調理動作の人間工学的研究—運搬動作の解析—*

堀尾 強**, 河村洋二郎**

In order to examine the burden of a body in workers of school and hospital for making mass meals, the carrying of a large cooking instruments was evaluated in healthy university students. The heavy pot showed the long carrying time, especially from a table to a high shelf. Though EMG amplitude of Musculus (M.) elector spinae, M. rectus femoris and M. tibialis anterior was not related with the weight of pots, that of M. flexor digitorum superficialis, M. flexor carpi radialis, M. biceps brachii, M. deltoideus and M. trapezius was higher in the heavy pot than in the light one. The EMG amplitude showed smaller in perpendicularly directed carrying than in horizontally directed one. In horizontally directed carrying, the EMG amplitude of upper arm and shoulder was not different between high-high and low-low carrying, but that of the wrist and finger muscles showed smaller in low-low carrying than in high-high one. These results suggested the burden for the body in carrying the large cooking instruments was different in the carrying direction and location.

集団給食施設での調理従事者の作業は、家庭での調理とは異なり多人数分を調理するため、長時間の立位作業、同じ動作の繰り返し、および大きく重い調理器具の運搬・清掃などに特徴がある。本研究では、大きな鍋を含む重い調理器具の運搬の効率と姿勢との関係を明らかにするため、男女大学生13名を対象に、鍋を用いた運搬動作を人間工学的に解析した。(1)鍋が重いほど作業時間がかかり、特に大鍋運搬時には高いところへの上げ下ろしに時間を要した。また、床から床へとといった低いところでの横方向への運搬に時間がかかった。(2)運搬作業中の脊柱直立筋、足の大腿直筋、前脛骨筋といった下半身の筋肉の筋電図振幅は、鍋の重さに関係がないのに対して、腕の浅指屈筋、橈側手根屈筋、上腕二頭筋、三角筋、背の僧帽筋といった上半身の筋肉の筋電図振幅は、鍋が重いほど大きくなった。(3)垂直方向の移動動作より水平方向への移動動作のほうが筋の負担が少なかった。(4)負担の少ない水平移動の動作において、上腕や肩の筋は移動する高さに関係がないのに対して、指や手首を動かす筋は低いところでの移動ほど負担が少ないことが示唆された。(5)鍋を持ち上げるときの指に加わる圧は、大鍋ではどの指に加わる圧も小鍋の場合より大きく、小指を含めてどの指にも大きな圧が加わっていた。ただし、人差し指に加わる圧が少し大きかった。これらの結果から、重い調理器具を運搬するとき、運搬方向や位置により身体各部位への負担が異なることが示唆された。

(キーワード：調理動作、運搬、筋電図、姿勢)

1. はじめに

集団給食施設での調理従事者の作業は、家庭での調理とは異なり多人数分を調理するため、長時間の立位

作業、同じ動作の繰り返し、および大きく重い調理器具の運搬・清掃などに特徴がある。そのため、調理作業における労働時間の短縮、負担の軽減を目的とした機械化が進んできた。にもかかわらず集団給食施設での調理従事者の多くは、頸、肩、腕、腰の痛みに加えて、変形性手指関節症、いわゆる指曲がり症などを訴えている^{1,2)}。このように集団に対する調理作業従事者には大きな身体的負担が加わるが、作業者には特に女

* 1995年1月11日受付

** 甲子園大学 栄養学部

Faculty of Nutrition, Koshien Univ.

性が多く、その作業の効率化、軽減化が強く望まれている。

従来、調理作業についての研究は、家庭における流し台の適正な深さ^{3~6)}などに注目したものが多い。また、種々ある調理作業のうち、細かな作業である皮むき作業、すりこぎ作業、みじん切り作業の効率と姿勢の関係については、堀尾、河村^{7,8)}、Horio and Kawamura^{9,10)}が報告している。しかし、これらは比較的簡単で軽度な作業が主体である。集団給食のような重労働を含む調理作業の効率や、姿勢あるいは肉体的影響などの人間工学的視点からの研究は、なお十分とはいえない。本研究では、重い調理器具である大きな鍋の運搬効率と姿勢との関係を明らかにするため、手腕の筋の筋電図や鍋と手の間の圧などを測定し、鍋を運ぶ、持ち上げるときの動作を解析し、調理作業の適正な姿勢について人間工学的に考察した。

2. 実験方法

本実験では被験者として20~23歳の健康な男子大学生10名、女子大学生3名を選んだ。全員について、鍋を運搬するうえで身体的な支障はないことを確認した。

使用した鍋は、一般家庭で日常使われているような大きさの小鍋と集団給食用の大鍋の2種である。小鍋はホーロー製、円形で、直径21 cm、深さ12 cm、大鍋はアルミ製、円形で、直径45 cm、深さ39.5 cmである。重量は、小鍋は空で1 kgのもの、2 kgの砂を入れて3 kgとしたものであり、大鍋は空で6.5 kgのものと、男子には8.5 kg、女子には2 kgの砂を入れ、それぞれ男子15 kg、女子8.5 kgとした。これは男女それぞれが持ち上げられる最大重量の20~25%であった。

運搬作業は、日常家庭あるいは集団給食調理時によく行われる床から台へ、台から棚へ持ち上げる作業、および棚から台へ、台から床へ下ろす作業の4種の垂直移動、また床から床へ、台から台へ運ぶ作業の2種の平行移動である。台の高さは通常の調理台の高さである75 cm、棚の高さは台から75 cmとした。平行移動の距離は1.5 mとした。

運搬作業は、まず両手を体の側方で伸ばし静止した状態で鍋の前に立ち、両手で鍋の両端の取っ手を持って運び、静かに鍋をおいて元の立位姿勢に戻るまでとした。この際、床から鍋を上げるときに床へ鍋を下ろすときには、膝を曲げ体が前傾姿勢となった。作業は素早く行うよう教示した。

軽い小鍋、重い小鍋、軽い大鍋、重い大鍋の4種について垂直方向、水平方向への運搬を各2回ずつ行

せ、これに要した時間を測定した。また、鍋を運搬する際に最も関与していると考えられる右腕の浅指屈筋、橈側手根屈筋、上腕二頭筋、三角筋、背の僧帽筋、脊柱直立筋(L₁レベル)、右足の大腿直筋、前脛骨筋の筋電図を記録した。筋電図は筋の走行に沿って貼りつけた極間距離2 cmの銀板表面電極より双極導出し、増幅器(日本光電製、WI 641 C)、およびデータレコーダ(TEAC製、R 61)に記録した。筋電図記録の0.2秒ごとの最大振幅を計測し、動作中の平均最大振幅を算出して各動作間での値を比較した。

鍋を持つ手のどの位置にどのような力が加わっているかを調べるため、鍋を持つ手に生じる圧を測定した。鍋の取っ手に圧センサシート(富士写真フィルム製、富士フィルムプレスケール、超低圧用)を貼りつけ、圧フィルムの発色濃度をプレスケール専用濃度計(FPD 301)で測定し、専用圧力換算機(FPD 303)で圧を測定した。

鍋運搬時の肘関節角度を調べるため、関節角度測定器(P&Gゴニオメータ、電機計測販売製)を使用し、上記動作中の肘関節角度を測定した。

手の大きさ、腕の長さ、座高、身長、体重の身体的特徴や握力、および持ち上げられる最大の重さと、鍋を用いた各作業時間の相関係数を算出した。

各動作に要した時間および筋電図振幅、鍋を持つ手の圧の違いの有無は、二元あるいは三元配置の分散分析法を用いて統計的に検定した。下位検定はt検定を用いた。

3. 結果および考察

3-1. 運搬作業時間

男子の運搬作業時間を図1上に示す。垂直、平行移動の運搬ではともに小鍋よりも大鍋の作業時間が有意に長く($p<0.01$)、また小鍋、大鍋ともに重い条件下の作業時間が有意に長かった($p<0.01$)。大鍋の垂直移動では、台→棚、棚→台、床→床の運搬作業時間が台→床のそれより著しく長く($p<0.01$)、水平移動では、床→床の運搬作業時間が台→台のそれより長く($p<0.05$)、台と棚の間の垂直移動と床→床の平行移動に長い時間を要していることがわかる。これに対して小鍋では、棚への上げ下ろしに要する作業時間が特に長いことはなかった。

女子について(図1下)も、男子と同様の傾向がみられた。すなわち、大鍋の運搬には小鍋よりも作業時間がかかり、大鍋の棚への上げ下ろし、および大鍋と小鍋の床→床の平行移動は、他の動作に比べて作業時

図1 鍋の運搬作業時間の比較

Fig. 1 Comparison of carrying time of a pot. A: Male, B: Female.

間が長かった。

このように鍋の運搬作業は鍋が重いほど時間がかかり、特に大鍋では高いところへの上げ下ろしに時間を要した。また床→床といった低いところでの運搬にも時間がかかったが、これは足や腰の曲げ伸ばしに時間を要したことによると考えられる。

3-2. 運搬作業中の筋電図

鍋の運搬作業時の三角筋筋電図の記録例(被験者12)を図2に示す。軽い小鍋(小軽)の運搬に比べ、重い大鍋(大重)の運搬時の筋電図活動が大きい。特に重い大鍋では、筋電図振幅は台→棚、棚→台のときに大きくなった。

運搬作業中の各筋の筋電図振幅を図3に示す。腕の

浅指屈筋、橈側手根屈筋、上腕二頭筋、三角筋、僧帽筋では、重い鍋ほど筋電図振幅が大きかった ($p < 0.01$)。これに対して脊柱直立筋、大腿直筋、前脛骨筋では、鍋が重くなっても振幅は大きくならなかった。また、浅指屈筋、橈側手根屈筋、上腕二頭筋、三角筋、僧帽筋は、台→床の垂直移動や床→床の平行移動時より、台→棚や棚→台の垂直移動時の振幅が有意に大きかった ($p < 0.01$)。負担の少ない水平移動の動作でも、上腕二頭筋、三角筋、僧帽筋といった上腕や肩の筋の振幅は移動の高さと関係がないのに対して、浅指屈筋、橈側手根屈筋などの指や手首を動かす筋では、床→床の水平移動のほうに振幅が小さかった ($p < 0.05$)。

以上のように、鍋の運搬作業に関与する腕を含む上半身の筋活動は鍋が重いほど大きいに対して、下半身の筋活動は鍋の重さに関係がなかった。鍋の重さに影響を受けるこれら上半身の筋は、棚のような高いところへの運搬時には筋活動が大きく、台→床のような低いところへ鍋を下ろす垂直移動や床→床といった低いところでの平行移動では筋活動が少なくてすむことが推測される。また、垂直移動より水平移動のほうに筋活動が少なかったが、大鍋の場合には水平移動でも上腕二頭筋、三角筋、僧帽筋は鍋の位置の高さに関係がないのに対して、手の浅指屈筋、橈側手根屈筋は鍋の位置が低いほど筋活動が少なかった。このことより、負担を少なくするには同じ高さから同じ高さに運搬するようにし、しかも手の負担を少なくするには、できるだけ低いところで運搬するのがよいと考えられる。

3-3. 運搬作業中に指に加わる圧

鍋を持ち上げるときに指に加わる圧を図4に示す。大鍋の持ち方は、全員が親指を除く4本の指を使うのに対して、小鍋の持ち方は、人差し指、中指、薬指を使う人 ($n = 3$)、人差し指と中指を使う人 ($n = 3$)、中指と薬指を使う人 ($n = 5$) の3タイプがあった。

大鍋を持つときに指に加わる圧は、人差し指では 9.3 kgf/cm^2 であり、小指の 6.5 kgf/cm^2 に比べ有意

図2 鍋運搬作業時の三角筋の筋活動の一例(被験者12)。下線部が運搬時を示す

Fig. 2 EMG activity of M. deltoideus during carrying a pot. Underlines show carrying period.

図3 鍋運搬作業における各筋の筋電図活動

Fig. 3 EMG activity of each muscles during carrying a pot.

に大きかった ($p < 0.05$)。小鍋を持つときに指に加わる圧は3タイプとも指ごとの相違はみられなかった。

このように人差し指と中指を中心にして鍋を持ち、大鍋を運ぶときには人差し指に特に大きな力が加わっていること、そのときの浅指屈筋の著しい筋活動に加えて、冷水（特に冬）での野菜洗い、食器の連続洗浄などによる寒冷への曝露、さらに常時水を使うことによる手指の負担から²⁾、これらの指に痛みを生じ、変形性手指関節症（いわゆる指曲がり症）につながっているのではないかと考えられる。

被験者のなかには手指の痛みだけでなく、上腕、下肢、特に腰の痛みを訴える者が多く、筋電図記録による筋活動からみると、重い鍋運搬時の筋電図振幅が大きく、これら諸筋にも大きな負担がかかっているものと推測される。

3-4. 運搬作業中の肘の関節角度

男子の大鍋運搬時の肘の関節角度は、床→台 64~120度、台→棚 81~109度、棚→台 70~152度、台→床 75~120度、台→台 76~112度、床→床 92~128度

図4 鍋運搬時の指と鍋の間の圧力

Fig. 4 Comparison of pressure between fingers and a pot during carrying a pot. A : large pot, B~D : small pot.

表1 運搬作業中の肘の関節角度と身体的特徴との相関係数 (男子)

Tab.1 Correlation between angle of movement of elbow-joint and physique (male).

		身長	上肢長	座高
肘の角度	床→台	0.68*	0.73*	0.48
	台→棚	0.51	0.51	0.72*
	棚→台	0.28	0.34	0.37
	台→床	0.25	0.39	0.45
	床→床	0.08	0.05	0.16
	台→台	0.30	0.36	0.51

* : $p < 0.05$

と幅広い肘の動きが認められた。表1に肘関節角度と身体的特徴との関係を示す。身長は163~174 cm, 上肢長は72.5~81 cm, 座高は83.4~91.5 cmであった。床→台の運搬動作時では、身長および上肢長と肘関節角度に相関があり ($p < 0.05$)、また台→棚の垂直移動時には座高と肘関節角度との間に有意な相関が認められた ($p < 0.05$)。身長や座高が高く、上肢長が長い人ほど肘の角度は大きく、肘をあまり曲げないで作業が可能であることが考えられる。

3-5. 作業時間と身体的特徴との関係

男子の大鍋運搬時の作業時間と身体的特徴との関係を表2に示す。体重は50~71 kg, 手の大きさは19~23

表2 大鍋運搬の作業時間と身体的特徴との相関係数

Tab.2 Correlation between working time of a large pot and physique (male).

		身長	体重	上肢長	手の大きさ	座高	握力	最大の重さ
作業時間	床→台	-0.39	-0.65	-0.61	-0.10	0.38	0.27	-0.45
	台→棚	-0.45	-0.68*	-0.66	-0.18	0.35	0.21	-0.49
	棚→台	-0.23	-0.63	-0.49	0.01	0.45	0.41	-0.44
	台→床	-0.36	-0.79*	-0.56	-0.16	0.48	0.25	-0.55
	床→床	-0.53	-0.69*	-0.70*	-0.19	0.23	0.24	-0.13
	台→台	-0.44	-0.54	-0.69*	-0.11	0.17	0.49	-0.02

* : $p < 0.05$

cm, 握力は 29.8~45 kg, 持ち上げられる最大の重さは 42.5~71 kg であった。作業時間と体重および上肢長とに有意な負の相関がみられ ($p<0.05$), 体重が重いほど, また上肢長が長いほど作業時間は短かった。なお, 握力や持つことのできる最大の重さと作業時間との間に相関はみられず, 握力のある人や持ち上げる力の強い人で運搬作業が早いわけではなかった。以上より, 身体が小さすぎないことが作業時間を短縮するうえで有利に働くと考えられる。

以上のように, 学校や病院の集団給食作業時に行われる大鍋の運搬作業では, 手腕の筋活動が小鍋に比べ大きく, 手や腕に著しい負担になっていると考えられる。本実験では, 運搬する器具のうち重いものの代表として鍋を選んだが, 集団給食施設で使用されている大鍋と家庭で主に使用されている小鍋についての作業時間や筋電図, 指の圧力の結果から, 重い器具の運搬の負担の大きさが明らかになった。集団給食の調理場で働いている人は女性が多く, 本実験でも男子大学生に比べて筋力で劣る女子では, 指や腰にかかる負担は非常に大きいものと推測される。

4. まとめ

男女大学生 13 名を対象に, 鍋の運搬動作を人間工学的に解析し, 以下の結果を得た。

(1) 鍋が重いほど作業時間がかかり, 特に大鍋運搬時には高いところへの上げ下ろしに時間を要した。また, 床から床へとといった低いところでの運搬に時間がかかった。

(2) 運搬作業中の脊柱直立筋, 大腿直筋, 前脛骨筋といった下半身の筋の筋電図振幅は鍋の重さに関係がないのに対して, 腕の浅指屈筋, 橈側手根屈筋, 上腕二頭筋, 三角筋, 背の僧帽筋といった上半身の筋の筋電図振幅は, 鍋が重いほど大きくなった。

(3) 筋活動からは, 垂直方向の移動動作より水平方向の移動動作のほうが負担が少なかった。

(4) 負担の少ない水平移動の動作では, 上腕や肩の筋は移動する高さに関係がないのに対して, 指や手首を動かす筋は低いところの移動ほど負担が少ないことが示唆された。

(5) 鍋を持ち上げるときに指に加わる圧は, 大鍋ではどの指でも小鍋より大きく, 人差し指に加わる圧が少し大きいものの, 小指を含めてどの指にも大きな圧が加わっていた。

(6) 鍋運搬時の肘の関節角度と身体的特徴との関係については, 身長, 上肢長, 座高が高いほど肘関節の屈曲が小さかった。

(7) 鍋運搬時の作業時間と身体的特徴との関係は, 体重が大きいほど, 上肢長が長いほど作業時間は短かった。

以上のことから, 重い調理器具の運搬作業の負担を少なくするには, 同じ高さから同じ高さに運搬できるようにし, しかも手の負担を少なくするために, できるだけ低いところで運搬できるような調理室や器具の配置にすることがよいと考えられる。

本実験の遂行にあたりご協力いただいた甲子園大学馬場智美助手, 学生 岡田知子さん, 田中善久さんに感謝いたします。

本研究の要旨は日本人間工学会第 35 回大会において発表した¹¹⁾。

参考文献

- 1) 車谷典男: 学校給食一調理員の安全と健康一。労働基準調査会, p. 19, 1988.
- 2) 酒井一博: 働きの場における手の負担, 人間工学, 26(特別号), 48~49, 1990.
- 3) 一棟宏子: 台所流しの適正深さについて (第 1 報), 家政学雑誌, 29(2), 107~112, 1978.
- 4) 一棟宏子: 台所流しの適正深さについて (第 2 報), 家政学雑誌, 30(6), 555~562, 1979.
- 5) 一棟宏子: 台所流しの適正深さについて (第 3 報), 家政学雑誌, 31(5), 371~376, 1980.
- 6) 一棟宏子: 台所流しの適正深さについて (第 4 報), 家政学雑誌, 32(4), 317~321, 1981.
- 7) 堀尾 強, 河村洋二郎: すりこぎ動作の腕の使い方, 人間工学, 27(4), 215~219, 1991.
- 8) 堀尾 強, 河村洋二郎: みじん切り動作, 串ざし動作および皮むき動作時の肘関節角度と調理能率, 人間工学, 28(5), 265~269, 1992.
- 9) Horio, T. and Kawamura, Y.: Studies on relations between patterns of rinding action and efficiency of performance. In Human Factors in Organizational Design and Management III, K. Noro and O. Brown Jr. (eds.), North Holland, 63~66, 1990.
- 10) Horio, T. and Kawamura, Y.: Relations between efficiency of rinding, grinding and cutting action and movements of arm, Bulletin of Koshien University, 19(A), 37~51, 1991.
- 11) 堀尾 強, 河村洋二郎: 調理作業の人間工学的研究一運搬動作の解析一, 人間工学, 30(特別号), 144~145, 1994.