
車椅子からベッドの高さを想定した持ち上げにおける発揮力 および自覚的負担感

服部洋児¹ 服部祐児² 村松成司³

¹愛知工業大学 ²東海学園大学 ³千葉大学

Force and psychophysical exertion in lifting an object from wheelchair height to bed height

Yoji HATTORI ¹ Yuji HATTORI ² Shigeji MURAMATSU ³

¹ Aichi Institute of Technology ² Tokaigakuen University ³ Chiba University

Summary

The purpose of this study was to examine the force and potential psychophysical exertion of subjects during the lifting of a box from a height of 38.1 cm to 71 cm, which is considered as the hypothetical heights of a wheelchair and a bed. The task was completed by both male and female subjects and in two different knee positions (stoop and squat). Twenty-two healthy female and male subjects performed the lifting tasks.

Psychophysical exertion was measured by using category scale with ration property (CR-10). Dynamic and isometric forces were also measured by dynamometer. In addition to these measurements, body and knee angles in the squat and stoop lifting positions were computed by using video data.

The results of this study are summarized as follows:

1. Gender factor had significant effects on dynamic and isometric forces. The tendency was male>female. Knee factor had significant effects on dynamic force (stoop>squat).
2. CR-10s for the knee-thigh and whole body of female subjects were significantly higher than those of the male subjects. CR-10s for knee-thigh of stoop lifting were significantly higher than those of squat lifting.
3. Subject positions were 0° knee angle and 30 ~ 70° body angle in stoop lifting. In squat lifting, subject positions were 120 ~ 140° knee angle and 0 ~ 5° body angle.

Key words: lifting, force, CR-10

はじめに

高齢化社会に進みつつある今日、何らかの介護支援を必要とする高齢者の数はますます増加することが予想される。そのため、老人福祉施設及びそこでの従事者の需要も高まり、近年、急増してきていることが報告¹⁾されている。しかしなが

ら、老人福祉施設の従事者が多くなると同時に、老人福祉施設の従事者の健康問題にも大きな注目が注がれるようになった。特に腰痛の発症率は特別養護老人ホームの介護職員の70%を超えるとされている^{2,3)}ことから、特別養護老人ホームは腰痛多発職場のひとつとされている。また、老人福

表1. 被験者の身体的特性

	年齢(yrs)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪(%)	背筋力(kg)
全 体 n=22	18.5±0.5	164.3±7.2	58.4±10.9	18.4±4.7	111.7±41.3
男 性 n=11	18.5±0.5	170.4±4.6	66.0±9.2	15.8±3.2	139.6±36.1
女 性 n=11	18.4±0.5	158.9±4.0	50.7±6.1	21.0±4.5	83.8±23.4

祉施設の従事者の腰部への最も負担の大きい作業のひとつは、車椅子からベッドへの移乗作業であることを特別養護老人ホームにおける介助作業を調査し、報告⁴⁾がされている。この作業は膝を曲げて行うことが指導されている⁵⁾が、実際には作業時間の短縮などの理由から、膝を曲げずに腰をかがめて行われることが多い。膝を曲げる姿勢、曲げない姿勢、いずれの姿勢においても、介助者はまず垂直方向に動的な力を発揮する。そして、ベッドの高さより患者の臀部が高くなったところで動的な力を止め、静的な力に移行しその場で患者を保持する。その後、向きを変え、患者を保持しながらベッドに近づき、徐々に患者をベッドにおろす。つまり、車椅子からベッドへの移乗作業は主に動的な挙上力と静的な挙上力が連動した作業で成り立っていると考えられる。したがって、老人福祉施設の従事者の作業の特徴として垂直方向への動的・静的な力を把握することが老人福祉施設の従事者の腰痛予防を考える上で重要であるといえる。

介護・医療現場のスタッフはこれまで女性に限られていた。しかしながら、男女機会均等法により男性にも介護・看護師として働く機会が認められ、介護・医療現場で活動する男性が増えてきている。そして、その数は今後さらに増加することが予想される。これまでの経緯から介護・看護関係の研究では女性を対象としたものがほとんどであり、男性の加味した検討はほとんどなされていない。今後は男性従事者と女性従事者を比較して検討することも必要であると思われる。

本研究はリフティング・シミュレータを用いて、車椅子からベッドの高さへの持ち上げ作業を動的と静的におこなった際の発揮力と自覚的負担

感が、性別および作業姿勢の違いによってどのように影響されるかを検討することを目的に行った。

方 法

1. 被験者

将来、介護・看護職を目指すN大学医学部保健学科に在籍する18～19の大学生男女それぞれ11名の計22名を被験者として用いた。被験者にはあらかじめ実験の趣旨および内容を説明し、インフォームドコンセントをとった。測定に先立ち、健康上の聞き取りを行い、いずれの被験者にも内科的、整形外科的に異常を保有していないことを確認した。また、事前に身体および体力測定をおこなった。被験者の身体的特性を表1に示した。

2. 実験のデザインと装置

被験者に対する箱の位置を正面とし、足幅を19歳男子の日本人の平均肩幅に相当する41cm、箱の中心と両足踝間中点との距離は一定の41cmとして立たせ、10kgの箱を垂直方向へ動的および静的な方法で持ち上げさせた。この際、踵が浮かないように指示した。動的な方法では車椅子の座面の高さに相当する位置(床から38.1cm)からベッド高に相当する位置(床から71cm)まで持ち上げさせた。これらの高さは実物の車椅子および看護作業に適したベッドの高さとされている値⁶⁾を参考にし、算出した。箱は重量物持ち上げ作業評価用のLido lift (Loredan Biomedical社製)本体アームに設置した(図1)。箱のサイズは縦24.5cm×横29cm×高さ23cmである。静的測定では動的測定と同じ足の配置とし、ベッドの高さと同じ位置(床から71cm)から挙上をおこなわせた。

持ち上げ作業時の条件として、性別と姿勢の

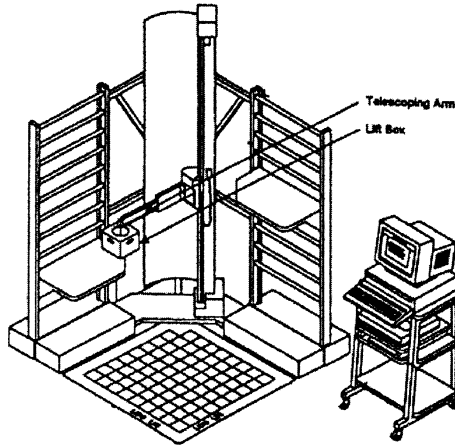


図1. Lido lift

2条件を設定した。性別は男性と女性に分けた。姿勢は、膝伸展軀幹屈曲（以後、膝伸展と記す）と膝屈曲軀幹伸展（以後、膝屈曲と記す）に分け、動的測定のみで実施した。静的測定における姿勢は膝伸展の姿勢だけを実施し、膝屈曲の姿勢を実施しなかった。この理由は、動的測定終了時には姿勢条件に関係なく、すべての挙上終了時に被験者が膝を伸ばしていることを予備実験（本実験と同条件で事前に行った）において確認したためである。

3 測定項目

動的測定では5秒間に1回のペースで垂直方向への挙上を、全力で3回行い、最大力(peak force)を測定した。静的測定では5秒間の全力の持ち上げを5分の休憩を挟んで2回行い、最大の3秒間の移動平均を最大力として測定した。動的測定では3回、静的測定は2回測定した最大力の平均を最大持ち上げ力とした。

各条件の測定終了時に10段階の Borg⁷⁾による自覚的負担感(以後、CR-10と記す)を用いて、動的測定では頸肩腕、腰・下背部および膝・大腿の3カ所について、静的測定では全身についての負担感を被験者より聴取した。

実験中のすべての作業動作は被験者の正面・横・上からの3台のビデオカメラ(Sony, DCR-PC11

0)により画像として記録し、持ち上げ開始時の姿勢の上体角度と膝角度を算出した。上体角度は横からの画像を使い、膝伸展軀幹直立の姿勢の際の第4腰椎突起部と第7頸椎突起部を結んだ線である基準線(0度)と箱に対して軀幹を前屈させた時の第4腰椎突起部と第7頸椎突起部を結んだ線とでできる内角とした。膝角度も横からの画像を使い、膝屈曲時の左膝関節外側部と左大転子部を結んだ線と左膝関節外側部と左足外果部を結んだ線とでできる内角とした。

4 統計処理

forceに関するデータは先の実験^{8,9)}同様に、すべてLido liftから直接パーソナルコンピュータに取り込み、分析を行った。統計的解析はforceについては、分散分析を使用しておこない、CR-10のデータについてはノンパラメトリック検定を用いておこなった。いずれの検定とも危険率5%以下を有意差ありと判定した。

表2. 最大持ち上げ力の結果 (kg)

Sub.#	性別	動的最大持ち上げ力		静的最大持ち上げ力
		膝屈曲	膝伸展	
1	男	26.4	23.0	46.7
2	男	25.5	32.5	50.8
3	男	33.3	47.9	99.3
4	男	43.5	39.6	43.1
5	男	23.5	24.7	42.6
6	男	45.4	53.7	39.0
7	男	83.5	89.4	55.8
8	男	37.2	52.3	78.9
9	男	34.4	49.0	64.4
10	男	46.2	42.4	70.8
11	男	87.5	92.7	108.0
12	女	18.7	16.4	21.8
13	女	17.3	17.3	26.8
14	女	16.8	16.4	39.9
15	女	25.4	22.1	52.2
16	女	24.6	28.4	24.9
17	女	18.0	17.4	23.6
18	女	27.4	34.2	62.1
19	女	25.4	19.7	27.2
20	女	21.9	25.9	34.0
21	女	20.7	21.1	29.0
22	女	23.4	19.9	24.9
全体平均		33.0±19.1	35.7±21.7	48.5±24.1
男性平均		44.2±21.9	49.7±22.9	63.6±23.5
女性平均		21.8±3.72	21.7±5.67	33.3±13.0

結果

動的測定および静的測定による最大持ち上げ力

表3. 最大持ち上げ力の分散分析の結果

	動的最大持ち上げ力	静的最大持ち上げ力
性別要因 (G)	P<0.001 (男>女)	P<0.001 (男>女)
姿勢要因 (N)	P<0.05 (曲<伸)	
G×N	P<0.05	

の被験者ごとの結果を表2に示した。また、分散分析の結果を表3に示した。膝伸展での動的な最大持ち上げ力では男性の平均は49.7±22.9kgであり、個人別にはSub. 11が92.7kgで最も高く、次いでSub. 7の89.4kgであった。女性の平均は21.7±5.67kgであり、個人別ではSub. 18の34.2kgが最も高く、次いでSub. 16の28.4kgであった。性別の比較では男性に比べ女性が有意に低い値を示した(P<0.001)。膝屈曲でも最大持ち上げ力はSub. 11が87.5kgと最も高く、次いでSub. 7の83.5kgであり、男性の平均は44.2±21.9kgであった。女性においてはSub. 18の27.4kgが最も高く、次いでSub. 15, 19の25.4kgの順に高く平均では21.8±3.72kgであり、膝伸展と同様に男女の間には有意な違い(P<0.001)がみられた。姿勢の比較では、膝伸展での最大持ち上げ力は平均35.7±21.7kgであり膝屈曲の平均33.0±19.1kgに比べ有意に高い値(P<0.05)を示した。

静的な最大持ち上げ力は男性ではSub. 11が108.0kgと最も高く、次いでSub. 3の99.3kgの順であり、平均は63.6±23.5kgであった。女性ではSub. 18の62.1kgが最も高く、次いでSub. 15の52.2kgの順であり、平均では33.3±13.2kgであった。この結果は動的な最大持ち上げ力の結果と同様に男子に比べ有意に低い値(P<0.001)であった。

動的測定の際の頸肩腕、腰・下背部、膝・大腿の3部位および静的測定の際の全身における被験者ごとのCR-10の結果を表4に示した。また、各要因における部位ごとの統計処理の結果を表5に示した。性別の比較では各部位とも平均値では男性に比べ女性の方が高い負担感を示し、特に、その違いは静的測定 of 全身および動的測定 of 膝・大腿で有意な差が見られた(P<0.05)。膝伸展と膝屈曲の比較では頸肩腕、腰・下背部、膝・大腿とも膝伸展が膝屈曲に比べ高い負担感を示し、特に膝・

表4. 自覚的負担感 (CR-10) の結果

Sub.#	性別	動的膝屈曲			動的膝伸展			静的	
		頸肩腕	腰・下背部	膝・大腿	頸肩腕	腰・下背部	膝・大腿	全身	全身
1	男	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
2	男	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	1.0	1.0	1.0
3	男	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	1.0	1.0
4	男	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	1.0
5	男	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.5	2.0	2.0
6	男	3.0	2.0	1.0	3.0	4.0	1.0	4.0	4.0
7	男	0.5	2.0	1.0	3.0	4.0	2.0	4.0	4.0
8	男	3.0	3.0	2.5	4.0	0.5	1.0	2.0	2.0
9	男	3.0	2.0	0.5	3.0	0.0	0.5	0.5	2.0
10	男	0.5	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0
11	男	3.0	2.0	2.0	4.0	4.0	1.0	4.0	4.0
12	女	0.5	1.0	0.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
13	女	0.5	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	3.0	3.0
14	女	1.0	3.0	1.0	1.0	4.0	1.0	2.0	2.0
15	女	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0
16	女	3.0	3.0	0.0	4.0	2.0	3.0	3.0	3.0
17	女	2.0	0.0	1.0	1.0	0.0	2.0	2.0	2.0
18	女	3.0	3.0	1.0	5.0	1.0	2.0	5.0	5.0
19	女	0.5	1.0	0.0	3.0	3.0	1.0	5.0	5.0
20	女	4.0	3.0	2.0	4.0	3.0	2.0	4.0	4.0
21	女	2.0	0.0	1.0	0.5	2.0	2.0	3.0	3.0
22	女	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	1.0	1.0
全体平均		1.52	1.32	0.61	2.25	1.66	1.36	2.55	2.55
(標準偏差)		1.29	1.16	0.71	1.47	1.43	0.89	1.34	1.34
男性平均		1.45	1.18	0.45	2.14	1.41	0.91	2.09	2.09
(標準偏差)		1.33	0.96	0.65	1.45	1.70	0.65	1.38	1.38
女性平均		1.59	1.45	0.77	2.36	1.91	1.82	3.00	3.00
(標準偏差)		1.30	1.37	0.75	1.55	1.14	0.87	1.26	1.26

表5. CR-10のノンパラメトリック検定の結果

	頸肩腕	腰下背部	膝・大腿	全身
性別要因	NS	NS	P<0.05 (男<女)	P<0.05 (男<女)
姿勢要因	NS	NS	P<0.01 (曲<伸)	

表6. 挙上開始時の上体角度および膝角度 (度)

Sub.#	性別	膝屈曲		膝伸展	
		上体角度	膝角度	上体角度	膝角度
1	男	0	140	50	0
2	男	5	140	45	0
3	男	5	135	55	0
4	男	0	135	60	0
5	男	0	140	55	0
6	男	5	130	70	0
7	男	5	130	50	0
8	男	0	135	50	0
9	男	5	135	55	0
10	男	0	130	55	0
11	男	5	130	50	0
12	女	0	130	40	0
13	女	5	125	40	0
14	女	0	125	35	0
15	女	5	120	35	0
16	女	5	120	30	0
17	女	5	125	35	0
18	女	0	120	30	0
19	女	5	120	50	0
20	女	5	125	35	0
21	女	0	125	35	0
22	女	5	120	35	0
全体平均		3.0±2.5	128.9±6.9	45.2±10.9	0.0±0.0
男性平均		2.7±2.6	134.5±4.2	54.1±6.6	0.0±0.0
女性平均		3.2±2.5	123.2±3.4	36.4±5.5	0.0±0.0

大腿の部位では有意な差が見られた(P<0.05)。個人的にみてもSub. 4, 22のように動的測定 of 膝屈曲・伸展の作業とも各部位および静的測定 of 全身ともCR-10が0に近い値を答え、ほとんど負担感を訴えなかった者、Sub. 6, 7, 11, 14のように膝伸展作業時の腰・下背部で4.0、静的測定 of Sub. 18, 19のように全身で5.0の負担感を訴えた者など個人差が見られた。

被験者の作業姿勢ごとの上体角度と膝角度を表6示した。膝伸展では男女とも膝角度は0度、上体角度は30~70度の間であった。膝屈曲では男女とも膝角度は120~140度の間であり、上体角度は0~5度であった。

考 察

本研究の被験者は年齢18~19歳、平均身長は男子170.4±4.6cm、女子158.9±4.0cm、平均体重は男子66.0±9.2kg、女子50.7±6.1kgであり、同年齢の全国平均値と比較して全く違いはなく、平均的な体格の被験者であるといえる。

1. 性別の影響について

静的・動的の最大持ち上げ力とも男性が女性の約2倍の値を示し、有意に高い結果となった。これは、被験者の身体特性の項目において性別の差異が影響したものであると考えられる。表1に示したとおり、男性は体重が女性に比べ15kg多く、体脂肪率が15.8%と女性の21.0%に比べ低い状態にあり、このことは男性が女性よりも筋肉量が多いことが十分に推察できる。さらに、姿勢支持する能力あるいは物を上に持ち上げる強さを示す背筋力も今回男性が女性に比べ約65%高い状態であった。形態的あるいは体力的に男性が女性を上回ることは一般に認められることであるが、今回の被験者においても同様に男女差が見られ、このことが静的・動的の最大持ち上げ力の男女間の差を生じさせた要因と考えられる。

自覚的負担感を表すCR-10の結果についてはすべての部位において女性の方が男性よりも高い負担感を訴えており、特に静的測定の全身および動的測定の膝・大腿では有意な差が見られた。この結果は、最大持ち上げ力の結果とは逆の結果を示すものであった。このことは男性に比べ女性が挙上する際は、小さい力しか発揮できないにも拘らず、下肢をはじめとして生体に大きな負担がかかっていることを示唆していると考えられる。

我々は先の実験で低い位置から動的な持ち上げがおこなわれる際には、挙上直後に下肢を中心に大きな力が一気に発揮され、その後はその力の

慣性的運動により挙上当初よりもはるかに小さな力で目的の高さまで持ち上げられることを報告した⁶⁾。この点を考慮に入れて患者の車椅子からベッドへの移乗を想定する場合、患者をベッド高まで持ち上げる動的挙上では短時間の挙上のため生体には負担はかかることが少ないため、挙上直後に下肢に注意を払えば障害を発生する危険性は少ないと考えられる。しかし、動的挙上終了後は躯幹前屈膝伸展の姿勢でベッド高まで持ち上げられた患者を支える静的挙上の状態となり、その姿勢を保持したまま患者の向きを変え、ベッドに近づいて患者をゆっくり降ろす動作となる。このため一定の部位に長時間強い負担が掛かることが予想され、筋骨格系の障害を招く危険性が上がるものと考えられる。特に持ち上げ力が弱く、強い自覚的負担感を訴える女性が介助者として患者を移乗する際にはこの状態を軽減するため、介護・看護の職場において山田らなどにより報告されている補助器具を使用するなどの検討¹⁰⁾が必要かもしれない。また、これらの職場においては介助作業全体からすれば車椅子からベッドへの移乗作業は一部であり、他の作業もたくさんあるので一概には論ずることは出来ないが、重量物取り扱い作業において国の通達ではあるが男女それぞれに持ち上げ重量の制限が存在するように、介護・看護職場においても同様の制限や制限重量を超えた場合には機械を利用するなどの指針の検討も必要かもしれない。

2. 姿勢の影響について

動的な測定の最大持ち上げ力は姿勢により有意な差が見られ、膝伸展が膝屈曲に比べ高い力を発揮した。この結果はMaitalら¹¹⁾やKumar et. alら¹²⁾の報告と一致した。これまでの実験において我々は、膝屈曲で箱を挙上する際は、膝を伸ばす動作が最初に生じ、その動作途中から上体を利用した挙上が始まるため、膝伸展に比べ最大力発揮時の箱の位置が高いことをHeight at peak forceのdataを使ってすでに報告している⁷⁾。また、Wai karら¹³⁾は物体を挙上する位置が低いほどL5/L1の最大圧迫力が高いことを報告しており、力発揮

という観点からみると膝屈曲に比べ低い位置で、前屈して全力を出す膝伸展での挙上は躯幹ストレスが相対的に高いことが推測される。この推測を数値的に検討するために、今回の実験の被験者特性および作業条件をPraagmanらの報告¹⁴⁾したプログラム(3D SSPP Ver. 4.1)に代入し、椎間板圧迫力を算出した。このプログラムは、上体起こし角と膝の角度から椎間板圧迫力を推定するものであり、ミシガン大学のチームにより作られたものである。その結果、本研究の膝角度120~140度、上体角度0~5度として膝屈曲の挙上を行った場合の椎間板圧迫力は男性320.8N~327.1N、女性264.9N~271.6Nであった。膝角度0度、上体角度30度~60度の膝伸展からの挙上では男性1593.1N~2268.4N、女性1411.7N~2045.6Nを示し、膝屈曲の際の挙上に比べ約5~7倍の椎間板圧迫力を示しており、膝伸展での挙上は腰部への負担が大きいことを証明する結果となった。今回の実験におけるCR-10の結果においても、腰・下背部では平均値でみると膝伸展が膝屈曲よりも高い訴えを示しており、この推測を支持するものであった。このため、患者を車椅子からベッドに移乗する際の姿勢においてもNIOSHが正面から物を持ち上げるときに推奨している¹⁵⁾膝屈曲躯幹伸展を取り入れるようにしていく必要があると思われる。

今後の課題としては本実験では患者の代わりに箱を使用しており、その箱も10kgという軽いものを使用しているため、実際の患者に比べると重量に違いがある。また、患者を挙上したあとの動作である、向きを変え、患者を降ろす際の捻る力と降ろす力の検討ができていない。このため、これらの点を加味して、より現場の実態に近い条件で腰痛予防対策の検討をしていく必要があるといえる。

まとめ

介助作業で負担が大きいとされる、車椅子からベッドの高さへの持ち上げ作業を動的と静的におこなった際の発揮力と自覚的負担感を検討するため、大学生男女それぞれ11名の計22名を被験者と

して性別・姿勢を作業条件として箱の挙上実験をおこなった。結果は以下の通りである。

- 1) 膝伸展での動的な最大持ち上げ力では男性の平均は49.7±22.9kg、女性の平均は21.7±5.67kgであり、男性に比べ女性が有意に低い値を示した($P<0.001$)。膝屈曲でも最大持ち上げ力は男性の平均は44.2±21.9kg、女性の平均では21.8±3.72kgであり男女の間には有意な違い($P<0.001$)がみられた。
- 2) 膝伸展での動的な最大持ち上げ力は平均35.7±21.9kgであり、膝屈曲の平均33.0kgに比べ有意に高い値($P<0.05$)を示した。
- 3) 静的な最大持ち上げ力の平均は、男性63.6±23.5kg、女性33.3±13.0kgであり、男性に比べ女性が有意に低い値($P<0.001$)であった。
- 4) CR-10は頸肩腕、腰・下背部、膝・大腿、全身の各部位とも平均値では男性に比べ女性の方が、そして、膝伸展の挙上が膝屈曲に比べ高い負担感を示していた。
- 5) 被験者の作業姿勢は膝伸展では男性女性とも膝角度は0度、上体角は30~70度の間であった。膝屈曲では男性女性とも膝角度は120~140度の間であり、上体角は0~5度の間であった。

文 献

- 1) 厚生省：平成8年社会福祉施設等調査報告，89，399，厚生統計協会，1997
- 2) 藤村 隆：老人ホームにおける介護作業の問題点と腰痛対策，労働の科学，50(9)：13-16，1995
- 3) 服部万里子，山野井昇，三沢哲夫他：介護職に増えている腰痛，Expert Nurse，13(12)，44-49，1997
- 4) 徳田哲夫，児玉桂子：特別養護老人ホームにおける介護負担改善に関する調査研究，老年社会科学，18(2)，113-122，1997
- 5) 大河原千鶴子，酒井一博：看護の人間工学，113-126，医歯薬出版，2002
- 6) 伊丹君和，藤田きみゑ，寄本明 他：看護作業姿勢からみた腰部負担の少ないベッド高さに関する研究，滋賀県立大学看護短期大学部学術雑誌，4，

21-27, 2000

7) Borg G. : Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion, *Scandinavia Journal of Environmental Health*, 16, 55-58, 1990

8) HATTORI, Y., ONO, Y., SHIMAOKA, M., HIRUTA, S., KAMIJIMA, M., SHIBATA, E., ICHIHARA, G., ANDO, S., VILLANUEVA, M. B. G. and TAKEUCHI, Y. : Effects of asymmetric dynamic and isometric liftings on strength/force and rating of perceived exertion, *Ergonomics*, 39, 862-876, 1996

9) HATTORI, Y., ONO, Y., SHIMAOKA, M., HIRUTA, S., KAMIJIMA, M., SHIBATA, E., ICHIHARA, G., ANDO, S., VILLANUEVA, M. B. G. and TAKEUCHI, Y. : Effects of Box Weight, Vertical Location and Symmetry on Lifting Capacities and Rating of Perceived Exertion in Japanese Female Workers. *Ergonomics*, 43, 862-876, 2000

10) 山田宏, 小野雄一郎, 蛭田秀一, 島岡みどり, 堀文子, 安藤祥子, 服部洋兒, 今枝敏彦: 患者起立介助模擬作業実験に基づく介護作業能力の力学的評価, *ライフサポート*, 12, 4, 125-130, 2001

11) Mital and Kromodihardjo : Kinetic analysis of manual lifting activities: Part II-biomechanical analysis of task variables, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1, 91-101, 1986

12) Kumar, S., Chaffin, D.B. and Redferen, M. : Isometric and isokinetic back and arm lifting strengths: Device and measurement, *Journal of Biomechanics*, 21, 35-44, 1988

13) Waikar, A., Lee, K., Aghazadeh, F. and Parks, C. : Evaluating lifting tasks using subjective and biomechanical estimates of stress at the lower back, *Ergonomics*, 34, 1, 33-47, 1990

14) Praagman M, Stokdijk M, Veeger HE and Visser B. : Predicting mechanical load of the glenohumeral joint, using net joint moments, *Clinical Biomechanics*, 15, (5) 15-21, 2000

15) National Institute Occupational Safety and Health: Work practices guide for manual lifting, NIOSH Report No81-122, Cincinnati, Ohio, 1981