

疲労が重量物の持ち上げ動作に及ぼす影響

福田 春花¹⁾, 藤村 昌彦²⁾

¹⁾松山リハビリテーション病院リハビリテーション部

²⁾広島都市学園大学健康科学部リハビリテーション学科

(平成 25 年 4 月 18 日受付)

要旨：本研究では企図的に疲労を発生させ、疲労の有無による持ち上げ動作を比較し、持ち上げ動作に及ぼす疲労の影響について検討した。対象は、筋骨格系の既往がない本学健常男子学生 10 名とした。

筋電図は、表面筋電計にて双極誘導にて測定した。導出筋は、右側の腰部傍脊柱筋および大腿直筋とした。重量物の質量は体重の 20% とした。対象者の第 7 頸椎棘突起、第 5 腰椎棘突起、右側の大転子、膝関節裂隙、外果にマーカーを貼付し対象者の右側より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、重量物の底が台に全面接地した時点とした。持ち上げ方法は、十分な安静をとった通常の状態を実施する条件と、測定前にスクワット動作を課し疲労した状態を実施する条件とした。スクワット動作は測定時と同様の重量物を両手で持ち、1 回/2 秒のペースでオールアウトまで行った。持ち上げ動作は両条件ともに 5 回ずつ行った。

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。持ち上げ動作開始から終了までを解析区間とし平均積分値を算出した。次に、動作について経時の変化を調べるために、5 回の平均値データを用いて、1 動作を 100% とし 4 相に等分割して区間毎の積分値を算出した。また、動作開始時の画像から膝関節屈曲角度を計測した。

その結果、疲労に伴い持ち上げ動作初期では大腿直筋、その後に腰部傍脊柱筋の筋活動量増加が認められた。すなわち、持ち上げ動作初期には膝関節、持ち上げ動作後半には腰部への負担が増大していた。本研究より疲労した状態での持ち上げ動作は、腰部への負担増加による腰痛リスクとなることに加え、膝関節への負担増加が変形性膝関節症などの進行に関与し膝関節痛リスクともなることが示唆された。

(日職災医誌, 62 : 27—31, 2014)

—キーワード—

持ち上げ動作, 疲労, 表面筋電図

1. 緒 言

腰痛発生原因のひとつとして重量物の持ち上げ動作(以下、持ち上げ動作)がある。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時には、特に腰骨盤部に大きな圧迫力、張力、剪断力が生じ、腰痛の危険因子となる¹⁾。

また、持ち上げ動作に起因する腰痛発生は、始業開始直後と午後 3 時過ぎに増加している²⁾。後者は労働開始から時間が経過していることから、疲労と何らかの関連が

あると推察される。これより、疲労によって持ち上げ動作時の腰部への負担が変化する可能性が考えられる。これまで、取扱重量、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疲労と腰痛の関連性についての報告は少ない。

そこで、本研究では企図的に疲労を発生させ、疲労の有無による持ち上げ動作を比較し、持ち上げ動作に及ぼす疲労の影響について検討することを目的とする。

II. 対 象

1. 対象

対象は、筋骨格系の既往がない本学健常男子学生10名であった(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を得た(No.1221)。

III. 方 法

1. 測定条件

筋電図は表面筋電図計(Noraxon社製, 米国)を用い、双極誘導にて測定した。動作の記録にはMyoVideo1.5.04(Noraxon社製, 米国)を使用した。導出された信号は、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(Lumbar Paraspinals: 以下, LP)、大腿直筋(Rectus Femoris: 以下, RF)の2筋とした。貼付位置は、表面筋電図マニュアル基礎編の方法³⁾に準じ、導出筋の走行に沿って貼付した。アース電極は、第12肋骨に貼付した。電極は、表面電極(Ambu社製, ブルーセンサー M-00-S, デンマーク)を用いた。皮膚前処理は、スキンピュア(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20%、台の高さは身長¹/3とした。対象者の第7頸椎棘突起、第5腰椎棘突起、右側の大転子、膝関節裂隙、外果にマーカーを貼付した。

表1 対象者の基本情報

年齢(歳)	21.7±0.6
身長(cm)	168.6±5.7
体重(kg)	62.6±6.5
BMI(kg/m ²)	22.0±2.3

mean±SD

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

持ち上げ方法は、対象者の任意の方法とした。台の前に置いた重量物を台の上まで持ち上げる動作を行わせた(図1)。この時、足の位置は移動させないように指示した。動作の開始は重量物が離床した時点とし、動作の終了は、重量物の底が台に全面接地した時点とした。対象者には2条件の持ち上げ動作を行わせた。2条件は、十分な安静をとった通常の状態を実施する条件(以下, C条件)と、測定前にスクワット動作を課し、疲労した状態で実施する条件(以下, F条件)とした。スクワット動作は測定時と同様の重量物を両手で持ち、1回/2秒のペースでオールアウトまで行った。持ち上げ動作は両条件ともに5回ずつ行った。

3. 解析および統計学的処理

筋電図の解析は、表面筋電図解析ソフトMyoResearch 1.07.25(Noraxon社製, 米国)を用い、得られた波形を全波整流化した。持ち上げ動作開始から終了までを解析区間とし、持ち上げ動作5回の平均値を算出した。また、1動作の時間を100%として4相に等分割した。

2次元画像解析ソフト(ImageJ 1.43u: NIH製, 米国)を用いて、第1相の動作開始時の画像から、矢状面上での体幹前傾角度(鉛直線と第7頸椎~第5腰椎線の間の角)、膝関節屈曲角度(大転子~膝関節裂隙線と膝関節裂隙~外果線の間の角)を計測した。

統計学的処理には、StatView for Windows 5.0(SAS社製, 米国)を用いた。対応のあるt検定を用い、2条件間の筋活動および関節角度を比較した。なお、有意水準は5%未満とした。

IV. 結 果

1. LPの筋活動(図2, 3)

LPは、経時的变化では全体的にC条件と比較してF

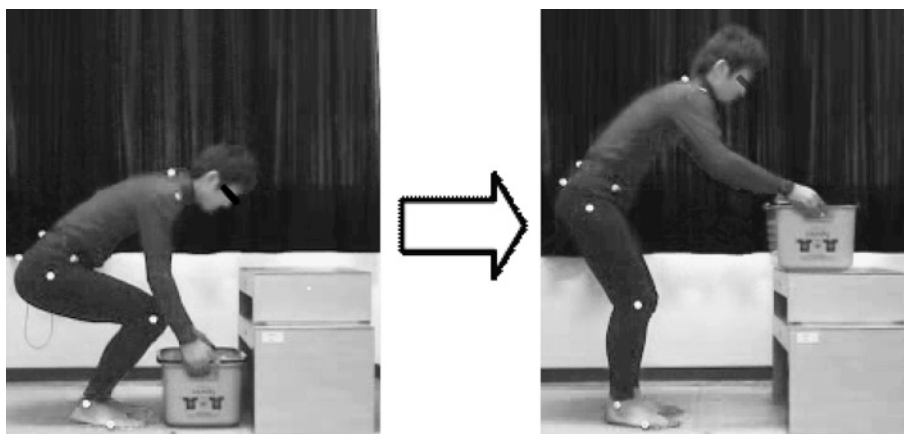


図1 持ち上げ方法

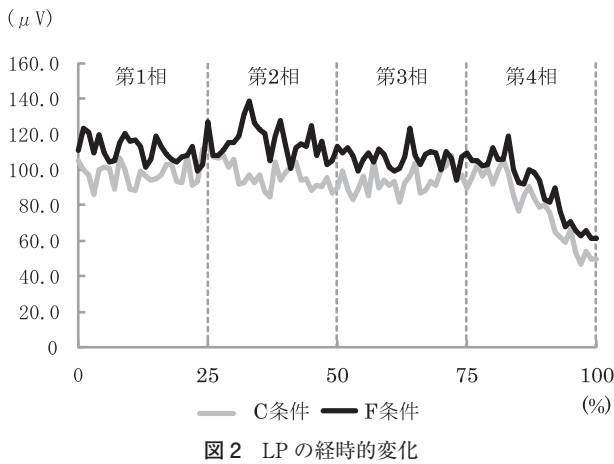


図2 LPの経時的変化

条件で筋活動量は増加したが、第1・3・4相では2条件間の平均筋活動量に有意差は認められなかった。第2相においては、C条件に比べF条件の平均筋活動量が有意に増加した。

2. RFの筋活動 (図4, 5)

RFは、持ち上げ動作開始直後に2条件間で著明な差がみられた。第1相では、C条件と比較しF条件の平均筋活動量が有意に増加した。第2~4相では、2条件間の平均筋活動量に有意差は認められなかった。

3. 動作開始時の関節角度 (図6)

C条件と比較してF条件で、体幹前傾角度は有意に低下し、膝関節屈曲角度は有意に増加した。

V. 考 察

重量物を取り扱う産業現場では、しばしば疲労した状態で労働を行い、持ち上げ動作を行う場合がある。そこで、今回疲労した状態での持ち上げ動作が身体に与える影響について検討した。

先行研究より、持ち上げ動作において、腰部への負担が少なく、腰痛リスクの低い方法として、体幹を真っ直ぐにしたまま、しゃがみ立ちの姿勢で持ち上げる方法(以下、squat法)が知られている。squat法は、両下肢の伸展機能によって持ち上げているため、両下肢の屈曲を行わず、前かがみの姿勢で持ち上げる方法(以下、stoop法)と比較して腰部への負担が少ないとされている⁴⁾⁵⁾。

本研究では、C条件と比較してF条件で持ち上げ動作初期のRFの筋活動量が増加した。大畑ら⁶⁾は、筋疲労に伴う筋電図の振幅増大は、筋張力低下に対する代償的な運動単位の動員増加によるとしている。また、持ち上げ動作開始時の膝関節屈曲角度もC条件に比べF条件で増加しており、より深く膝関節を屈曲した状態から立ち上がっていることがわかる。より深いスクワットでは、大腿四頭筋のより大きな力が要求される¹⁾ため、C条件と比較してF条件では立ち上がる際に必要な下肢伸展筋力が増加したと推察される。以上より、第1相において

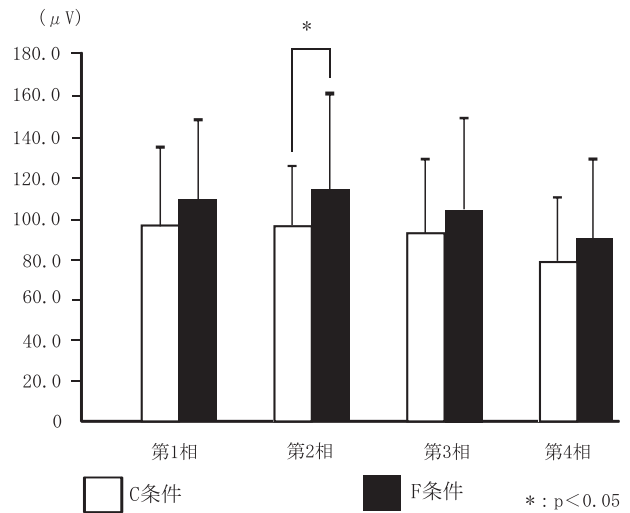


図3 LPの各相における平均筋活動量

RFの平均筋活動量増加が生じたと考えられる。

膝関節屈曲角度の増加の要因としては2つの可能性が考えられる。1つ目は、大腿四頭筋の筋疲労のためしゃがみ込んだ際の遠心性収縮による膝関節屈曲角度の維持力が低下したことで、意図せず屈曲角度が増加してしまった可能性である。2つ目は、筋疲労による筋出力低下を膝関節の屈曲角度を増大し、持ち上げ動作開始時に勢いをつけることで補おうとした可能性である。

本研究では、重量物の離床時を動作開始としているため、膝関節屈曲角度の増大要因の断定は困難であるが、持ち上げ動作初期の第1相ではC条件と比較してF条件でsquat法に近い動作となっている。つまり、疲労した方が腰部への負担は少なくなっているといえる。

しかし、第2相においてはLPの筋活動量がC条件に比べF条件で増加している。これより、持ち上げる瞬間ではなく、重量物を持ち上げて別地点へと移動させる際に腰部への負担が増加すると推察される。実際の労働現場においても荷物の移動時に腰痛発生が多発している²⁾ことから、重量物の移動時には疲労により腰部への負担が増加し、その動作を繰り返すことによって腰痛発生の一因となることが考えられる。

Cheolら⁷⁾は、慢性腰痛者はL5高位の疲労が最も高いと報告している。疲労した状態で重量物の移動動作を行うことで、さらに腰部の疲労が高まり腰痛の慢性化が生じることも考えられる。本研究では、対象者と重量物の位置は近かったが、佐々木⁸⁾らは重量物との距離が離れると疲労により腰部負担が増加するとしている。また、持ち上げ動作初期には疲労によりsquat法に近い方法をとることで大腿四頭筋の活動が要求され、膝関節への負担が増大している。体重20%以上の重量物の持ち上げ動作では、体幹筋の筋活動が増加⁹⁾、身体動揺も大きくなる¹⁰⁾という報告があることから、さらに重い重量物の持ち上げ動作では腰部および膝関節への負担も増大すると

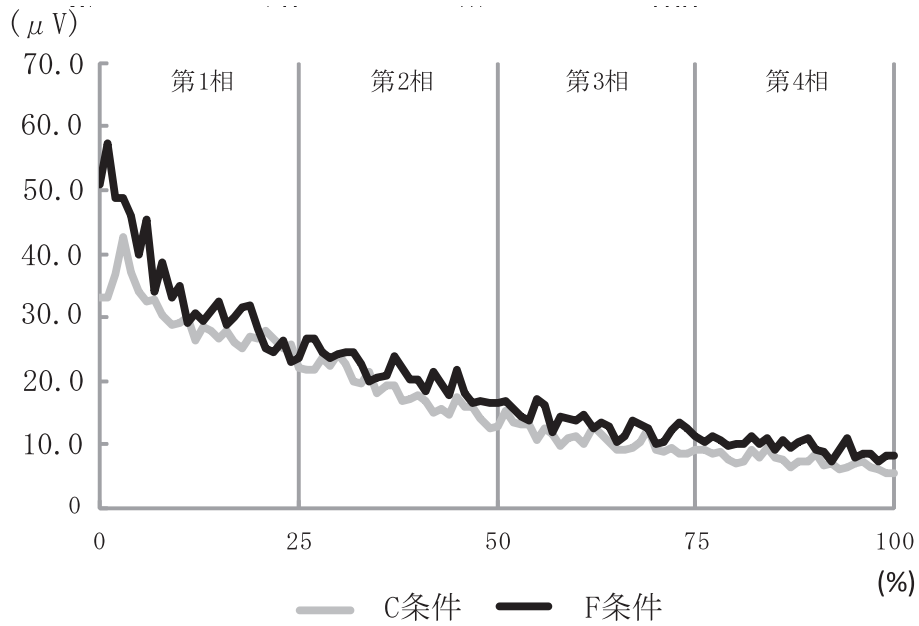


図4 RFの経時的変化

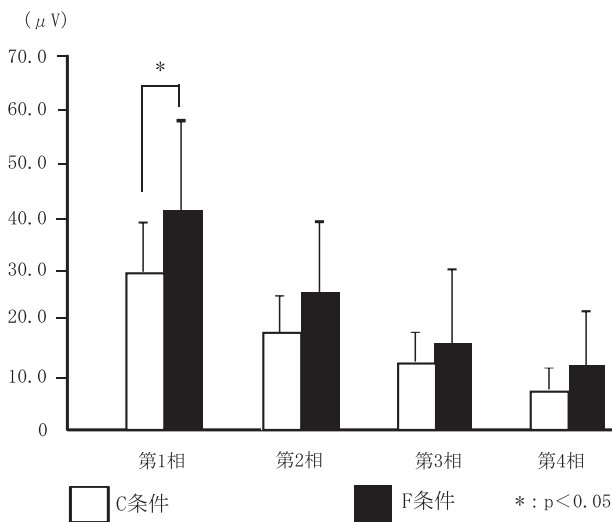


図5 RFの各相における平均筋活動量

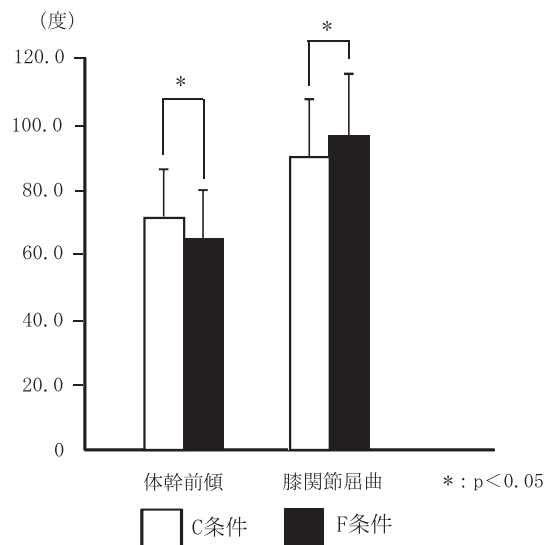


図6 動作開始時の関節角度

考えられる。

本研究より疲労した状態での持ち上げ動作は、腰部への負担増加による腰痛リスクとなることに加え、膝関節への負担増加が変形性膝関節症などの進行に関与し膝関節痛リスクともなることが示唆された。今後は、持ち上げ動作による腰部への影響のみではなく、膝関節など下肢への影響も明らかにしていく必要がある。

VI. 結 語

1. 疲労が持ち上げ動作に及ぼす影響を筋活動および関節角度より検討した。
2. 疲労に伴い持ち上げ動作初期ではRF、その後LPの筋活動量増加が認められた。
3. 持ち上げ動作初期には膝関節、重量物の移動時には

腰部への負担増加が示唆された。

文 献

- 1) Neumann DA: 筋骨格系のキネシオロジー原著第2版. 嶋田智明, 有馬慶美監訳. 医歯薬出版, 2012, pp 448—455, pp 593—598.
- 2) 腰痛災害分析結果: 陸上貨物運送事業労働災害防止協会 陸災防神奈川県支部 www.rikusaibo-kanagawa.org/oshirase/youtubunnseki.pdf
- 3) 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 83, pp 99, pp 107—108, pp 110.
- 4) 岩崎富子, 他: 筋活動よりみた持ち上げ動作. 臨床理学療法 4 (1): 52—61, 1977.
- 5) 藤村昌彦, 奈良 勲: 重量物持ち上げ動作における腰痛

- 症発生機序に関する筋電図学的研究. 日本職業・災害医学
会誌 52 (6) : 341—347, 2004.
- 6) 大畑光司, 他: 大腿四頭筋の筋疲労による筋活動比の変
化について. 京都大学医学部保健学科紀要: 保健学科 2:
15—19, 2005.
- 7) Lee CG, 他: 筋電図解析による腰椎脊柱起立筋の疲労と
腰痛に関する研究. 臨床スポーツ医学 15 (6) : 653—656,
1998.
- 8) 佐々木誠, 他: 重量物の距離が異なる持ち上げ動作にお
ける下肢筋疲労の腰部負担に及ぼす影響. 理学療法学 34
(Supplement-2) : 155, 2007.
- 9) 布谷美樹, 他: リフティング動作時の体幹筋の筋活
動—重量負荷による影響—. 理学療法学 30 : 405, 2003.

- 10) 後藤伸介, 他: 物体の持ち上げ動作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 (1) : 4—8,
2008.

別刷請求先 〒791-1111 愛媛県松山市高井町 1211
松山リハビリテーション病院リハビリテーショ
ン部

福田 春花

Reprint request:

Haruka Fukuda
Matsuyama Rehabilitation Hospital, 1211, Takaimachi,
Matsuyama-shi, Ehime, 791-1111, Japan

The Effect of Lifting Motion on Muscle Activity in Human Subjects Lifting a Heavy Object under Fatigue Condition

Haruka Fukuda¹⁾ and Masahiko Fujimura²⁾

¹⁾Department of Rehabilitation, Matsuyama Rehabilitation Hospital

²⁾Hiroshima Cosmopolitan University Faculty of Sciences Department of Rehabilitation

This study aimed to measure the effect of lifting motion on muscle activity in human subjects lifting a heavy object under fatigue condition. Ten healthy male university students were selected as subjects. Surface electromyography with a bipolar lead was used to monitor muscle activity. The targeted muscles were the lumbar paraspinal muscles and the rectus femoris on the right side of the body. The weight of the object to be lifted was set at 20% of the subjects' body weight.

Markers were placed over the spinous process of seventh cervical vertebra, spinous process of fifth lumbar vertebra and the greater trochanter, knee joint, and the lateral malleolus of the right side of the subjects. A video camera was used to record motions of the right side of the bodies of subjects. The start of the lifting motion was defined as the time when the heavy object was raised from the floor. The motion was deemed complete when the bottom of the object reached the half stature point of the subject's body. Lifting was performed in two conditions. In the first condition, the subjects performed the motion being fatigued after performing squatting exercises while holding the object with both hands. The squatting exercises were performed until the subjects were completely worn out. In the second condition, subjects performed the motion without performing squatting exercises. Measurements of motion of lifting the objects up and down five times were recorded. After full-wave rectification of the obtained waveform of the motions, an electromyographic analysis was performed to normalize the movement on the basis of the amount of human muscle activity at maximal isometric voluntary contraction. Interval analysis was set from the start to completion of the lifting motion, after which the mean integrated value was calculated.

To monitor changes in movement over the duration of the testing, the time taken to perform one cycle of lifting motion was regarded as 100% and was divided into four equal intervals. On the basis of data indicating the mean value of the lifting time in five test trials, the integrated value for each interval was calculated. The angle of knee joint flexion was also measured on a video monitor at the start of the motion.

Study results revealed an increase in the muscle activity in the rectus femoris as well as lumbar paraspinal muscles. Therefore, our results suggest that the increased muscle activity during the lifting motion in the fatigued individuals increases risk of lower back muscle injury. In addition, the occurrence of knee osteoarthritis could be likely associated with the increased knee joint strain in fatigued individuals.

(JJOMT, 62: 27—31, 2014)