

Lifting 動作の筋電図学および運動学的研究

—重量物の質量が動作方法におよぼす影響—

波之平晃一郎, 藤村 昌彦

広島大学大学院保健学研究科

(平成 22 年 3 月 9 日受付)

要旨：本研究の目的は、重量物持ち上げ動作（Lifting 動作）を行う上で、重量物の質量が腰背部の筋活動および動作戦略におよぼす影響を調べることである。対象者は健常女性 10 名とした。重量物の質量は、1kg および対象者の体重の 5, 10, 15, 20, 25% に設定した。測定は表面筋電図を用い、Lifting 動作中の両側腰部傍脊柱筋（LP）の筋活動電位を導出した。なお、Lifting 動作は膝関節最大屈曲位からの Squat 法にて行われた。その結果、両側 LP の平均筋活動量は、重量物の質量が増加するに従い増大した。また、1kg の重量物と比較し、体重の 15% 以上の重量物で平均筋活動量が有意に増大した。さらに、質量が増加するに従い、動作方法が Squat 法から逸脱した方法（Stoop 法に類似した方法）へ変化した。

これらの結果から、重量物の質量が体重の 15% 以上になると、腰背部の筋の負担が増大すると思われた。さらに、無意識にて Lifting 動作を行った場合、持ち上げ方法は重量物の質量が増加すると、腰背部へ負担の少ない方法から負担の多い方法へ変わることが示唆された。つまり、一般に推奨されている腰背部の負担が少ない Squat 法にて Lifting 動作を行う際は、動作方法を意識して行う必要があるものと考えられる。

(日職災医誌, 58 : 234—239, 2010)

—キーワード—

表面筋電図, Lifting 動作, 腰部傍脊柱筋

I. はじめに

厚生労働省は、重量物持ち上げ動作（以下、Lifting 動作）に関して、作業中に生じる腰痛の最も受傷率の高い動作であるとしている。また、その発症要因に関しては、前屈姿勢時の重量物の質量に関連しているものが多いと報告している¹⁾。筋活動と負荷量に関して、負荷量が増加すると筋出力が増大するという報告があり²⁾³⁾、Lifting 動作においても負荷量の増加が動作に関連する多くの筋活動増大につながり、さらにストレスの増大になる。後藤ら⁴⁾は、Lifting 動作における負荷量の増大が身体動揺におよぼす影響を報告しており、徳山ら⁵⁾は、負荷量不明の重量物を持ち上げた際の脊柱起立筋の筋活動におよぼす影響を報告している。

厚生労働省¹⁾や中央労働災害防止協会⁶⁾は、職場の環境や個人の状態などに関する対策を記載した「職場における腰痛予防対策指針」を策定し、重量物の質量に関して、厚生労働省¹⁾は成人男性における断続作業および継続作業は、重量物の質量 55kg 以下、成人女性における断続作

業は、30kg 以下および継続作業では 20kg 以下と制限している。同様に中央労働災害防止協会⁶⁾は、人力のみで取り扱うときの目安の重量は、成人男性は体重の約 40% 以下、女性は男性の 60% としている。さらに、厚生労働省や中央労働災害防止協会は、この許容範囲内の質量で腰痛発症が予防できると保証されるものではないと補足している。したがって、研究を立案し、比較・検討など行う上で重量物の質量を決定することには重要な意義があるものと思われる。

そこで、本研究では、成人女性において重量物の質量が Lifting 動作におよぼす筋電図学的変化および運動学的変化の特徴を明らかにし、どの程度の質量から身体活動に影響を強くおよぼし始めるか検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は筋骨格系に障害を有さない健常成人女性 10 名 (24.5 ± 2.4 歳, 165.3 ± 7.0cm, 56.4 ± 8.9kg) とした。また、



図1 Sorensenのtrunk holding testの肢位
臍部から上半身をベッドの端より浮かせた腹臥位

対象者には測定内容について十分な説明を行い、参加の同意を得た。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審査委員会の承認を得た (No.0750)。

2. 方法

1) 測定条件

筋電図は表面筋電計(Noraxon社, MyoSystem 1200, 米)を用いた。測定にはMyoVideo1.5.07(Noraxon社)を使用し、双極誘導にて筋活動電位および動画の記録を行った。なお、動画はデジタルビデオカメラ(SONY社, DCR-TRV27, 日本)を用い、30フレーム/秒にて撮影した。導出筋は左右腰部傍脊柱筋(Lumbar Paraspinals: 以下, LP)とした。表面電極はAg-AgCl(銀塩化銀)表面電極(Medicotest社, BlueSensor M-00-S, デンマーク)を用いた。導出筋の電極貼付位置は、表面筋電図マニュアルに準じた²⁾。アース電極は肋骨に貼付した。電極間距離は35mmとした。生体信号モニタ用皮膚処理剤(日本光電社, スキンピュア, 日本)を用い、国際電気生理運動学会(ISEK: International Society of Electrophysiology and Kinesiology)の推奨する5k Ω 以下になるように皮膚処理を行った。電極間抵抗値の測定は、伝導性ゲルが皮膚に浸透して通電性が改善することを期待し、皮膚処理5分経過後に簡易テスト(エー・アンド・デイ社, デジタルマルチメータ AD-5523, 日本)を用いて行った。この際の抵抗値が5k Ω 以下とならなかった場合、再度皮膚処理を行った。電極から導出されたアナログ信号をA/Dカードを介し、サンプリング周波数1,000 Hzにてパーソナルコンピュータに取り込んだ。また、重量物の離床のタイミングを得るために、木箱の底にフットセンサ(Noraxon社, NorSwitch)を取り付けた。フットセンサは外部入力ボード(Noraxon社, NorBNC)を介

し、筋電図画面上に矩形波が示されるように同期させた。

重量物の質量は、厚生労働省や労働災害防止協会など^{1)6)~8)}が腰痛発生の少ないと推奨している1kgおよび各対象者の体重の5%, 10%, 15%, 20%, 25%とした。重量の調整は、市販されている1個3kgの造庭用レンガと0.5, 1, 2kgの砂嚢を18 \times 40 \times 30 (cm)木箱に詰めて作成した。

体節角度を算出するために、右側の肩峰, 大転子, 上前腸骨棘, 上後腸骨棘, 大腿骨外側上顆, 外果にマーカーを貼付した。

測定を行う部屋の環境は、室温23 $^{\circ}$ Cとなるようにエア・コンディショニングを設定した。

2) 各項目の測定方法

(1) Lifting 動作

開始肢位は足幅15~20cmになるように開脚し、足底部を完全接地させた最大膝関節屈曲位にて筋活動電位が安定した状態とした。終了肢位は直立位とした。なお、Lifting動作開始は検者が合図を行い、動作方法はSquat法にて行うように指示した。また、動作中の肘関節は、完全伸展位のままで行わせた。直立後2秒間静止し、前方1.5mの位置に貼付した指標を注視するように指示した。試行は5回行った。動作のスピードは任意とした。なお、測定中の姿勢は、右側方からデジタルビデオカメラ(SONY社)で録画した。

(2) 等尺性最大随意収縮(Maximum Isometric Voluntary Contraction: 以下, MIVC)の肢位

測定肢位は、腰背部筋の評価として用いられるSorensenのtrunk holding test⁹⁾の肢位(図1)とした。測定は、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5秒間維持するように指示した上で行った。

表1 体節角度算出における基本軸と移動軸

体節角度	基本軸	移動軸
体幹屈曲角度	上前腸骨棘と上後腸骨棘を結ぶ線への垂直線	肩峰と大転子を結ぶ線
股関節屈曲角度	肩峰と大転子を結ぶ線	大転子と大腿骨外顆を結ぶ線
膝関節屈曲角度	大転子と大腿骨外顆を結ぶ線	大腿骨外顆と外果を結ぶ線

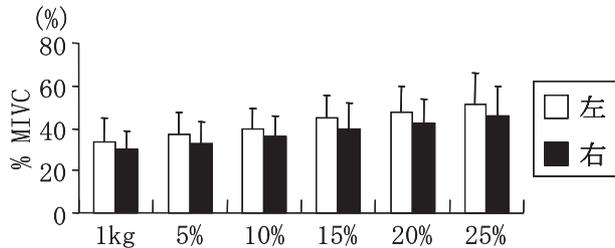


図2 各重量物における左右LPの平均筋活動量

3. 解析方法

1) Lifting 動作の解析

Lifting 動作の解析区間は、重量物が離床した時点から重量物を保持した状態での直立位になるまでとした。なお、直立位の重量物の高さは、測定前に静止立位で重量物を把持させ、その高さを超えていることを条件とした。開始および終了時点は、動作解析ソフト (Noraxon 社, MyoVideo 1.5.07) を用いて決定した。5 試行のうちランダムに 3 試行を選び、Lifting 動作の筋活動量および体節角度を算出した。

筋活動量は筋電図解析ソフト (Noraxon 社, MyoResearch2.11.15) を使用し、得られた波形を全波整流化した後、対象者の Lifting 動作時間および筋タイプを考慮し、時間の正規化および MIVC をもとに筋活動電位の正規化を行った。なお、MIVC の値は、MIVC 測定中で最大となった 100msec. あたりの平均振幅値を 100% として用いた。筋活動量は 3 試行の加算平均を行い、平均筋活動量 (% Maximum Isometric Voluntary Contraction : 以下、% MIVC) を算出した。

体節角度は 2 次元画像解析ソフト (アシックス社, Motion adviser) を用い、表 1 の基本軸および移動軸がなす角度を算出した^{10)~12)}。なお、角度を算出するにあたり動作解析ソフト (Noraxon 社) にて解析範囲の動画を抽出し、2 次元画像解析ソフト (アシックス社) を用いて時間の正規化を行った。

2) 統計学的解析

統計学的解析は、JSTAT for Windows を用いた。筋活動量および体節角度の値に対し、一元配置分散分析を行い、有意差があった場合、Tukey 法による多重比較検定を行った。なお、有意水準は 5% 未満とした。

III. 結 果

1. 各重量物における LP の平均筋活動量 (図 2)

各重量物において、Lifting 動作時の LP の平均筋活動量に左右差はなかった。

2. 左右 LP の平均筋活動量と重量物の質量との関係 (図 3)

1kg, 体重の 5%, 10% の重量物を用いた Lifting 動作時の LP の平均筋活動量において、有意差は認められなかった。1kg の重量物を用いた Lifting 動作と比較して、左右ともに体重の 15% 以上の重量物を用いた動作の方が有意に平均筋活動量の増大がみられた。

3. 左右 LP の筋活動量の経時的変化 (図 4)

左右 LP とも経時的変化 0% から 60% で重量による差異が著明にみられた。

4. 各関節角度の経時的変化 (図 5)

体幹屈曲角度および股関節屈曲角度変化において、重量物の質量の増加による変化はみられなかった。また、膝関節屈曲角度変化において、重量物の質量が重いほど経時的変化 30% から 60% の間で大きく異なり、膝関節伸展が早期から起こった。

IV. 考 察

Lifting 動作は、作業中に生じる腰痛で最も受傷率の高い動作である。この腰痛に関しては様々な要因がある^{1)6)~8)}。したがって、Lifting 動作の報告は、作業姿勢や動作などの動作要因や荷台の高さや持ち手などの環境要因、年齢や性別など個人的要因に着目したものがある。さらに、これらの要因ごとの報告においても、異なる条件設定のもとで検討されており、一致した見解が得られていない。また、重量物の質量を考慮した上で検討しているものは少ない。重量物取扱い重量について、厚生労働省¹⁾は「満 18 歳以上の男子労働者が人力のみにより取り扱う場合の重量は、55kg 以下にすること。また、当該男子労働者が、常時、人力のみにより取り扱う場合の重量は、当該労働者の体重のおおむね 40% 以下となるように努めること。なお、一般に女性の持ち上げ能力は、男性の 60% 位である。」と基準を設けている。しかし、この基準を超えることは、職場や日常生活で多々あると思われる。そこで、本研究では、重量物の質量が Lifting 動作時の腰背部の筋活動量への影響および動作戦略の変化を検討した。

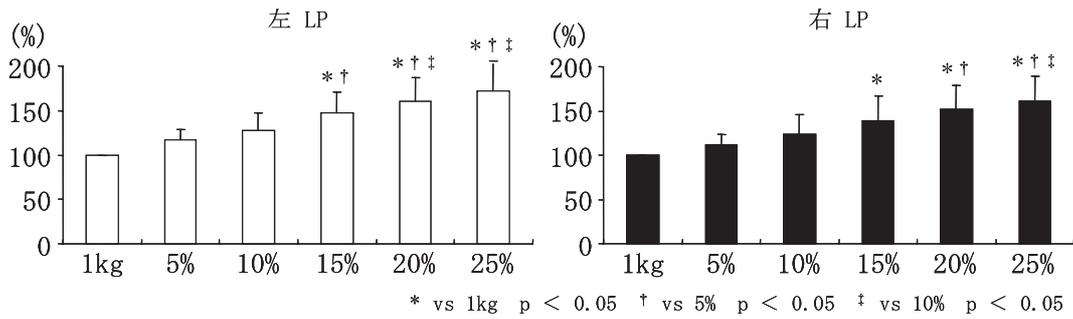


図3 左右LPにおける重量物の質量と筋活動量 (左図：左LP 右図：右LP)

グラフの筋活動量は、1kgの重量物のLifting動作の平均筋活動量を100%とし、他の重量物のLifting動作の平均筋活動量を除したものを示している。

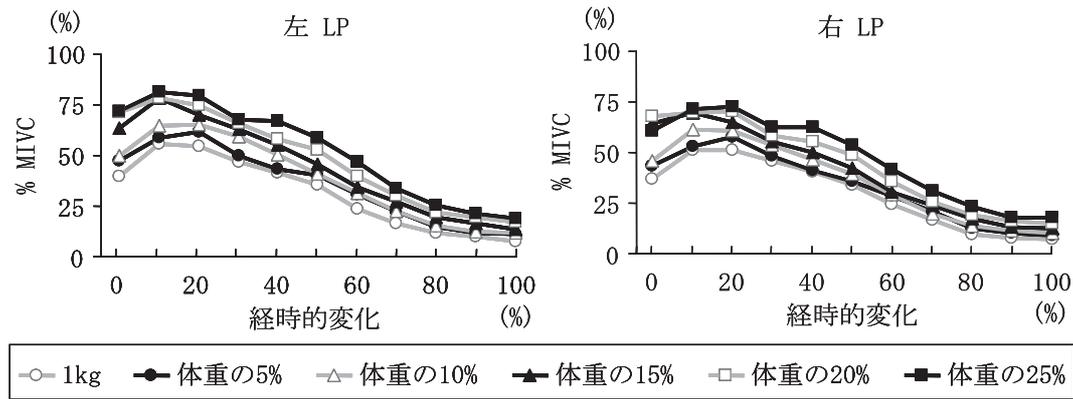


図4 左右LPの筋活動量の経時的変化

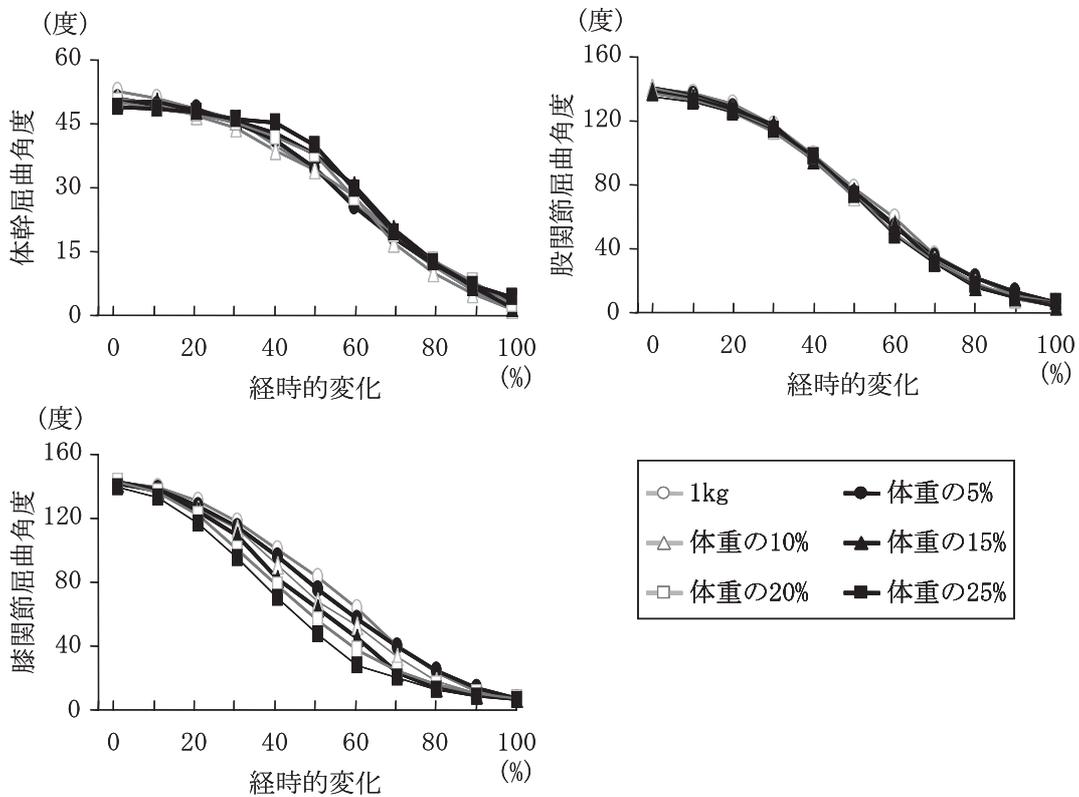


図5 各関節屈曲角度の経時的変化

両側 LP の筋活動量に関して、統計学的には有意差はなかった。また、重量物の質量が増加するに従い、両側 LP の筋活動量が同様に増大した。特に 1kg の重量物と他の重量物の Lifting 動作を比較したとき、15% 以上の重量物の Lifting 動作で有意に増大した。これらのことから、両側 LP は Lifting 動作を行う上で、左右同程度の仕事量(負担)を強いられるものと思われる。したがって、左右対称の動作を行った場合、腰痛発症の可能性が低くなるものと考えられる。しかし、対称の動作は日常生活を営む上で少ない。今後、どのような Lifting 動作が腰部疾患を呈しやすくなるのか検討する必要がある。

体幹角度変化に関して、重量物の質量が増加すると体幹屈曲角度および股関節屈曲角度には変化はみられず、膝関節屈曲角度に変化がみられた。これは、重量物の質量増加による戦略が、主に膝関節において行われることを示唆しているものと考えられた。また、体幹伸展および股関節伸展に先行して膝関節伸展が起こることにより、指示した Squat 法から逸脱した方法(Stoop 法に類似する方法：以下、Stoop 変法)で行う結果となった。一般に Squat 法は大腿四頭筋の大きな力を利用し、腰部伸筋の負担を軽減する方法とされている¹³⁾。一方、Stoop 法は大腿四頭筋の力は利用せず、腰部伸筋の力を主に働かせる方法とされている¹³⁾。したがって、重量物の質量の増加は、Lifting 動作を腰部伸筋に負担の強い方法で行わせることとなり、腰痛発症の可能性を高くすると思われる。さらに、LP の筋活動量の経時変化から、Lifting 動作初期から中期にかけて重量物の負担を大きく受けることが示唆された。

Lifting 動作に関する報告^{3)4)13)~17)}は多くあり、その中で持ち上げ方法¹³⁾¹⁶⁾に関しては、Squat 法と Stoop 法のどちらがよいか賛否両論ある。本研究の結果、重量物の質量増加に伴う腰部の筋活動量および動作戦略から考えると Squat 法を行うことが望ましく、さらに意識下でこの方法を行わせる必要があるものと思われる。したがって、Lifting 動作を多用する職場や環境では、動作方法を意識して行わせる指導や助言が重要になると考える。今後、腰部伸展筋以外の筋活動も考慮し、より詳細に検討していきたい。

文 献

- 1) 岡野憲之：腰痛予防管理者用労働衛生教育テキスト—職場における一腰痛予防対策マニュアル 第 1 版。東京，中央労働災害防止協会，1998, pp 75, 76, 210—251.
- 2) 下野俊哉：表面筋電図マニュアル基礎編 第 1 版。東京，

酒井医療，2004, pp 39, 40, 99.

- 3) 太場岡英利，越智 亮，片岡保憲，森岡 周：重量の漸増及び漸減的負荷に対する肘関節筋の筋出力調節。理学療法科学 21 (4)：399—404, 2006.
- 4) 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。石川県理学療法雑誌 8 (1)：4—8, 2008.
- 5) 徳山和宏，藤村昌彦，奈良 勲：質量不明の重量物持ち上げにおける脊柱起立筋の活動—筋電学的研究一。理学療法科学 17 (4)：233—236, 2002.
- 6) 西野博実：腰痛を防ごう！—「職場における腰痛予防対策指針」のポイント—第 2 版。東京，中央労働災害防止協会，2007, pp 48—53.
- 7) 鹿毛 明：作業関連疾患の予防管理と臨床 改訂版。東京，産業医学振興財団，2003, pp 133—136, 142, 143.
- 8) 中央労働災害防止協会：防ごう腰痛。東京，中央労働災害防止協会，2003, pp 2, 3, 6.
- 9) 荒川英樹，中村 健，梅津祐一，志波直人：脊柱起立筋の筋疲労評価。JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION 10 (10)：914—918, 2001.
- 10) 中村隆一，齋藤 宏：基礎運動学 第 5 版。医歯薬出版，2001, pp 468—470.
- 11) 堀川博代，小笹佳史，大野範夫，他：脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作の分析。理学療法学 27：221, 2000.
- 12) 丸田和夫，渡邊 進：和式生活において低い位置の物品を立位で取扱うときの脊柱起立筋および下肢筋の筋電図学的分析。川崎医療福祉学会誌 14 (2)：359—365, 2005.
- 13) 嶋田智明，平田総一郎：筋骨格系のキネシオロジー 第 1 版。東京，医歯薬出版，2005, pp 314—316, 361—369.
- 14) 藤村昌彦，奈良 勲，河村光俊：重量物持ち上げ動作における荷台の高さの差が四肢体幹筋の活動量に及ぼす影響。広島大学保健学ジャーナル 2 (1)：72—77, 2002.
- 15) Ando S, Ono Y, Shimaoka M, et al: Strength and perceived Exertion in Isometric and Dynamic Lifting with Three Different Hand Locations. J Occup Health 42: 315—320, 2000.
- 16) 藤村昌彦，奈良 勲：重量物持ち上げ動作における腰痛発症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.
- 17) 藤村昌彦，奈良 勲：持ち上げ動作における重量物の大きさと脊柱起立筋に関する筋電図学的研究。日本職業・災害医学会誌 50 (6)：341—347, 2002.

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
波之平晃一郎

Reprint request:

Koichiro Naminohira

Institute of Health Sciences, Faculty of Medicine, Hiroshima University, 1-2-3, Kasumi, Minami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima, 734-8551, Japan

Electromyographic and Kinematical Study of Human Lifting Motion —Effect of Mass of Heavy Object on Motion Methods—

Koichiro Naminohira and Masahiko Fujimura
Institute of Health Sciences, Faculty of Medicine, Hiroshima University

The purpose of this study is to survey the effect of mass of a heavy object on the muscle activity and movement strategy of the lower back during lifting heavy object. In this study, 10 healthy females were selected as the test subjects. The mass of heavy object was set to 1kg and 5%, 10%, 15%, 20% and 25% of the subject's body weight. The muscle action potentials of the left and right lumbar paraspinals (LPs) were measured using a surface electromyography during a lifting task. The human lifting motion was started to perform from the maximum knee joint flexion in the squat lifting method. As a result, the average amount of human muscle activity of both LPs increased together with the higher mass of heavy object. An object equivalent to more than 15% of the subject's body weight raised the average amount of human muscle activity more significantly than a 1kg object. In accordance with the increasing mass, the motion method changed from the squat lifting method to a different method (similar to the stoop lifting method). From the results above, it was supposed that the lower back load increased when more than 15% of the subject's body weight was used as the mass of heavy object. Otherwise, when a lifting task was carried out unconsciously, it implied that the lifting method transferred the lower back load from the lower to upper level with increasing mass of heavy object. In other words, we would like to suggest that the motion method should be applied consciously when conducting a lifting task in the generally recommended squat lifting method that may cause a little lower back load.

(JJOMT, 58: 234—239, 2010)