

## 重量挙上作業における生体反応と体力との関係

Relation between physiological responses to lifting and physical strength

蛭田 秀一\*      島岡 みどり\*      小野 雄一郎\*\*  
堀 文子\*\*\*      安藤 詳子\*\*\*\*      山田 宏\*\*\*\*\*  
巽 あさみ\*\*\*\*\*      服部 洋児\*\*\*\*\*      今枝 敏彦\*\*\*\*\*

Suichi Hiruta\*,      Midori SHIMAOKA\*,      Yuichiro ONO\*\*  
Fumiko HORI\*\*\*,      Shoko ANDO\*\*\*\*,      Hiroshi YAMADA\*\*\*\*\*  
Asami TATSUMI\*\*\*\*\*,      Yoji HATTORI\*\*\*\*\*,      Toshihiko IMAEDA\*\*\*\*\*

This research was designed to investigate the influence of lifting on physiological indexes and to examine relations between the influence and the level of physical strength. Twelve female students lifted a oblong box (L29.2cm×W25.4cm×H21.6cm) weighing 6.9kg at a tempo of 1 lift per 10 seconds for 15 minutes. The box weight was set up on the basis of the limitation of work load derived from the NIOSH formula. The average heart rate and intensity of work load during the work were 103.7 bpm and 19.2% of maximal oxygen uptake, respectively. Before and after the work, the average concentration of blood lactate somewhat increased (0.563mmol/L to 0.851mmol/L) but its increment was not statistically significant. On the other hand, the correlation coefficient ( $r=-0.637$ ) between the increase rate of the blood lactate concentration and the arm strength indicated the significantly negative interrelation. These results suggested that the workers with lower strength should pay attention to their work load, even though the work load was within the standard limit.

### 1 目 的

高齢化社会をむかえるわが国にとって、社会福祉関係の職種の重要性が年々高まってきている。しかし、これらの職員については心身の不調を訴える者も少なくなく、健康に働き続けられるための多方面にわたる条件整備が急がれている。

今までの研究で、ホームヘルパー、教母、看護婦、保母などの看護・介護職員や調理員などの社会福祉関連施設に勤務する職員にみられる作業の特徴として、人体や重量物の支持・保持・挙上、中腰・前屈姿勢などの不良姿勢、無理な上肢の使い方などを伴う作業の頻度が高いことが指摘されている<sup>3) 4)</sup>。また、これらの作業特性と関連して、社会福祉関係職種は頸肩腕部

\* 名古屋大学総合保健体育科学センター  
\*\* 藤田保健衛生大学医学部公衆衛生学  
\*\*\* 岐阜医療技術短期大学  
\*\*\*\* 名古屋大学医学部保健学科看護学  
\*\*\*\*\* 名古屋大学大学院工学研究科マイクロシステム工学  
\*\*\*\*\* 藤田保健衛生大学衛生学部衛生看護学  
\*\*\*\*\* 大同工業大学  
\*\*\*\*\* 名古屋大学大学院医学研究科環境労働衛生学  
\* Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University  
\*\* Department of Public health, Fujita Health University School of Medicine  
\*\*\* Gifu College of Medical Technology  
\*\*\*\* Nagoya University School of Health Sciences  
\*\*\*\*\* Nagoya University Graduate School of Technology  
\*\*\*\*\* Fujita Health University School of Health Sciences  
\*\*\*\*\* Daido Institute of Technology  
\*\*\*\*\* Nagoya University Graduate School of Medicine

や腰背部の筋骨格系障害の出現の比較的高い職種であると報告されている<sup>5) 6)</sup>。また、我々が最近の研究で、福祉施設看護婦の半数以上が強い負担感を訴える業務内容は、「重症者看護」、「機械類装着者看護」、「入浴介助」、「排泄介助・むつき交換」の4業務であり、勤務終了時に疲労感を強く訴える群や体力（腕力、全身持久力）の低い群は、それら4業務の負担感の訴え率が特に高いと報告している<sup>8)</sup>ように、社会福祉関係職種においては、筋骨格系障害や体力に関連するような作業者の身体にとって力学的・生理学的に高い負担をともなう作業が含まれていることが示唆されている。

したがって、それらの作業による生体への影響が明らかになれば、過度の疲労感や愁訴、筋骨格系障害などを伴わない高い質の充実した職業生活（クオリティー・オブ・ワーキング・ライフ）をおくるための条件を抽出することが可能になることが期待される。

そこで、本研究では、看護・介護作業のうち、負担度の高い作業に共通してみられる「重量の挙上」に注目し、重量挙上作業が作業強度や疲労に関係する生体指標にどのような影響をあたえるのか、また、その影響は作業者の体力とどのような関係があるかを明らかにすることを目的とする。

## 2 方法

### 2-1 被検者

被検者は19～21歳の健康な女子看護短期大学生12人であった。被検者に研究の目的と方法を書面と口頭で説明し、研究への参加の承諾を得た。

### 2-2 課題作業

課題作業として、図1に示した大きさの箱を10秒毎に下の棚から上の棚へ挙上する作業を設定した（図2参照）。被検者にこの作業を15分間実施させた。上棚に上げられた箱は、すみやかに研究スタッフによって下棚に再設置された。

### 2-3 箱の重量

箱の重量を、米国NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) による1時間未満作業における許容限度重量を求める算出式<sup>9)</sup>に、図2の位置関係の数値を代入して求めた。算出された重量は、挙上試行開始時（下棚）については12.2kg、試行終了時（上棚）については6.9kgになった。NIOSHではこのような場合、少ない方の数字を許容限度として採用することになっているので、箱の重量を6.9kgとした。

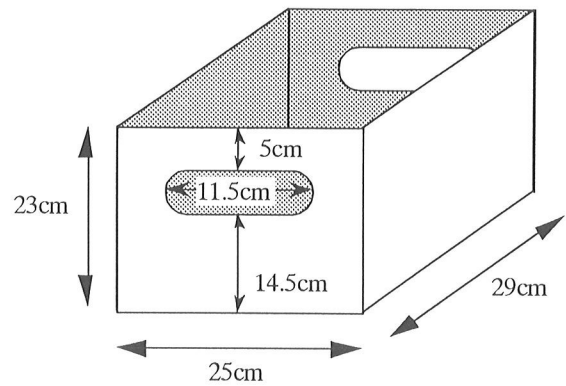


Fig. 1 Size of box  
箱の寸法

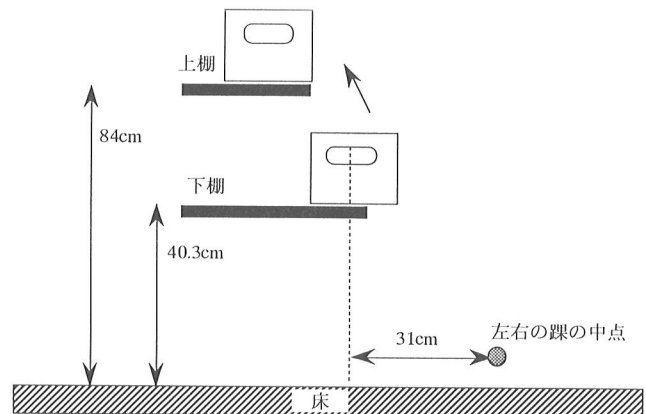


Fig. 2 Positions of shelves, box and ankles of subject  
挙上作業における箱、棚、踝の位置関係

### 2-4 血中乳酸濃度

疲労状態の指標として血中乳酸濃度を測定するために、作業開始前の安静時と作業終了直後に、前腕の静脈から採血した。乳酸濃度分析には、ラクターアナライザー（YSI社2300STAT）を用いた。

### 2-5 心拍数測定

被検者に携帯用心拍メモリ装置（竹井機器）を装着し、作業中の1分毎の心拍数（HR）を記録した。

### 2-6 酸素摂取量測定

作業中、オキシログ（英モーガン社）を用いて1分毎の換気量と酸素摂取量を測定した。

### 2-7 主観的作業強度（RPE）

作業終了直後に、全身、肩・腕、背中・腰、下肢についてそれぞれ主観的作業強度（RPE）<sup>1) 7)</sup>の聞き取り

Table 1 Rating of perceived exertion (RPE)  
主観的作業強度 (RPE)

全身		肩・腕/背中・腰/下肢	
RPE	負担感	RPE	負担感
6		0	全然なんともない
7	非常に楽である	0.5	極めて弱い
8		1	非常に弱い
9	かなり楽である	2	弱い
10		3	中程度
11	楽である	4	少し強い
12		5	強い
13	ややきつい	6	
14		7	非常に強い
15	きつい	8	
16		9	
17	かなりきつい	10	極めて強い
18		*	最大限に強い
19	非常にきつい		
20			

Table 3 Means and standard deviations (SD) of psycho-physiological indexes  
作業についての被検者の生理心理指標の平均値と標準偏差 (n=12)

項目		平均値	(SD)	範囲
心拍数	15分間 [beat/min]	103.7	(14.1)	86.8 - 122.6
酸素摂取量	15分間 [L/min]	0.408	(0.042)	0.348 - 0.478
%Vo <sub>2</sub> max	15分間 [%]	19.2%	(3.0%)	15.3% - 26.2%
血中乳酸濃度	安静時 [mmol/L]	0.563	(0.106)	0.411 - 0.791
血中乳酸濃度	作業後 [mmol/L]	0.815	(0.447)	0.308 - 1.740
RPE (全身)		11.92	(0.79)	10 - 13
RPE (肩・腕)		2.00	(1.45)	0.5 - 4
RPE (背中・腰)		1.46	(1.18)	0 - 3
RPE (下肢)		1.50	(1.43)	0 - 3

をした。全身の RPE については 6 ~ 20 の 15 段階、肩・腕、背中・腰、下肢については 0 ~ 10 まで 0.5 を含む 12 段階で評価した (表 1)。

## 2-8 形態計測

身長、体重を計測した。

## 2-9 体力測定

挙上作業の日とは別の日に、体力測定を実施した。握力、背筋力、立位体前屈を文部省スポーツテストの方法を用いて測定した。腕力 (屈腕力)、脚力 (脚伸展力) をバネ式力量計を用いて左右それぞれ測定した。最大酸素摂取量は、1 分間 50 回転の自転車エルゴメーター (モナーク社) 駆動による漸増負荷法で測定した。

Table 2 Means and standard deviations (SD) of age, height, weight and physical fitness indexes  
体格・体力についての被検者の平均値と標準偏差 (n=12)

項目		平均値	(SD)
年齢	[歳]	20.7	(0.7)
身長	[cm]	158.9	(4.9)
体重	[kg]	52.4	(5.6)
握力 (左右平均)	[kg]	23.8	(3.3)
腕力 (左右平均)	[kg]	16.0	(2.0)
脚力 (左右平均)	[kg]	37.4	(3.3)
背筋力	[kg]	84.9	(11.4)
立位体前屈	[cm]	10.0	(6.5)
最大酸素摂取量	[l/min]	2.15	(0.26)
最大酸素摂取量 (体重比)	[ml/min/kg]	41.3	(5.9)

SDは標準偏差

Table 4 Distribution of RPE  
主観的作業強度 (RPE) 別人数

RPE	負担感 (全身)	人数
9	かなり楽である	
10		1
11	楽である	1
12		8
13	ややきつい	2
14		
15	きつい	

RPE	負担感 (各部分)	肩・腕	背中・腰	下肢
0	全然なんともない		2	4
0.5	極めて弱い	4	3	2
1	非常に弱い	1	1	
2	弱い	3	3	1
3	中程度	1	3	5
4	少し強い	3		
5	強い			

すなわち、0.5kp の負荷から始めて、2 分毎に 0.5kp ずつ、駆動できるまで負荷を増加させた。自転車駆動中の 1 分毎の酸素摂取量をオキシログを用いてを測定し、記録された最大値を最大酸素摂取量とした。

## 3 結果

### 3-1 被検者の形態・体力

被検者の年齢、形態、体力についての各項目の平均値と標準偏差 (SD) を表 2 に示した。

### 3-2 挙上作業についての作業強度

表 3 は、15 分間の箱 (6.9kg) の挙上作業について、被検者の生理心理指標の平均値と SD を示したもので

ある。血中乳酸濃度の平均値は、作業前安静時の0.563mmol/Lから作業後0.815mmol/Lに上昇したが、統計学的には有意ではなかった。主観的作業強度(RPE)については、全身で13(ややきつい)以上の者が2人(16.7%)、肩・腕、背中・腰、下肢のそれぞれのRPEについて3(中程度)以上の者が3~5人(25.0~41.7%)出現した(表4)。

### 3-3 血中乳酸濃度変化と体力の関係

表5は、作業前後の血中乳酸濃度変化と形態・体力項目の間の相関係数を示したものである。すべての形態・体力項目について、血中乳酸濃度変化との相関係数は負であった。したがって、形態・体力の水準が高いほど血中乳酸濃度の上昇が低い傾向にあることが示された。特に、腕力は血中乳酸濃度の変化率との相関が最も高く( $r = -0.637$ )統計学的にも有意であった

Table 5 Correlation coefficient between blood lactate and physical indexes  
作業前後の血中乳酸濃度の変化と体格・体力との相関

項目	血中乳酸濃度			
	作業後-安静時		変化率	
	相関係数	p値	相関係数	p値
身長	-0.260	0.424	-0.304	0.346
体重	-0.419	0.180	-0.471	0.125
握力	-0.226	0.490	-0.331	0.302
腕力	-0.556	0.060	-0.637	0.024
脚力	-0.378	0.233	-0.391	0.216
背筋力	-0.271	0.405	-0.317	0.324
立位体前屈	-0.275	0.398	-0.227	0.488
Vo <sub>2</sub> max	-0.497	0.102	-0.423	0.176
Vo <sub>2</sub> max/体重	-0.118	0.722	-0.006	0.985

n=12, 変化率=(作業後-安静時)/安静時

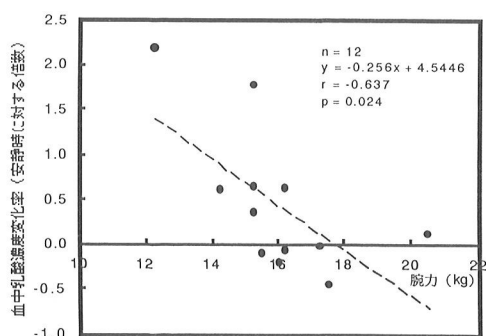


Fig. 3 Relation between rate of change in blood lactate (Y) and arm strength (X)  
血中乳酸濃度の変化率と腕力の関係

(図3)。なお、RPEについては血中乳酸濃度の場合とは異なり、体格・体力の水準が高いほどRPEが低いという関係はみとめられなかった。

## 4 考 察

### 4-1 作業強度について

今回設定した作業の作業強度は、最大酸素摂取量に対して平均約19%の水準であった。Leggら<sup>2)</sup>は、上肢作業の際、男性において一日の労働の許容限界が23% Vo<sub>2</sub>maxとしていることから、許容限界を求めるNIOSHの計算式から算出された今回の作業は、被検者の有酸素性作業能力からみて許容限界内であったことが推測された。これは、疲労の指標となる血中乳酸濃度に有意な変化がみられなかったこととも符合し、今回の挙上作業の負荷は、平均的にみれば、妥当な水準であったと考えられた。しかし、12人の被検者のうち2人の作業後の血中乳酸濃度は、1.4mmol/Lを超え安静時の2.5倍以上に達したことから、人によっては生体に負担になる場合のあることが示された。

### 4-2 血中乳酸濃度変化と体力との関係

作業において、体格や体力、特に腕力の値が低い者ほど、作業後の血中乳酸濃度の上昇が大きい傾向にあったことから、作業負荷が許容限界内であっても体格・体力条件の劣者に対しては、実際の負担水準について十分注意すべきであると考えられた。言い換えれば、作業負荷重量が許容限界内であることを確認すべきであることはもちろん、たとえ計算上許容限界内であっても、負担感を強く訴える者に対しては重量や作業条件を緩和する方向で調整できる職場環境の整備や、低体力者に対しては無理なく体力を増強できる条件の整備がそれぞれ必要であると考えられた。

## 文 献

- 1) Borg GAV :Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc 14: 377-381, 1982
- 2) Legg S.J., Myles W.S.: Maximal acceptable repetitive lifting workload for an 8 hour work day using psychophysical and subjective rating methods. Ergonomics 24: 907-916, 1981
- 3) 小野雄一郎：労働態様と健康．(西尾雅七監修、細川汀編) 新労働科学論、1985
- 4) Ono Y., Hosokawa M., Maeda K., Miyao M.: Occupational cervico-brachial disorders (OCD) and associated back pain in Japan. Work-related musculo-skeletal disorders: 279-305, 1987
- 5) 小野雄一郎：健康問題への取組み概要と問題提起．第1

- 回学童保育労働者の健康と労働を考える会資料、1989.
- 6) 小野雄一郎、島岡みどり、蛭田秀一：働く女性の体力と身体活動および筋骨格系障害との関連. 体力研究 75: 22-32, 1990.
- 7) Onodera K, Miyashita M :A study on Japanese scale for rating o 学童保育労働者の健康と労働を考える会資料、1989.
- 6) 小野雄一郎、島岡みどり、蛭田秀一：働く女性の体力と身体活動および筋骨格系障害との関連. 体力研究 75: 22-32, 1990.
- 7) Onodera K, Miyashita M :A study on Japanese scale for rating of perceived exertion in endurance exercise (in Japanese with English abstract). Jpn J Phys Educ: 191-203, 1976
- 8) Shimaoka M, Hiruta S, Ono Y, Yabe K. :Relationship of task strain and physical strength to end-of-work fatigue among nurses at social welfare facilities. J Occupational Health 37: 227-233, 1995
- 9) Walters TR et al.: Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting task. Ergonomics 36: 749-776, 1993

(1998年12月7日受付)

