

重量物の質量表示が持ち上げ動作に与える影響

—筋電図学的研究—

藤村 昌彦, 波之平晃一郎

広島大学大学院保健学研究科

(平成 24 年 1 月 26 日受付)

要旨: 本研究は, 重量物取り扱いにおける質量表示の有無が腰部傍脊柱筋におよぼす影響を明らかにするために, 質量表示有無の 2 条件で重量物を持ち上げさせた. その際の, 腰部傍脊柱筋の働きについて表面筋電計を用いて検討した. 対象は, 健常男子大学生 10 名とした. 導出筋は, 右側の腰部傍脊柱筋とした. 対象者の右側の肩峰, 大転子, 膝関節関節裂隙, 足関節外果にマーカーを貼付し対象者の右側からビデオカメラ撮影した. 持ち上げ動作の開始は, 重量物が離床した時点とし, 動作の終了は重量物の底面が身長の高さに到達した時点とした.

重量物の質量は体重の 30% とした. 重量物を梱包する箱は, 質量を表示したもの(以下, 表示群)と表示しないもの(以下, 非表示群)を準備した. また, 被験者に重量物の質量を予測させないために, ダミー用として非表示の 10% および 20% の重量物も併せて準備した.

筋電図の解析は, 得られた波形を全波整流化した後, MIVC を基にデータの正規化を行った. 持ち上げ動作開始から終了までを解析区間とし積分値を算出した. また, 動作について経時的变化を調べるために 1 動作を 100% とし 5 区に等分割して区間毎の積分値を算出した. さらに, 重量物が離床するまでの 300msec を解析区間とし, 30msec を単位として積分値を算出した.

その結果, 表示群と非表示群を比較すると非表示群が有意に小さかったことから, 体幹支持力の低下が懸念され, その低下分を補うために後部脊柱靱帯群や関節包などに負荷が増大すると考えた. 経時的变化では, 持ち上げ初期である動作開始から最初の 20% の領域において非表示群の減少が顕著であった. 重量物が離床するまでの筋収縮は, 非表示群は表示群より遅れて活動がみられた. 重量物離床前 150msec 以降で非表示群は表示群と比して積分値が有意に小さかった. 以上のことから, 重量物の質量を提示することにより体幹の安定した状態で作業が遂行できる質量表示は, 産業衛生学的見地から有益だと考える.

(日職災医誌, 60: 226—230, 2012)

—キーワード—

持ち上げ動作, 質量表示, 表面筋電図

I. はじめに

持ち上げ動作は, 重量物を取り扱う産業現場のみならず日常生活においても頻繁に行われる動作である. 持ち上げ動作を行うとき脊柱基部に大きな圧迫力, 張力, 剪断力を生じる. このため, 持ち上げ動作は, 腰痛発生リスクの一因となっている¹⁾²⁾. 過去の研究では重量物の質量³⁾, 荷台の高さ, 持ち上げ方法の違いなど多くの研究がなされてきたが, 精神的側面からの検証は少ない. 持ち上げ動作における質量表示が構え姿勢におよぼす影響を明らかにするために, 質量表示有無の 2 条件で重量物を持ち上げさせた. その際の, 腰部傍脊柱筋の働きについ

て表面筋電計を用いて測定した. 本研究では, 急性腰痛症の多くが動作初期に発生するとの報告から, 重量物が離床する 300msec 前から離床までの腰部傍脊柱筋についても検証した.

II. 対 象

対象は, 筋骨格障害の既往がない健常男子大学生 10 名 (年齢: 21.3 ± 1.6 歳, 身長: 171.2 ± 7.7 cm, 体重: 60.9 ± 7.8 kg) とした (表 1). 対象者には, 測定前に研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

表1 対象者のプロフィール

対象者	性別	年齢 (years)	身長 (cm)	体重 (kg)
A	男性	19	162	55
B	男性	24	167	62
C	男性	22	180	63
D	男性	20	174	61
E	男性	22	178	80
F	男性	21	181	64
G	男性	21	172	58
H	男性	22	172	60
I	男性	23	169	52
J	男性	19	157	54

を得た (No.1021).

III. 方 法

1. 測定条件

筋電図は、表面筋電計 (Noraxon 社製, Tele Myo2400, 米国) を用い、双極誘導にて測定した。導出されたアナログ信号は、サンプリング周波数 1,500Hz にて、パーソナルコンピュータに取り込んだ。導出筋は、右側の腰部傍脊柱筋とした。貼付位置は、電極間距離 35mm で導出筋の走行に沿って貼付した。アース電極は第 12 肋骨とした。電極は、表面電極 (Ambu 社製, blue sensor disposable electrodes, デンマーク) を用いた。皮膚前処理は、スキンプリア (日本光電社製, 日本) を用いて十分に行った。重量物の質量は体重の 30% とした。重量物を梱包する箱は、質量を表示したもの (以下, 表示群) と表示しないもの (以下, 非表示群) を準備した。また、被験者に重量物の質量を予測させないために、ダミー用として非表示 10% および 20% の重量物も併せて準備した。対象者の右側の肩峰, 大転子, 膝関節関節裂隙, 足関節外果にマーカーを貼付した。また、対象者の右側よりビデオカメラ (SONY 社製, 日本) で撮影した。

2. 測定方法

各動作間で筋活動量の比較を行うために、筋の等尺性最大随意収縮時の筋活動電位 (maximum isometric voluntary contraction: 以下, MIVC) を測定した。測定肢位は腰背部筋の評価として用いられる Sorensen の trunk holding test の肢位に準じた⁴⁾。腹臥位で臍部から上半身をベッドの端から浮かせて、検者の徒手により加えられた抵抗に抗して体幹の水平位を維持させて腰部傍脊柱筋に等尺性最大随意収縮を行わせた。測定は 1 回 5 秒間実施し、その中で最大となる 1 秒間あたりの MIVC を 100% MIVC とした。

持ち上げ動作の開始は、重量物が離床した時点とし、動作の終了は重量物の底面が身長の高さの 1/2 の高さに到達した時点とした。持ち上げ方法は任意とし、表示 30%, 非表示 10%, 非表示 20%, 非表示 30% の重量物をランダムな順番で持ち上げ動作を 6 回行った (図 1)。



図1 表示群および非表示群の持ち上げ動作

3. 解析および統計処理

筋電図の解析は、表面筋電図解析ソフト MyoResearch 2.11.15 (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。筋電図の解析は表面筋電図解析ソフトを用いて得られた波形を全波整流化した後、MIVC を基にデータの正規化を行った。持ち上げ動作開始から終了までを解析区間とし積分値を算出した。また、動作について経時の変化を調べるために 1 動作を 100% とし 5 区間に等分割して区間毎の積分値を算出した。さらに、重量物が離床するまでの 300msec を解析区間とし、30msec を単位として 10 区間の積分値を測定した。

動作を行う順番はランダムとなるよう設定し、各試行の持ち上げ動作間に十分な休憩を設け筋疲労の影響がないよう配慮した。統計学的処理には、JSTAT for windows を用い、体重の 30% の重量物を持ち上げたときの表示群と非表示群間について Paired t-test を行った。なお、有意水準は 5% 未満とした。

IV. 結 果

重量物持ち上げ動作における積分値は、表示群 10.46 ± 3.27 , 非表示群 8.64 ± 3.31 であった。表示群と非表示群を比較すると非表示群が有意に小さかった ($p < 0.01$, 図 2)。また、経時の変化では、持ち上げ初期である動作開始から最初の 20% の領域 (第 1 区) において非表示群の減少が顕著であった。 ($p < 0.01$, 図 3)。

重量物が離床するまでの筋収縮は、非表示群は表示群より遅れて活動がみられた。重量物離床前 120~150 msec 以降で非表示群は表示群と比して積分値が有意に小さかった ($p < 0.01$, 図 4)。その傾向は、重量物の離床直前に顕著であった。

V. 考 察

例えば、重量物を取り扱う引越作業者は、箆笥や冷蔵庫などの大型重量物より段ボールの運搬がハイリスクで

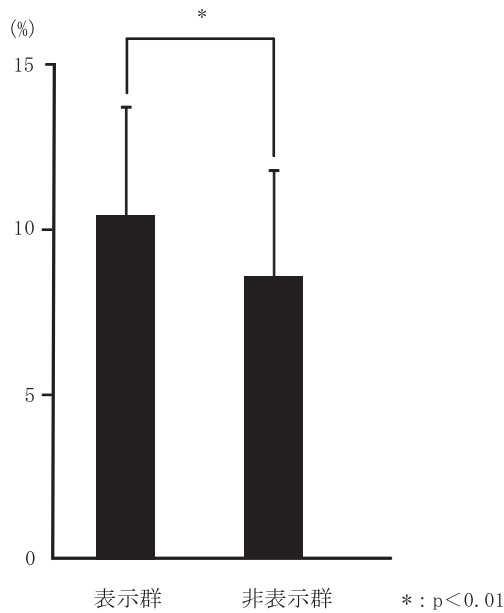


図2 腰部傍脊柱筋の積分値

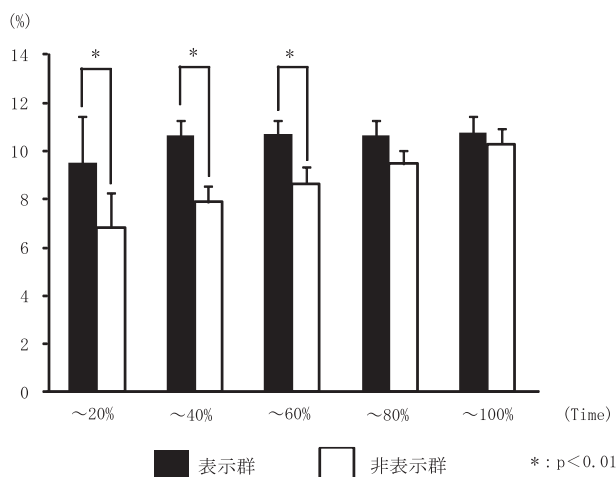


図3 腰部傍脊柱筋の積分値の経時的変化

あると考えられている。この理由として、箆笥や冷蔵庫は重さのイメージが容易であること、さらに複数人で作業することや分解することでリスクは軽減できる。一方、段ボールは中身がみえないため作業者の想定以上の突発的な大きな負荷が発生することや、あるいは軽すぎて荷抜け（荷物が軽く持ち上がり体幹の急激な伸展）が危惧される。作業者は日常繰り返す業務の中で、注意力が散漫になり不用意な持ち上げを行うことも想定され、思いこみや勘違いなどで予期せぬ事象に遭遇することも考えられる。Yun ら⁹⁾は重量物運搬作業において、予期しない作業停止により外部伸展モーメントが発生して体幹傾斜が減少し、体幹が直立するような現象が生じて腰痛を含む傷害の危険性を指摘している。この場合、同様の停止であっても、事前に知り得たる停止（自発的な停止）と比して危険性が大きいと報告している。予期しない停止

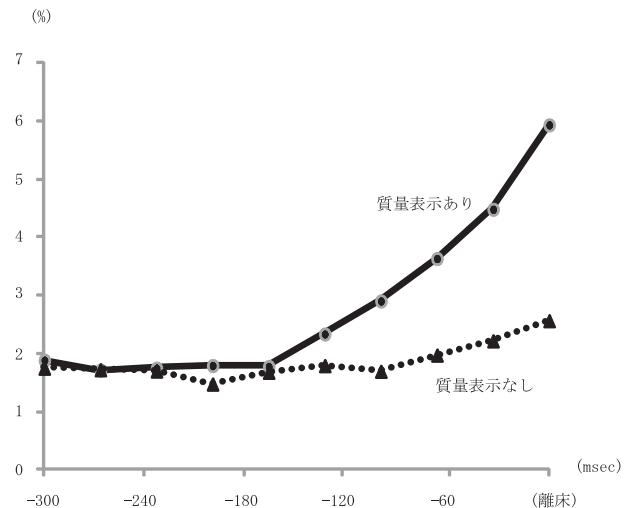


図4 重量物離床前 300msec の積分値

では、体幹の動きが逆方向となり体幹の動きを制御できなくなるにより、腰痛の発生の潜在的危険性が懸念され、運搬など重量物の取り扱いにおいては、環境を整備して労働災害を未然に防ぐことが肝要としている。

本研究は、持ち上げ動作における質量表示の影響を明らかにするために、質量表示有無の2条件で重量物を持ち上げさせた。その結果、重量物持ち上げ動作における積分値は、表示群で大きくなった。重量物を持ち上げる時、一般的に作業者はその重量を予測して取り扱う。重量物に触れる前から、主に視覚を活用して情報収集し合理的な力を発揮する能力を有する⁶⁾。Gordon ら^{7,8)}は、持ち上げ動作は過去の経験を活かして運動プログラムに統合し、これを内部モデルとして説明している。過去の報告では、視覚で認識できる大きい物体は、重量が重いと考えて大きな筋力を発揮するとしている。内部モデルは、予め重量物の大きさに対して発揮する筋力を調節する機能であるが、本研究結果の非表示群においてその働きが十分に機能しなかったことが考えられる。

経時的変化では、持ち上げ初期である動作開始から最初の20%の領域（第1区）において非表示群の減少が顕著であった。また、重量物が離床するまでの筋収縮は、非表示群は表示群より遅れて活動がみられた。体幹が前傾した重量物離床前後の時期は、持ち上げ動作に必要な筋活動量が十分に供給されておらず、椎間関節、各靭帯、椎間板から構成される脊柱可動部に負担を強いと考えられる⁹⁾。椎椎間板にかかるストレスは、体幹前傾角度が大きいほど増強し、さらに椎間板に対して不均一な負荷が加わるため、髄核を変形させて腰椎椎間板ヘルニアの一因となり得る。そのような状況下で急激な負荷が加わるため、椎間板へのリスクが大きくなるといえる。

持ち上げ動作に重要な腰部傍脊柱筋は、腰椎の前彎を維持するために重要な機能を担っている。この筋が過緊張した状態で腰部に負荷が加わると腰痛の一因となると

推察する。通常の緊張であれば耐えうる負荷量であっても、過緊張を生じることで、腰部組織に損傷を起こす可能性があると考えられる。解剖学的に腰部傍脊柱筋は、椎体から横突起への距離が短いため、筋の支点として不安定な状態におかれる。重量物を取り扱い際、腰部傍脊柱筋は重量物の重心から離れたところで作用するため傷害発生の可能性は大きくなる。

持ち上げ動作は、まず骨盤周囲筋が収縮し、その後体幹前屈45度付近から体幹固定筋が身体を安定させて腰部傍脊柱筋の働きを補助するため¹⁰⁾持ち上げ初期の体幹前屈姿勢は、腰部に負荷が増大することが懸念される。また、持ち上げ時の胸・腰椎移行部のモーメント値の最大ピークは、持ち上げ作業前半にみられること¹¹⁾などを総合的に鑑みれば、安全な持ち上げ動作をするために質量表示は有益だと考える。

本研究は対象者を健常男子学生とし、設定された環境で実施した。しかし、実際の産業現場は、企業の営利を追求する目的で作業が遂行されており作業時間の短縮、不十分な人員配置による過重作業も懸念される。今後は、対象者の年齢層を広くして多様化する労働環境に近い状況下で検証したい。

VI. 結 語

本研究は、重量物取り扱いにおける質量表示の有無が腰部傍脊柱筋におよぼす影響を明らかにするために、表面筋電計を用いて質量表示有無の2条件間で比較検討した。その結果、非表示群が有意に小さかったことから、体幹支持力の低下が懸念され、その低下分を補うために後部脊柱靱帯群や関節包などに負荷が増大すると考えた。経時的変化から検討すると、持ち上げ初期に腰部傍脊柱筋の働きが顕著に低下することが確認された。重量物が離床するまでの筋収縮は、非表示群は表示群より遅れて活動がみられた。以上のことから、重量物の質量を提示することにより体幹の安定した状態で作業が遂行できる質量表示は、産業衛生学的見地から有益だと考える。

文 献

- 1) Damkot DK, Pope MH, Lord J, et al: The relationship between work history, work environment and low-back pain in men. *Spine* 9: 395—399, 1984.
- 2) Plouvier S, Renahy E, Chastang JF, et al: Biomechanical strains and low back disorders: quantifying the effects of the number of years of exposure on various types of pain. *Occup Environ Med* 65: 268—274, 2008.
- 3) Burg JC, Dieën JH, Toussaint HM: Lifting an unexpectedly heavy object: the effects on low-back loading and balance loss. *Clin Biomech* 15: 469—477, 2000.
- 4) Kankaanpää M, Laaksonen D, Taimela S, et al: Related Articles Age, sex, and body mass index as determinants of back endurance test. *Arch Phys Med Rehabil* 79: 1069—1075, 1998.
- 5) Lee YJ, Hoozemans MJ, Dieën JH: Control of trunk motion following sudden stop perturbations during cart pushing. *J Biomech* 44: 121—127, 2011.
- 6) Westling G, Johansson RS: Factors influencing the force control during precision grip. *Exp Brain Res* 53: 277—284, 1984.
- 7) Gordon AM, Forssberg H, Johansson RS, et al: Visual size cues in the programming of manipulative forces during precision grip. *Exp Brain Res* 83: 477—482, 1991.
- 8) Gordon AM, Forssberg H, Johansson RS, et al: The integration of haptically acquired size information in the programming of precision grip. *Exp Brain Res* 83: 483—488, 1991.
- 9) Cholewicki J, McGill SM: Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech* 11: 1—15, 1996.
- 10) Nelson JM, Walmsley RP, Stevenson JM: Relative lumbar and pelvic motion during loaded spinal flexion/extension. *Spine* 20: 199—204, 1995.
- 11) Fujimura M, Yuge R: An Study of personal joint moment in heavy object lifting action. *J Occupational med Traumatology* 54: 129—136, 2006.

別刷請求先 〒734-8551 広島市南区霞 1—2—3
広島大学大学院保健学研究科
藤村 昌彦

Reprint request:

Masahiko Fujimura, PhD, RPT
Institute of Health Sciences, Faculty of Medicine, Hiroshima University, 1-2-3, Kasumi, Minamiku, Hiroshima, 734-8551, Japan

Influence of Pre-acquired Knowledge of the Weight of a Heavy Object on Muscle Activity during Lifting Tasks: An Electromyographic Study

Masahiko Fujimura and Koichiro Naminohira

Institute of Health Sciences, Faculty of Medicine, Hiroshima University

We examined the effectiveness of labeling the weight when handling a heavy object by studying lumbar paraspinal muscles. To achieve this, we compared the effect of lifting both labeled and unlabeled objects. Ten healthy male university students were selected as the test subjects. During this study, the function of the lumbar paraspinal muscles was evaluated using surface electromyography. The induction muscle was presented with the lumbar paraspinal muscles on the right side of the human body. Markers were placed on the acromion, trochanter major, knee joint space, and malleolus lateralis of the right side of the subjects, and a video camera was used to record the movements. The start of lifting motion was defined as the time when the heavy object was raised from the floor, and completion of the lifting motion was defined as the time when the bottom of the object was raised to half the subject's height. The mass of both the objects to be lifted was set at 30% of a subject's body weight. We prepared two boxes, one with no label (undisplayed group) and the other with its weight displayed (display group). We prepared a fake box with the 10% and 20% combined that did not have a label to show the weight of the object so that the subject would not be able to predict the weight. After full-wave rectification of the obtained waveform, electromyographic analysis was performed to evaluate regulation of movement on the basis of the amount of muscle activity at maximal isometric voluntary contraction. Interval analysis was set from the start to completion of the lifting motion, and the integrated value was subsequently calculated. Then, to verify the change over time for the movement, we considered the time taken to perform one cycle of lifting motion to be 100% and divided it into 5 equal intervals to calculate the integrated value. Further, we have an analysis of a heavy object before raising it 300 msec off the floor. The results showed that the undisplayed group had a significantly lower mean integrated value for the lumbar paraspinal muscles than the display group. It is assumed that muscle support force decreases and the load on the posterior vertebral ligament group or intervertebral joint capsules increases to supplement the decreased force. With regard to the change over time for the lifting motion, the initial interval of 20% from the start of motion showed that the undisplayed group had a significantly lower integrated value for the lumbar paraspinal muscles than the display group. The results also showed that muscle activity was delayed mostly when the subjects were not aware of the weight of the heavy object. Compared to the integrated values, the muscle activity while lifting the unlabeled weight showed significantly lower values after 150 ms. In conclusion, these studies suggest that before lifting a heavy object, prior knowledge of its weight contributes to appropriate muscle function while lifting and beneficial from the viewpoint of industrial hygienics.

(JJOMT, 60: 226—230, 2012)