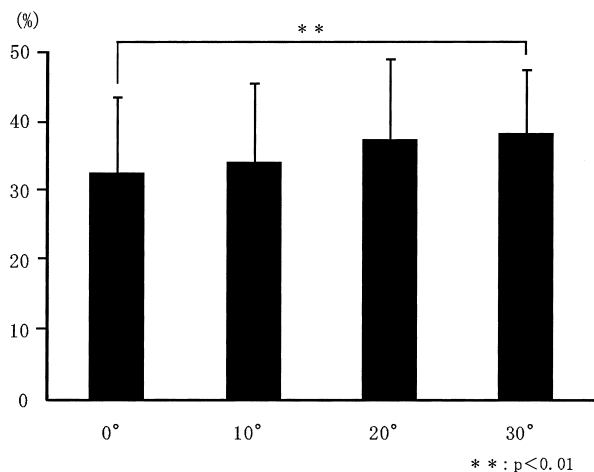


図 8-a 山足側 LP の筋活動量 (%MIVC)

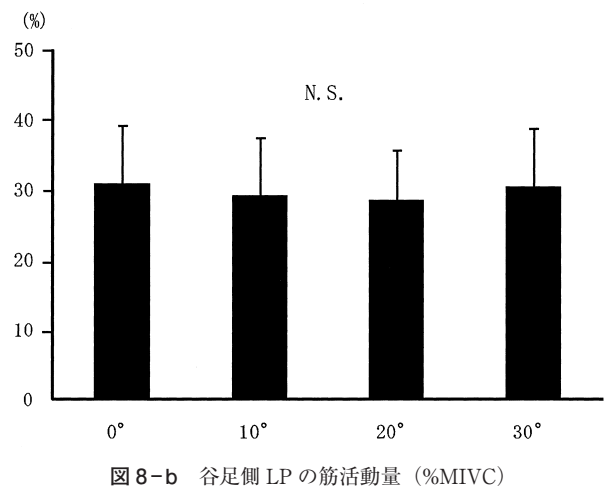


図 8-b 谷足側 LP の筋活動量 (%MIVC)

側の GM および TFL の筋活動量は有意に小さくなった。GM および TFL は、前額面方向への動揺において荷重を増したり減じたりする制御に関連して活動するといわれている¹⁰⁾¹¹⁾。また、Jiang ら⁵⁾は、傾斜角度が増すごと

に、一貫して山足側よりも谷足側への荷重が有意に大きくなったと報告している。これらのことから、本研究においても、傾斜角度が増すにつれて谷足側への荷重が大きくなり、その動揺を制御するために、谷足側の GM および TFL の筋活動量が増加したものとする。また、

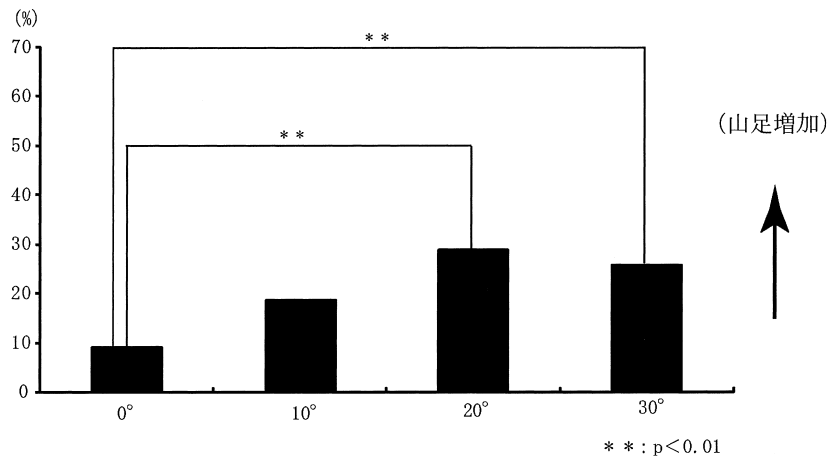


図9 LPの山足と谷足の差の変化

荷重が谷足側へ偏移したことで山足側への荷重が減ったことにより、山足側のGMおよびTFLの筋活動量が低下したものと考えられる。

30°の傾斜において、山足側のLPの筋活動量は、有意に大きくなった。また、20°以上の傾斜において、LPの山足と谷足の差は、有意に大きくなった。前額面方向の制御は主に股関節と体幹で起こるといわれている¹¹⁾。また、身体質量中心が理想的なアライメントとして定義された狭い範囲を出てしまうと、安定な位置へ回復するためによりいっそう多くの筋収縮が必要となり、この状態では補償的姿勢戦略がとられる¹¹⁾。これらのことから、20°以上の傾斜では、谷足側の股関節外転筋群と山足側のLPを使うことで、前額面方向の制御を補償したものと考えられる。

持ち上げ動作に伴う腰痛は、腰椎背筋群の筋活動によって筋内圧の上昇が起こり、その結果起こる筋の阻血が原因と考えられている¹²⁾。本研究においても、傾斜角度が増すにつれて山足側のLPの筋活動量が増大し、LPの山足と谷足の差が大きくなったことから、傾斜地で重量物を取り扱うことで、山足側のLPの筋内圧が上昇し、腰痛の危険因子となり得ることが示唆された。

本研究の限界としては、まず、摩擦係数が高い傾斜台を用いたことが考えられる。林業などの現場では、足場が悪い状況下での作業も少なくない。そのような状況下では、より大きな筋活動が必要になると思われる。また、今回の研究は、対象者を健常男子学生とし、疲労のない条件下で行った。しかし、実際の労働者は、長時間にわたり繰り返し作業を行っており、筋疲労が起こっていると考えられる。さらに、高齢化の進む林業従事者¹³⁾では、椎間板や椎間関節の変性などの加齢的要素も加わる¹⁴⁾。これらのことをふまえ、今後更なる条件設定を行うことで、より実際の労働環境に近い状況での腰痛リスクを検討し、産業衛生面で貢献できればと考える。

VI. 結 語

床面の傾斜角度を変えることで左右不均等な条件を設定し、左右のGM、TFL、LPの筋活動の変化を筋電図学的に調べた。その結果、傾斜角度変化にともなう各筋の働きが確認できた。さらに、傾斜地での持ち上げはLPの山足側の過負担を誘因し腰痛の危険因子となり得ることが示唆された。

文 献

- 1) 坂田 清, 山田博之, 荻内隆司, 他：若年健常者の荷物持ち上げ動作における性差についての研究. 日本臨床バイオメカニクス学会 27: 353—356, 2006.
- 2) 後藤伸介, 余田奈津美, 田端智恵美, 他：物体の持ち上げ動作に及ぼす動作戦略および重量負荷の影響. 石川県理学療法学雑誌 8: 4—8, 2008.
- 3) 徳山和宏, 藤村昌彦, 奈良 勲：質量不明の重量物持ち上げ動作における脊柱起立筋の活動—筋電学的研究—. 理学療法科学 17: 233—236, 2002.
- 4) 藤村昌彦, 河村光俊, 奈良 勲：持ち上げ動作時の重量物質量の変化が四肢体幹筋に及ぼす影響—筋電学的研究—. 理学療法科学 17: 65—70, 2001.
- 5) Jiang Z, Shin G, Freeman J, et al: A study of lifting tasks performed on laterally slanted ground surfaces. Ergonomics 48: 782—795, 2005.
- 6) 腰痛の有無及び発生原因作業別労働者割合：厚生労働省, 2002 <http://www.dbtk.mhlw.go.jp/toukei/kouhyo/data-rou13/data14/h14r1.xls>
- 7) 三上一貴：軸足・利き足の検討. 理学療法研究 15—18, 1999.
- 8) 下野俊哉：表面筋電図マニュアル 基礎編 SEMG Basic Manual. 酒井医療, 2004, pp 99—109.
- 9) 石川 斉：筋・骨格系の機能解剖アトラス. 東京, 文光堂, 2008, pp 196.
- 10) Knapandji IA：カバンディ 関節の生理学Ⅱ 下肢 原著第5版. 荻島秀男 (監訳), 東京, 医歯薬出版, 2005, pp 2—65.
- 11) Shumaway-Cook A, Woollacott MH：モーターコント

ロール 運動制御の理論と臨床応用 原著第2版. 田中
繁, 高橋 明(監訳), 東京, 医歯薬出版, 2006, pp 173—203.

12) 三瀧英樹, 伊藤友一, 三和真人, 他: 腰痛と屈曲弛緩現象
の関係. 日本腰痛学会雑誌 13: 136—143, 2007.

13) 「緑の雇用担い手育成対策事業」の取り組み等について:
「緑の雇用」総合ウェブサイト, 2004 <http://www.ringyou.net/news/pdf/1217.pdf>

14) 金村在哲, 佐藤啓三, 栗原 章, 他: 表面筋電計を用いた
挙上運動動作における体幹筋力の解析. 日本腰痛学会雑誌

8: 146—152, 2002.

別刷請求先 〒770-0805 徳島県徳島市下助任町 4-9
徳島健生病院リハビリテーション科
近久真由美

Reprint request:

Mayumi Chikahisa

Tokushima Kensei Hospital, 4-9, Shimosuketou-cho, Tokushima-shi, Tokushima, 770-0805, Japan

Electromyographic Examination of Human Lifting Motion on Inclination

Mayumi Chikahisa¹⁾, Koichiro Naminohira²⁾ and Masahiko Fujimura²⁾

¹⁾Department of Rehabilitation, Tokushima Kensei Hospital

²⁾Institute of Health Sciences, Faculty of Medicine, Hiroshima University

Many studies have reported human handling of heavy object as one risk of lumbago. However, there has been no report of human handling of heavy object on inclination. The purpose of this study was to set the conditions of unequal right and left foot by changing the gradient of floor and conduct electromyographic investigations into the modification of activity of Gluteus medius (GM) muscle, Tensor Fasciae Latae (TFL) muscle and Lumbar Paraspinals (LP) muscle that would affect the stability of a human body in lifting-up motion. Eleven (11) healthy male university students were selected as the test subjects. The electromyographic measurements were made with bipolar lead. Surface electrodes were used and installed in the direction of induction muscle with the distance between the centers of electrodes specified 3.5cm. Mass of the heavy object was set approx. 5% of back muscle strength. Sensor was placed on the bottom of heavy object to synchronize the release of heavy object from the bottom with the electromyography. Lifting-up motion was performed on a slant table whose gradient could be adjusted to 0°, 10°, 20° and 30° against the frontal plane. The start of lifting-up motion was defined as the time when the heavy object was released from the bottom and also the completion of lifting-up motion was defined as the time when the motion of human body came to a standstill. After full-wave rectification of the obtained waveform, the electromyographic analysis was to implement the regulation based on the amount of human muscle activity at maximal isometric voluntary contraction. The value that the amount of human muscle activity of the downhill foot was subtracted from that of the uphill foot was divided by the latter, which was regarded as the regulation, and the calculated value was defined as the change rate of difference between right and left foot. As a result, the amount of human GM and TFL muscle activity of the uphill foot decreased substantially at the gradient exceeding 10°. The amount of human GM and TFL muscle activity of the downhill foot increased substantially at the gradient of 20° and 30°, respectively. The amount of human LP muscle activity of the uphill foot increased substantially at the gradient of 30°, but there was no substantial difference in the downhill foot. The cause of lumbago that occurs in lifting-up motion seems to be muscle ischemia that results from the intra-muscular pressure increased by the activity of lumbar back muscles. This study also showed that the amount of LP muscle activity of the uphill foot increased and the difference in the LP muscle between right and left foot became greater as the gradient of floor increased, so that it was proven that the increase of LP intra-muscular pressure of the uphill foot could be a risk factor of lumbago when the heavy object was handled on inclination.

(JJOMT, 58: 83—88, 2010)