

## 足関節可動域制限が重量物持ち上げ動作に及ぼす影響

藤村 昌彦, 伊藤 祥史

広島都市学園大学健康科学部リハビリテーション学科

(2019年1月15日受付)

**要旨:**本研究は、持ち上げ動作における足関節の柔軟性が体幹伸筋へ及ぼす影響を模擬的に再現して検証した。持ち上げ動作時の影響を筋電図学的に調べることで、腰痛症等の筋・骨格系障害予防に必要な生活指導の一助を得る事を目的として行った。

対象は、筋骨格系の既往がない健常男子大学生16名とした。筋電図の測定は、双極誘導にて測定した。筋電図で得たデータは、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、右側の脊柱起立筋とした。重量物の質量は体重の30%とし、持ち上げる高さは身長 $\frac{1}{2}$ とした。対象者の右側よりビデオカメラで撮影した。対象者には2種類の条件下で持ち上げ動作を行わせた。実験群は足関節をテーピングで固定した状態で実施した。対照群は何ら制限を課さず通常の持ち上げとした。動作間で十分な休憩を設け、各方法にてそれぞれ5回持ち上げ動作を行った。解析は得られた波形を全波形整流化した後、等尺性最大随意収縮時の筋活動電位をもとに正規化を行った。持ち上げ動作の開始は重量物が離床した時点とし、動作の終了は肩峰の高さが静止立位時と同じ高さになり大転子—大腿骨外側上顆—外果が一直線となった時点とした。持ち上げ動作開始から終了までを解析区間とし、筋活動量は、持ち上げ動作の初回と最終回を除外した中3回の平均値を算出した。また動作時間を100%として時間の正規化を行い、さらに3相に等分割した。

その結果、足関節をテーピングで固定した状態で実施した場合、脊柱起立筋の筋活動量が大きくなることが明らかとなった。この原因として、足関節の背屈を制限したことにより、対照群と比して膝関節の伸展作用が妨げられて、代償的に体幹前傾角度が大きくなり脊柱起立筋の負担が増大したと考える。このことは、腰痛症を主とした筋骨格系障害のリスクを高めることから足関節の可動性にも配慮すべきといえる。

(日職災医誌, 67:442—447, 2019)

### —キーワード—

持ち上げ動作, 足関節, 表面筋電図

### 1. 緒 言

総務省統計局が2018年12月28日に発表した就業者数は、前年同月に比べ157万人の増加で6,709万人となった<sup>1)</sup>。その結果、多くの人々が労働災害に遭遇する可能性をもつことになる。今日、われわれは職業に就くことによって細分化した労働に参加している。一般的に産業は、営利を目的とした産業活動によって構成されているが、実際の活動において、企業の求めるものが労働者のための健康に有益とは限らない。図らずも、企業の目的が生産性の向上に集中し、労働者を健康被害に導くことがある。そのため、産業衛生に携わる者は労働者に見合った職場環境や作業方法を検討し、健康を維持できる

ように支援することが求められる。

先進諸国では、腰痛が労働障害や休業の主要な原因となっている。これは、患者のみならず企業や国家においても大きな損失となる。今回、持ち上げ動作時の足関節の可動性に着目した。これまで持ち上げ動作と腰痛について多くの研究者が取り組んでいる。しかしながら、足関節の可動性と関連させた報告は少ない。さらに、わが国が直面している社会の高齢化の中で、直近の労働力人口のうち65~69歳の者は450万人、70歳以上の者は336万人であり、労働力人口総数に占める65歳以上の者の割合は11.8%と上昇し続けている<sup>2)</sup>。高齢者は加齢により形態学的変化、運動学的変化、循環器変化、神経感覚機能の変化がみられるが、特に柔軟性の低下は労働災害の

表1 対象者の基本情報

年齢 (歳)	21.6	±	2.3	(21 ~ 30)
身長 (cm)	168.1	±	5.7	(158 ~ 177)
体重 (kg)	61.2	±	11.4	(47.6 ~ 94.6)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.6	±	3.1	(18.1 ~ 30.9)

mean ± SD (Min ~ Max)



図1 脊柱起立筋への電極貼付

要因となり得る<sup>3)</sup>。本研究では、持ち上げ動作における足関節の柔軟性が体幹伸筋へ及ぼす影響を模擬的に再現して検証した。持ち上げ動作時の影響を筋電図学的に調べることで、腰痛症等の筋・骨格系障害予防に必要な生活指導の一助を得る事を目的として行った。

## II. 対 象

対象は、筋骨格系障害の既往がない健常男子大学生 16 名 (年齢:  $21.0 \pm 0.0$ , 身長:  $168.1 \pm 5.7$ , 体重:  $61.2 \pm 11.4$ ) 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、広島都市学園大学倫理委員会の承認を得た (No.20160017)。

## III. 方 法

### 1. 測定条件

筋電図の測定は、無線式筋電図計測装置テレマイオ DTS EM-801 (Noraxon 社製, 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。なお、アンプ周波数帯域は 10~500Hz とした。

導出筋は、右側の脊柱起立筋 (Lumbar Paraspinals: 以下, LP) とした (図 1)。貼付位置は、表面筋電図マニュアル基礎編の方法に準じ<sup>4)</sup>、導出筋の走行に沿って電極間距離 35mm で貼付した。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、皮膚前処理は、スキンプィア (日本光電社製, 日本) を用いて十



図2 Sorensen trunk holding test

分に行った。重量物の質量は体重の 30% とした。持ち上げる高さは身長の 1/2 とした。対象者の動画解析の指標とするために、右側の肩峰、上腕骨外側上顆、上前腸骨棘、上後腸骨棘、大転子、膝関節裂隙、外果にマーカーを貼付した。対象者の右側よりビデオカメラ (Logicool 社製, HD Pro Webcam C920r, 日本) で撮影した。測定を行う部屋の環境は、室温 25°C となるようにエア・コンディショニングを設定した。

### 2. 測定方法

#### 2-1. 等尺性最大随意収縮の測定

筋活動電位の正規化を図るために、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。腰背部筋の評価として用いられる Sorensen の trunk holding test の肢位で徒手による抵抗に抗して保持させ、等尺性最大随意収縮をさせた<sup>5)</sup>。Sorensen 法は、腹臥位で臍部から上半身をベッドの端より浮かせて、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脊柱起立筋の最大随意収縮時の筋活動状態を計測する方法である<sup>6)7)</sup> (図 2)。計測は 5 秒間実施し、その中で最大となる 100 msec あたりの平均振幅値を 100% MIVC とした。

#### 2-2. 持ち上げ動作

開始肢位、持ち上げる方法は任意とした。対象者には 2 種類の持ち上げ動作を行わせた。1 つ目は何ら制限を課さず通常の持ち上げをさせる Control 群 (図 3)、2 つ目は足関節をテーピングで固定した状態 (図 4) で実施する Fixed 群 (図 3) とした。動作間で十分な休憩を設け、各方法にてそれぞれ 5 回持ち上げ動作を行った。

#### 2-3. 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マイオマッスル クリニカル EM-150C (Noraxon 社製, 米国) を用い、得られた波形を全波形整流化した後、MIVC をもとに正規化を行った。持ち上げ動作開始から終了までを解析区間とし、筋活動量は、持ち上げ動作の初回と最終回を除外した中 3 回の平均値を算出した。持ち上げ動作の開始は



図3 持ち上げ動作 (荷台の高さは身長1/2)



図4 足関節の固定

表2 筋活動比較 (%MIVC)

Fixed 群	}	54.3 ± 16.7
Control 群		46.2 ± 15.3

\* : p<0.05  
(mean ± SE)

重量物が離床した時点とし、動作の終了は肩峰の高さが静止立位時と同じ高さになり、大転子—大腿骨外側上顆—外果が一直線となった時点とした。そして、一動作中の開始肢位である膝関節最大屈曲位を0%、最終肢位である大転子が最大の高さにあるときを100%として百分の一ごとの平均筋活動量を算出し、3区間に分割した。各々0~33%を第1区間、34~66%を第2区間、67~100%を第3区間とした。

統計学的解析には、StatView for windows5.0 (SAS社、米国)を用いて、対応のあるt検定により処理した。

なお、有意水準は5%未満とした。

IV. 結 果

1. 重量物を持ち上げたときの%MIVC (表2)

Fixed 群では54.3 ± 16.7、Control 群では46.2 ± 15.3であった。Fixed 群とControl 群間においてp<0.01の有意差が認められた。

2. %MIVCの経時的变化 (図5)(図6)

すべての区間において、Fixed 群とControl 群間においてp<0.01の有意差が認められた。

V. 考 察

重い荷物を持ち上げる作業は、腰部に加わる物理的負荷を増大させ腰痛を惹起する要因になると考えられており、実際、労働者に発生する腰痛は、その多くが重量物の挙上と運搬に関連していると報告されている。腰痛は病気やけが等で自覚症状がある者(有訴者)のうち男性

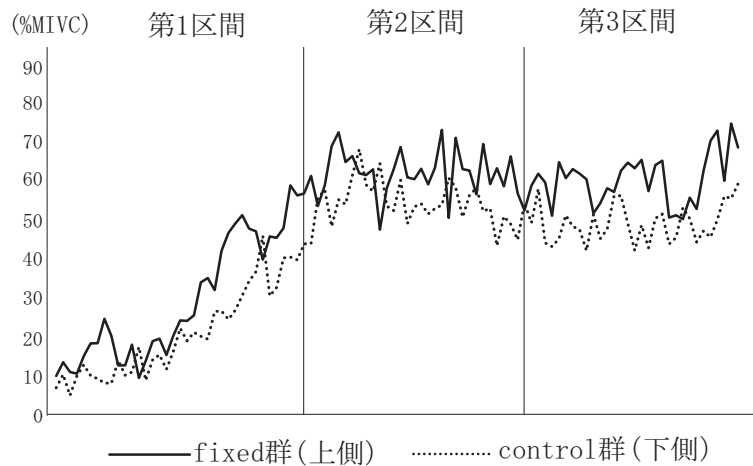


図5 筋活動の経時的変化

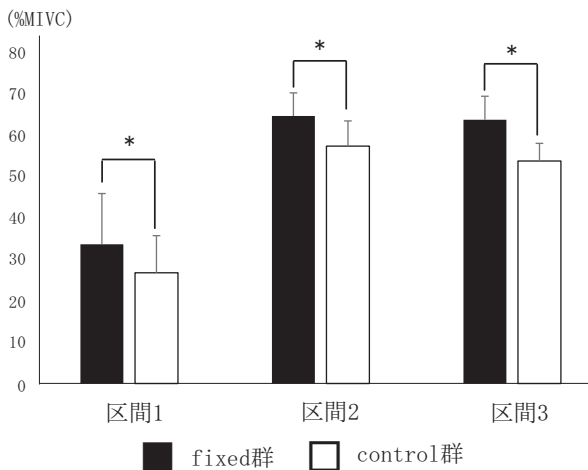


図6 %MIVCの経時的変化(3分割)

で最も多く、女性においても肩こりに次いで2番目に多い症状である<sup>8)</sup>。物品の持ち上げ動作は日常生活においても頻繁になされていることから、労働現場のみならずこの動作に起因した腰痛が多く発生していると推察される。また、工業先進国では、腰痛が労働障害や休業の主要な原因となっていること、腰痛を持っている患者に対して、そして、腰痛を予防するために産業衛生に携わる者として知見を得るために本研究を実施した。

本研究は、持ち上げ動作において足関節に制限の有無による2条件下について、筋電図計を用いて比較した。体重の30%の重量物を持ち上げたときの脊柱起立筋の%MIVCはcontrol群では $46.2 \pm 15.3$ 、fixed群では $54.3 \pm 16.7$  %MIVCであり、control群とfixed群間において脊柱起立筋で $p < 0.01$ の有意差が認められた。この結果から、両群間でfixed群において脊柱起立筋の活動量が大きくなることが明らかとなった。

腰痛を生じさせないための荷物の持ち上げ方法として、膝を曲げて、そこから腰を十分に降ろして荷物を抱え、膝を伸ばすことにより持ち上げる方法が推奨されて

いる<sup>9)</sup>。膝関節屈曲のためには、必然的に足関節の背屈位が求められるが、本研究においては足関節の背屈を制限したため、膝伸展力が低下して、代償的に体幹前傾角度が増大させて腰痛リスクの高い体幹伸展筋優位の持ち上げ動作を行ったと考える。体幹前傾角度が大きくなると、体幹、上肢、荷物を含めた上半身重心位置と支点となる腰椎までの距離、つまりモーメントアームが長くなることから、脊柱起立筋の収縮力が増大すると考えられる<sup>10)</sup>。同様にGreeneらも体幹の前傾角度が大きくなると、体幹、上肢、荷物を含めた上半身重心位置と支点となる腰椎までの距離が長くなることから脊柱起立筋の緊張が増すと述べている<sup>11)</sup>。

運動学的連鎖の見地から考察すると、足関節の背屈が起こることで、膝関節の屈曲が起こる<sup>12)</sup>。しかしながら、本研究のfixed群においては足関節の背屈制限があるため膝関節の屈曲が妨げられて、大腿直筋の筋発揮が不十分でそれを補うために脊柱起立筋の筋活動が増加したといえる。これらのことから持ち上げ動作の際、足関節可動性制限を設けた場合に有意差がみられたと考える。体幹前屈持ち上げ動作と体幹前屈を伴わないしゃがみ込み持ち上げ動作を比較した報告では下部脊柱起立筋に疲労増加が有意にみられたとし、前者がL5、S2レベルで著しく筋疲労を生ずる動作になると述べており<sup>13)</sup>腰痛リスクが高まると推察されることから体幹前屈を回避する動作が求められる。

次に、図5および図6にみられる経時的変化から脊柱起立筋への負荷が増大する時期を特定した。持ち上げ動作の区間2(中期)以降に増大することが確認された。区間1(初期)の負荷は比較的小さな値となったが、体幹の前屈角度が大きいため脊柱起立筋の受傷に配慮が必要と考える。脊柱起立筋が受けるモーメント値は①支点と作用点の距離、②剛体の質量、③移動速度に影響される。重量物の軽減は最優先されるべき検討課題であるが、対象者が荷物との距離を少なくすること、持ち上げ速度を

下げること、傷害発生の頻度を減少させるであろう。

本研究から足関節可動域制限が重量物持ち上げ動作に及ぼす影響が明らかとなった。腰痛症の発生を予防するためには、足関節の可動性にも配慮すべきと考える。

## VI. 結 語

1) 足関節可動域制限が重量物持ち上げ動作に及ぼす影響を筋電図学的に検討した。

2) Fixed 群と Control 群とでは Fixed 群で脊柱起立筋の筋活動量が大きくなることが明らかとなった。

3) 腰痛症を予防するための重量物の持ち上げ動作では、足関節の可動性に配慮することが求められる。

利益相反：利益相反基準に該当無し

## 文 献

- 1) 総務省統計局 (2018)：労働力調査 (基本集計) 平成 30 年 (2018 年) 11 月分結果. <http://www.stat.go.jp/data/roudou/rireki/tsuki/pdf/201811.pdf> (参照 2019-8-9).
- 2) 内閣府 (2017)：平成 29 年版高齢社会白書. [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1\\_2\\_4.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1_2_4.html) (参照 2019-8-9).
- 3) 麦谷耕一, 伊藤克之, 岩根幹能, 他：製造業従業員における体力レベルの実態と加齢変化. 産業保健人間工学研究 11：24—27, 2009.
- 4) 下野俊哉：表面筋電図マニュアル 基礎編 SEMG Basic Manual. 東京, 酒井医療, 2004, pp 83. pp 99. pp 107—108.
- 5) Tekin Y, Ortancil O, Ankarali H, et al: Biering-Sorensen test scores in coal miners. *Joint Bone Spine* 76: 281—285, 2009.
- 6) Kleine BU, Schumann NP, Bradl I, et al: Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secre-

taries typing at visual display units. *Int Arch Occup Environ Health* 72: 387—394, 1999.

- 7) 山川隆由, 平田総一郎, 水野耕作, 他：体幹前屈運動における腰部脊柱起立筋の動作筋電図学的研究. 腰痛発生との関連について. 神戸大学医学部紀要 61：49—54, 2000.
- 8) 厚生労働省 (2017)：平成 28 年 国民生活基礎調査の概況. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/3-1.html> (参照 2019-8-9).
- 9) 介護事業・運送事業における腰痛予防テキスト作成委員会：運送業務で働く人のための腰痛予防ポイントとエクササイズ. 東京, 中央労働災害防止協会, 2010, pp 12—14.
- 10) 三谷保弘, 橋本雅至, 北川智美, 他：荷物の持ち上げ動作時の下肢および体幹の運動力学的解析—荷物の重さの違いによる検討—. *理学療法科学* 28：619—622, 2013.
- 11) Greene DP, 他：日常生活活動のキネシオロジー. 第 2 版. 東京, 医歯薬出版, 2008, pp 86—111.
- 12) 市橋則明：運動療法学：障害別アプローチの理論と実際. 東京, 文光堂, 2014, pp 25—26.
- 13) 牧野 均, 遠山あづさ, 山本昌明, 佐藤貴一：持ち上げ動作の相違による傍脊柱筋筋電図変化について—しゃがみ込み・体幹前屈持ち上げ動作後 90 秒間の経時的変化—. *理学療法科学* 30 (suppl-2)：404, 2003.

別刷請求先 〒731-3166 広島市安佐南区大塚東 3—2—1  
 広島都市学園大学健康科学部  
 藤村 昌彦

### Reprint request:

Masahiko Fujimura  
 Hiroshima Cosmopolitan University Faculty of Health Sciences, 3-2-1, Otsukahigashi, Asaminami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima, 731-3166, Japan

## Influence of Ankle Joint Range of Motion Restriction on Weight Lifting Motion

Masahiko Fujimura and Syouji Ito

Department of Rehabilitation, Hiroshima Cosmopolitan University Faculty of Sciences

In the present study, the influence of the flexibility of the ankle joint on trunk muscle extension in performing lifting reproduced in a simulation and examined. By electromyographically examining the influence of lifting, we aimed to provide assistance for living instruction necessary for prevention of musculoskeletal disorders such as low back pain.

The subjects were 16 healthy male university students without a history of musculoskeletal system disorders. Electromyograms were measured by bipolar lead with a surface EMG. The data was downloaded to a personal computer in sampling frequency 1,500 Hz. Derived muscles were made to be the erector spinae in the right side. The weight of the object to be lifted was set at 30% of the subjects' body weight. The height of the stand for lifting the object was set at half of each subjects' height. A video camera was used to record the movements. The subjects performed the lifting motion under two kinds of conditions. The experimental group performed lifting with the ankle fixed by taping. The control group was performed normal lifting without any restrictions imposed. A sufficient break was arranged between the motion, and the lifting motion was performed five times in each method. After full-wave rectification of the obtained waveform of the motions, an EMG analysis was performed to normalize the movement on the basis of the amount of human muscle activity at maximal isometric voluntary contraction. The start of the lifting operation was made to be the time when a heavy object was lifted from the floor, and the end of the operation was made to be the time when the height of the acromion became the same height as that at the stationary standing position. The period from the start to the end of the lifting motion was set as an analysis section. Additionally, for the muscle activity amount, an average value of intermediate three times was calculated while excluding the first and last times of the lifting motion. In addition, the normalization of time is performed by making the operation time as 100%, and further by dividing it equally into three phases to analyze the operation.

The results revealed that when performed with ankle fixation by taping, the active muscle mass of the erector spinae increases. It appears that this is caused by restriction of dorsiflexion of the ankle preventing the extension action of the knee joint in comparison with the control group, and compensatingly, the trunk anteversion angle became larger and the burden on the erector spinae increased. These findings indicate that mobility of the ankle joint should also be taken into consideration as it increases the risk of musculoskeletal disorders, primarily low back pain.

(JJOMT, 67: 442—447, 2019)

### —Key words—

lifting-up motion, ankle joint, surface electromyography