

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

藤村 昌彦, 奈良 勲, 河村 光俊

キーワード (Key words) : 1. 労作性腰痛 (occupational low back pain)
2. 重量物の持ち上げ (lifting heavy objects)
3. 筋積分値 (Integrated electromyography)

重量物の持ち上げ動作において、荷台の高さの違いが四肢体幹筋に及ぼす影響を調べるために、筋電計を用いて実験を行った。対象は、筋骨格系障害の既往がない健常男子大学生10名（平均年齢 22.2 ± 0.9 才，平均身長 169.9 ± 4.3 cm，平均体重 62.3 ± 4.0 kg）であった。被験筋は、持ち上げ動作に重要な僧帽筋，上腕二頭筋，脊柱起立筋，大腿直筋とした。荷台の高さを身長40%，50%，60%に設定し，重量物の質量は体重の30%とし床面から荷台へ合計10回荷揚げさせた。得られた筋電波形のIEMGを求め，しゃがみ込み開始から重量物の離床まで（以下Prepare-Periodと略）と，重量物の離床から重量物の着床まで（以下Carrying-Periodと略）に分けて分析した結果，各荷台高においてPrepare-Periodでは荷台の上昇に伴い僧帽筋と大腿直筋の働きが大きくなることが認められた。また，Carrying-Periodにおいても荷台の上昇に伴い僧帽筋と大腿直筋が他の筋より大きな値となり，重量物の高位への持ち上げに重要な働きをすることが示唆された。

はじめに

1980年代前半にWHOによりwork related diseasesという概念¹⁾が提唱されて以来，作業環境と関連ある因子が疾患の発症や経過に寄与するような疾患群に対して新たな関心が持たれるようになった。わが国では，「作業関連疾患」と訳されて今日に至っている²⁾。作業関連疾患のひとつとして筋骨格系の障害があげられるが，厚生労働省が発表する労働者死傷病報告によると，作業関連疾患と診断された者は運輸業と建設業に多くみられる³⁾。これらの業種では，重量物を持ち上げたり運搬する頻度が，他の業種と比べてはるかに多いことは周知のとおりである。Holmstrom⁴⁾らは，建設現場で働く者の約1/3に何らかの筋骨格系の障害が認められると指摘している。また，介護職域でも作業関連疾患の危険を認め，作業負担の軽減の重要性を指摘している^{5,6)}。

このように，重量物の取り扱いには大きなリスクをとるもなうにもかかわらず，産業保健の分野で重量物の取り扱いに関する報告は少ない^{7,8)}。そこで本研究では重量物取扱い作業関連疾患に関する基礎研究として，荷台の高さの差が重量物を持ち上げる動作時の四肢体幹筋の筋積分値に及ぼす影響を調べるために健常大学生を対象にして筋電計を用いて測定し，筋積分値 (IEMG) を算出

し，比較検討を行ったので報告する。

対象及び方法

1. 対象

対象は，筋骨格系障害の既往がない健常男子大学生10名（平均年齢 22.2 ± 0.9 才，平均身長 169.9 ± 4.3 cm，平均体重 62.3 ± 4.0 kg）とした（表1）。なお，測定前に測定方法とその結果もたらされる危険性の可能性の説明を行った上で，実験協力の同意を得た。

2. 方法

1) 筋電図の測定

筋電図の測定にはNoraxon社製マイオシステム1200を用いた。被験筋は，体幹の伸展，膝の伸展などに機能し重量物の持ち上げに重要な機能を果たすと考えられる僧帽筋，上腕二頭筋，脊柱起立筋，大腿直筋の4筋とした。電極導出部は，僧帽筋（肩峰とC7棘突起を結ぶ線の中点，20mm外側），上腕二頭筋（上腕二頭筋筋腹中央），脊柱起立筋（L5棘突起の40mm上部，30mm外側），大腿直筋（大腿直筋筋腹中央）とし，双極誘導にて導出した⁹⁾。電極（Medicotest社製・M-00-S）はペースト付きの使い捨てのものをを用いた。導出部位

・ The Influence on Limbs and Trunk muscles in Lifting a Weight at Different Platform Levels
・ 所属：広島大学医学部保健学科理学療法専攻
・ 広島大学保健学ジャーナル Vol. 2(1) : 72~77, 2002

表1 被験者の属性

被験者	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)
1	22	172	66
2	21	161	64
3	23	175	65
4	22	166	58
5	22	170	58
6	22	169	61
7	24	173	70
8	22	175	63
9	21	170	58
10	23	168	60
Mean ± SD	22.2 ± 0.9	169.9 ± 4.3	62.3 ± 4.0

は、皮膚抵抗が5kΩ以下になるように皮膚前処置用ペースト(日本光電社製・skin pure)で研磨した後、アルコール綿で清拭した。電極貼付についてはKleineらの方法¹⁰⁾に準じて電極貼付を行った。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期1kHzでパーソナルコンピュータに取り込んだ。

動作の開始時期及び筋電計と重量物の離着床を同期させるために、ノルスイッチ(Noraxon社製・EM134)を2つ使用し、1つは、被験者の左腰部側面に装着した。被験者に荷物の持ち上げ動作を開始するまでノルスイッチを手指で軽く押さえさせ、手を放すと同時に持ち上げ動作に移らせた。これにより、持ち上げ動作の開始時を筋電図上に同期させてしゃがみ込み開始時を筋電図上に記録した。他の1つはダンボール箱の底に装着してダンボール箱の離床と着床を筋電図上で同期させた。これら2つのノルスイッチによりしゃがみ込み開始から重量物の離床まで(Prepare-Period)と、重量物の離床から重量物の着床まで(Carrying-Period)を筋電図上で確認できるようにした。

2) 荷台高の設定および重量物の設定

身長20%から80%までの範囲で行った予備実験を基にして荷台の高さを身長40%、50%、60%として設定した。重量物の質量は体重30%とした。市販の造庭園用レンガ(3kg/個)と砂嚢(1~3kg/個)を39×29×20(cm)の段ボール箱に詰めて作成した。段ボール箱の内壁は、箱の強度を高めるためにベニヤ板で補強するとともに、重心が中央になるように、また、移動しないように固定した。

3) 重量物の持ち上げ方法

重量物を持ち上げる荷台は、昇降機能を備えたトリートメントベッド(パリル社製・SESAM-7100)で代用した(昇降可能高:64~107cm)。重量物の着床時にノルスイッチが正確に反応するように荷台上に水平板をおき、水平面を確保した。

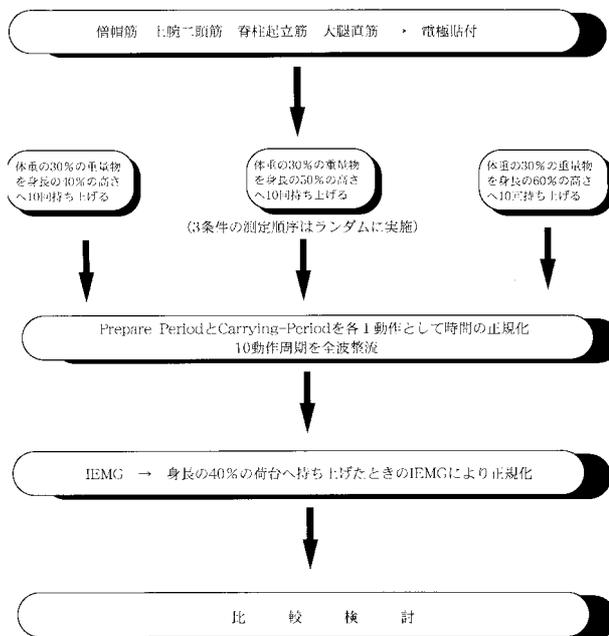


図1 測定の流れ

重量物は、床面から荷台へ1回荷揚げして1分間休息時間を与えた。これを10回繰り返した。持ち上げ方法については、特に指示を与えず任意に実施させた。重量物を荷台から降ろすのは、測定スタッフによって行った。

統計処理

表面筋電図の分析は、解析ソフトマイオリサーチ(Noraxon社製)により行った。ノルスイッチで10回の動作を確認し、時間の正規化を行い、Prepare-PeriodとCarrying-Periodに分けて1動作あたりのIEMGを算出した。

各条件下で比較をするために身長40%の高さの荷台のときに得られたIEMGにより正規化した。統計学的に検討するためにtwo-way ANOVAを行った。統計処理には、統計用ソフトウェアStatView-J5.0(Abacus Concepts, Inc.社製)を用いた。各処理の統計学的有意水準は5%以下とした。two-way ANOVAにおいて差を確認した後、各群を多重比較検定するために、Post-hocテスト(FisherのPLSD)により処理した(図1)。

結果

1. Prepare-Periodにおける荷台の高さ変化と各筋のIEMG(表2)

荷台の高さが身長50%のときのIEMGは、僧帽筋127.3±39.5%、上腕二頭筋111.5±11.6%、脊柱起立筋120.5±24.9%、大腿直筋128.1±28.4%であった。荷台の高さが身長60%のときのIEMGは、僧帽筋145.3±

表2 Prepare-PeriodのIEMG

	身長40%の高さの荷台への持ち上げ	身長50%の高さの荷台への持ち上げ	身長60%の高さの荷台への持ち上げ
僧帽筋	100	127.3 ± 39.5	145.3 ± 33.3
上腕二頭筋	100	111.5 ± 11.6	120.0 ± 12.7
脊柱起立筋	100	120.5 ± 24.9	112.0 ± 14.7
大腿直筋	100	128.1 ± 28.4	146.4 ± 32.0

(%)

(注) 数値は身長40%の高さの荷台へ重量物を持ち上げたときのIEMGを100とした比率

表3 Carrying-PeriodのIEMG

	身長40%の高さの荷台への持ち上げ	身長50%の高さの荷台への持ち上げ	身長60%の高さの荷台への持ち上げ
僧帽筋	100	109.1 ± 21.8	152.5 ± 39.3
上腕二頭筋	100	111.6 ± 11.2	121.4 ± 16.8
脊柱起立筋	100	106.1 ± 12.2	106.7 ± 11.8
大腿直筋	100	118.6 ± 23.4	159.6 ± 28.1

(%)

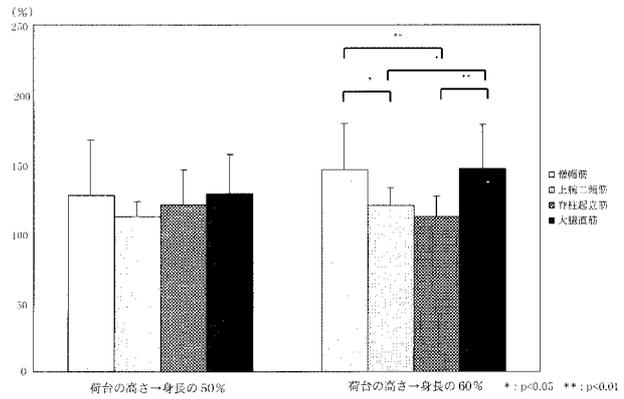
(注) 数値は身長40%の高さの荷台へ重量物を持ち上げたときのIEMGを100とした比率

33.3%，上腕二頭筋120.0 ± 12.7%，脊柱起立筋112.0 ± 14.7%，大腿直筋145.4 ± 32.0%であった。two-way ANOVAを用いて差を確認したところ、筋 ($p < 0.01$) および荷台の高さ ($p < 0.05$) において有意差が認められた。さらに、FisherのPLSDを用いて各被験筋間で多重比較検定を実施したところ、身長50%の高さでは有意差を認めなかったが、身長60%の高さにおいて図2に示すとおり有意差を認めた。

次に、FisherのPLSDを用いて身長40%の高さと50%の間で多重比較検定を実施したところ、脊柱起立筋と大腿直筋において有意差を認めた。身長50%の高さと60%の間で多重比較検定では有意差を認めなかったが、身長40%の高さと60%の間では僧帽筋、上腕二頭筋、大腿直筋において有意差を認めた(図3)。

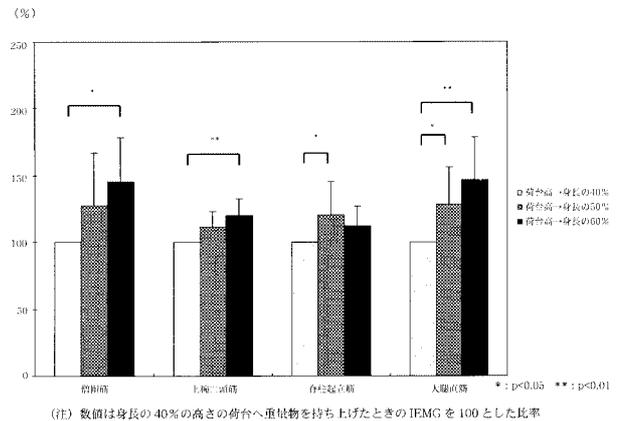
2. Carrying-Periodにおける荷台の高さ変化と各筋のIEMG(表3)

荷台の高さが身長50%のときのIEMGは、僧帽筋109.1 ± 21.8%，上腕二頭筋111.6 ± 11.2%，脊柱起立筋106.1 ± 12.2%，大腿直筋118.6 ± 23.4%であった。荷台の高さが身長60%のときのIEMGは、僧帽筋152.5 ± 39.3%，上腕二頭筋121.4 ± 16.8%，脊柱起立筋106.7 ± 11.8%，大腿直筋159.6 ± 28.1%であった。two-way ANOVAを用いて差を確認したところ、筋 ($p < 0.001$) および荷台の高さ ($p < 0.05$) において有意差が認められた。さらに、FisherのPLSDを用いて各被験筋間で多重比較検定を実施したところ、身長50%の高さでは有



(注) 数値は身長40%の高さの荷台へ重量物を持ち上げたときのIEMGを100とした比率

図2 Prepare-PeriodにおけるIEMG(1)



(注) 数値は身長40%の高さの荷台へ重量物を持ち上げたときのIEMGを100とした比率

図3 Prepare-PeriodにおけるIEMG(2)

意差を認めなかったが、身長60%の高さにおいて図4に示すとおり有意差を認めた。

次に、FisherのPLSDを用いて身長40%の高さと50%の間で多重比較検定を実施したところ、上腕二頭筋において有意差を認めた。また、身長50%の高さと60%の間で多重比較検定を実施したところ、僧帽筋、大腿直筋において有意差を認めた。そして、身長40%の高さと60%の間では僧帽筋、上腕二頭筋、大腿直筋において有意差を認めた(図5)。

考 察

厚生労働省は、重量物の取り扱いについて「満18才以上の男子労働者が人力のみにより取り扱う重量は、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。」と重量について基準を設けている¹¹⁾。しかし、持ち上げの高さには触れていないため、本実験では、荷台の高さを変えて持ち上げ動作の筋電測定を計画した。

まず、荷台高の設定について検討した。身長30%以下では、ほとんど上肢だけで持ち上げて、一方身長

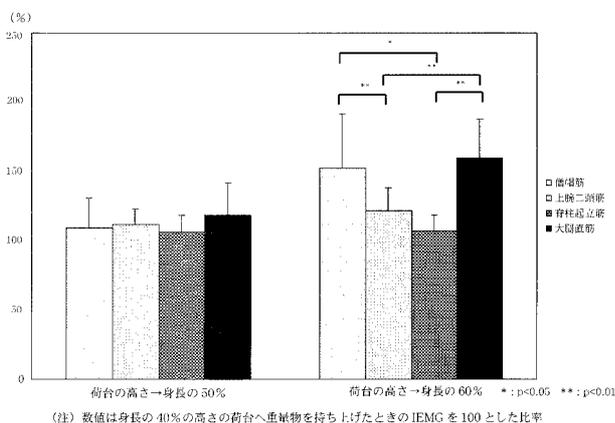


図4 Carrying-PeriodにおけるIEMG (1)

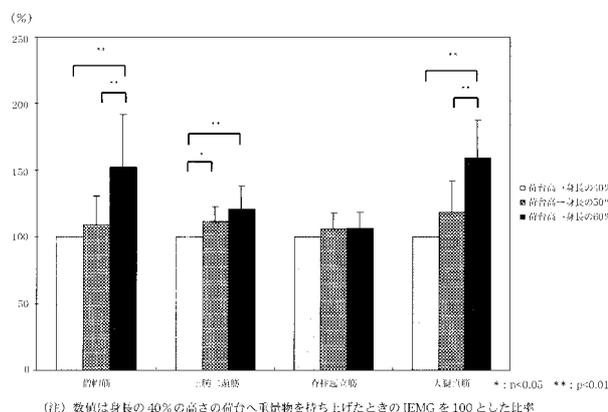


図5 Carrying-PeriodにおけるIEMG (2)

70%以上では体重の30%を上げるのは被験者に負担が大きき思われた。それらをふまえて、40~60%に決定した。他方、重量物の質量の設定では、産業衛生領域では『重量物』の明確な定義はない。そのため、まず体重の5~40%の範囲で予備実験をした。40%については、『腰痛予防指針』が示すとおり被験者に負担が大きき、20%以下では『重量物』と呼ぶには『物足りなさ』が感じられ、最終的に30%とした。

持ち上げ動作とは、重量物が床面から離れ目的とする荷台に着床するまでの動作として捉えがちである。しかし、今回われわれは2つのノルスイッチを使用することにより、持ち上げ準備としてのしゃがみ込み動作であるPrepare-Periodと、実際の持ち上げ時期であるCarrying-Periodに分けて検討した。

まず、Carrying-Periodでは、図4、図5に示されるとおり大腿直筋と僧帽筋は荷台の高さが身長60%のとき、他の筋よりIEMGが大きな値となり、この高さにおいて重要な働きをすることが示唆された。持ち上げには、膝伸展位で持ち上げるStoop Lifting法と体幹の前傾を少なくして膝伸展筋を使ったSquat Lifting法がある¹²⁾(図6)。Stoop Lifting法は、日常的によく用いられる手軽な持ち方といわれている¹³⁾。一方、Squat Lifting法は、膝伸展機構を活用して持ち上げる方法である。また、物を持ち上げるとき、Stoop Lifting法では第5腰椎椎間板に大きなストレスが加わることが¹⁴⁻¹⁶⁾、Squat Lifting法は腰背部への負担を軽減できる持ち上げ方法である¹⁷⁾。本実験では、図4に示すとおり荷台の高さが身長60%のとき大腿直筋のIEMG増大、そして脊柱起立筋のIEMGが他の筋と比して小さくなったことから、Squat Lifting法に準じた持ち上げ法を行い腰背部への負担が軽減され脊柱起立筋のIEMGが他の筋のIEMGより小さくなったと考える。

次に、Prepare-Periodであるが、測定前われわれの立てた仮説では、Prepare-Periodにみられるしゃがみ込み動作は、負荷量(被験者の体重)、移動距離(膝伸展位

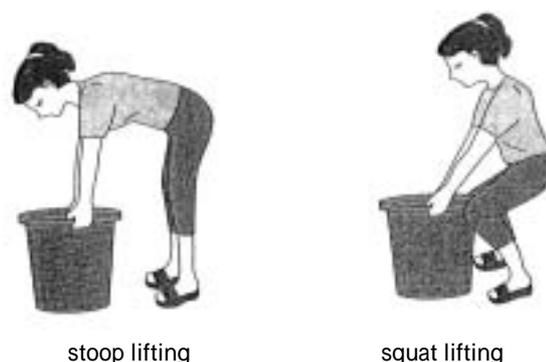


図6 持ち上げスタイル
〔文献12より引用〕

から完全屈曲まで)が同じなのでIEMGの変化はみられないと考えた。しかし、IEMGは50%と60%の高さで増加がみられた(図2, 3)。特に、図2にみられるように60%の高さで僧帽筋と大腿直筋のIEMGが上腕二頭筋、脊柱起立筋と比して大きな値となった。この理由として、被験者はCarrying-Periodにおける持ち上げ動作で強く働く僧帽筋と大腿直筋が効率よく機能するように、Prepare-Periodの段階から準備態勢に入っていたと考えられる。以上のことから、身長50%を超える重量物の持ち上げ作業はPrepare-PeriodとCarrying-Periodを一連の流れとして総合的に捉える必要がある。すなわち、Prepare-PeriodはCarrying-Periodの重要な導入時期であり、持ち上げ動作の重要な一過程だと考える。

文 献

1. WHO Expert Committee: Identification and control of work-related disease. WHO Technical Report Series, 714: 21-35, 1985
2. 高田 島: 作業関連疾患の判定と管理. p.1-5, 産業医学振興財団, 東京, 1993
3. 労働省労働衛生課編: 腰痛予防対策マニュアル. p.29-30, 中央労働災害防止協会, 東京, 1999

- 4 . Holmstrom, EB., Lindell, J. and Moritz, U. : Low back and neck/shoulder pain in construction workers. Spine, 17: 672-677, 1992
- 5 . 天利紀子：介護者における腰部自覚痛と圧痛の解析．産業衛生学雑誌，41：166-173，1999
- 6 . 熊谷信二，田淵武夫，田井中秀嗣，宮島啓子，松永一朗，小坂 博，安藤 剛，瀬尾明彦：幼稚園における教諭の腰部負担．産業衛生学雑誌，40：204-211，1998
- 7 . 古江幸博，脇岡昭彦：自動車製造工場における腰痛検診について．日本腰痛研究会雑誌，3：8-12，1997
- 8 . 柏木輝行，田島直也，平川俊一：腰痛の疫学的調査．日本腰痛研究会雑誌，2：8-11，1996
- 9 . 木竜 徹：局所筋疲労を表面筋電図でみる．バイオメカニズム学会誌，21：75-80，1997
- 10 . Kleine, B-U., Schumann, N-P., Bradl, I. and Scholle, H-C. : Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secretaries typing at visual display units. Int Arch Occup Environ Health, 72: 387-394, 1997
- 11 . 労働省基発547号，職場における腰痛予防対策指針．重量物取り扱い作業，2（1）：1994
- 12 . 後藤伸介：理学療法のとらえ方．腰の痛みは予防できる－腰痛に対する理学療法，p.56-67，文光堂，東京，2001
- 13 . Straker, L. and Duncan, P. : Psychophysical and psychosocial comparison of squat and stoop lifting by young females. Spine, 46: 27-32, 2000
- 14 . 山川隆由，平田総一郎，水野耕作，棚瀬嘉宏：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
- 15 . 労働省労働衛生課編：腰痛予防対策マニュアル．p.53-61，中央労働災害防止協会，東京，1999
- 16 . 河端正也：腰痛テキスト．p.11-26，南江堂，東京，1998
- 17 . 荻島秀男：腰痛症候群．p.47-65，医歯薬出版株式会社，東京，1992

The Influence on Limbs and Trunk muscles in Lifting a Weight at Different Platform Levels

Masahiko Fujimura, Isao Nara and Mitsutoshi Kawamura

Division of Physical Therapy, Institute of Health Sciences, Faculty of Medicine, Hiroshima University

Key words : 1 . occupational low back pain 2 . lifting heavy objects 3 . Integrated electromyography

The Influence on Limbs and Trunk muscles in Lifting a Weight at Different Platform Levels Masahiko Fujimura, Isao Nara, Mitsutoshi Kawamura Institute of Health Sciences, Hiroshima University Faculty of Medicine The purpose of this study is to examine the influence on limbs and trunk muscles in lifting a weight at different platform levels. This is to report a basic study on the muscle activity data with the use of surface EMG and the calculated integrated EMG (IEMG) value. Ten male university students (average age 22.2 ± 0.9 years, average height 169.9 ± 4.3 cm, average weight 62.3 ± 4.0 kg) who were healthy and had no history of disorders participated in this study . The subject lifted up a weight 10 times. (The weight used in this study was adjusted to 30% of subject's weight and the platform's levels were set at the height of 40%, 50% and 60% of subject's height.) Surface EMG were collected from trapezius, biceps brachii, elector spinae, rectus femoris by electromyograph (Myosystem1200, Noraxon USA). Set the term "Prepare-Period" is the squatting motion to lift a weight, and "Carrying-Period" is the motion from lifting a weight to putting it on a platform. The footswitch (Nor Switch, Noraxon USA) was attached to the bottom of a weight to observe the timing of these two motions. The motions of 10 times were identified by the foot switch signal and IEMG per motion was calculated with normalizing time. All IEMG values were normalized to the IEMG of lifting a weight to the level of 40% of subject's height. In the Carrying-Period, the IEMG of rectus femoris showed larger value than other muscles at the height of both 50% and 60%. This suggests that the rectus femoris plays an important role at these heights. In the Prepare-Period, the IEMG increased at each height. Especially, the IEMG of trapezius and rectus femoris at the height of 60% showed larger value compared with biceps brachii and elector spinae. The reason is that subjects seem to have prepared at the Prepare-Period stage so as to make the trapezius and rectus femoris function effectively, muscles which naturally work well in the lifting motion at the "Carrying-Period". In short, Prepare-Period falls under the important introduction period for Carrying-Period and is regarded as an essential process of the lifting motion.