

片手で保持して操作する道具の重量と作業強度

松原周信*・瀧本義彦**

Comparison of work intensity with light and heavy tools which are operated with one hand

CHIKANOBU MATSUBARA* and YOSHIHIKO TAKIMOTO**

Abstract: To investigate the difference of work intensity with a hatchet from a saw, 4 male subjects performed sham pruning in the laboratory. A surveying pole was supposed to be a tree with branches at the height of 40, 120, and 200 cm. At each work, expired gas was analyzed and heart rate was measured. The oxygen uptake of the work with a hatchet was significantly higher than that of the work with a saw. Moreover, between the works with 2 kinds of tools, significant differences were observed on the inspired gas volume, the fraction of expired CO₂, and the volume of expired CO₂. To discriminate the data with hatchet and saw, linear discriminant function with 11 variables was obtained which were correspond to measured 11 items on sham pruning. The variables which contributed largely to discrimination were RQ, O₂ uptake, expired CO₂ volume, and inspired gas volume; these were the items which reflected work intensity.
(Received September 12, 1997)

さきに、鉋と鋸を用いた枝打ち模擬動作という軽作業において、作業対象物の身体に対する高さで作業強度の関係¹⁾については、作業しやすいと感じる高さでは実際に酸素摂取量が少なく、また、主として腕^{2,3)}を用いる作業であっても、心拍数を用いて作業強度の評価^{4,5)}ができることを明らかにした。ところで、枝打ち用の鉋と鋸に関しては、鋸が重い道具とはいえないのに対し、鉋は片手で扱う道具としてはかなり重い部類に属する。この重量の差は、当然のことながら、それぞれの作業形態に適するように道具が作られているからである。すなわち、一般には、道具や機械の重量によって作業強度が異なるなら、重量を軽減⁶⁾すべきであるが、必ずしも軽い方が作業しやすいとは限らない。

枝打ち模擬動作に関しては、鉋を用いる場合と鋸を用いる場合では、作業のしやすさについて、感覚的な差異は存在しない。そこで、道具の重さには感覚的な差異が存するが、作業のしやすさには差異のない鉋と鋸の場合

について、作業強度に、酸素摂取量や心拍数を用いて現実に表現することができるだけの差異があるかどうかについて検討した。

方 法

被験者、行わせた作業、および、その際のデータ収録方法については、すでに報告¹⁾した通りであるが、その概略を以下に記す。すなわち、男性被験者4人に、枝打

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

	height (cm)	weight (kg)	age (yrs)
mean	172.2	67.8	21
SD	1.89	8.22	0

Subjects were 4 male students.

* 京都府立大学人間環境学部食保健学科健康科学研究室

Laboratory of Health Science, Department of Food Sciences and Nutritional Health, Faculty of Human Environment, Kyoto Prefectural University

** 島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター森林科学部門

Section of Forest Science, Educational and Research Center for Biological Resources, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University

ち模擬動作を行わせた。この4人の身体的特徴は第1表の通りであった。

枝打ち模擬動作は次の通りとした。長さ2mの測量用ポールを立木に見立て、床面より40cm, 120cm, 200cmのところに枝があるものと想定し、ガムテープで目印をつけた。被験者を床の上に立たせ、左手でポールを持たせ、右手で実際の枝打ちと同じように鉋および鋸を操作させた。鉋は重量650g, 全長35cm, 刃渡り16cm, 鋸は重量150g, 全長50cm, 刃渡り30cmで、いずれも枝打ち用として市販されている物を用いた。2種類の用具につき3種類の高さ、すなわち全部で6水準の動作を3分間ずつ行わせ、各動作の間には3分間ずつ、安静を保たせるため椅子に座らせた。枝の高さ、および鉋と鋸の順序は、いずれも被験者ごとにランダムに割りつけた。動作の際は1分あたり100回の信号音を発し、これにあわせ鉋または鋸を5往復操作させて1本の枝を打ったものとみなした。続く5拍は休ませて、同じ高さにある別な枝を打つ準備態勢の時間とみなし、これを繰り返して1分あたり10本のペースで枝打ち模擬動作を行わせた。

この間、ジルコニア式酸素濃度計、赤外線式二酸化炭素濃度計、ならびに熱線式呼気流量計より構成される呼吸代謝連続測定装置（ミナト医科 MG-360 および RM-300）を用いて呼気を分析し、心拍信号出力の可能な心電計（日本光電 OEC-6401）を用いて心拍数を測定した。これらのデータは1分ごとにマイクロコンピュータ（NEC PC-9801n）に入力し、フロッピィディスクに記録した。各動作における3分間のうち、最後の1分間の数値を、定常状態のデータとして採用した。なお、鉋と鋸による作業を判別するための、11個の測定項目

データを変量とする判別関数を求めた。

結 果

ガス分析ならびに心拍数の測定結果は、第2表に平均値と標準偏差を示す通りであった。鉋による作業では、吸気量、呼気二酸化炭素濃度、酸素摂取量、二酸化炭素呼出量が、鋸の場合よりも有意に大きな数値を示したが、心拍数には有意差がなかった。

つぎに、11個の測定項目を変量とし、鉋と鋸による作業を判別するための、線形判別関数を求めた。その式は、各測定項目の数値を、第2表上から下への順に x_1, x_2, \dots, x_{11} とすれば、

$$z = 0.238x_1 - 0.0750x_2 + 1.34x_3 + 15.9x_4 + 3.02x_5 + 2.46x_6 + 20.2x_7 - 33.6x_8 + 31.6x_9 - 307x_{10} + 0.0866x_{11} + 104 \dots (1)$$

と表わされた。つぎに、(1)式における11個の係数に、0と有意差があるかどうかを検定するためF0の値を計算したところ、第2表に示した通りであった。すなわち、11個の係数はその全部に有意差がなかった。したがって、11個の測定項目はいずれも、単独では鉋と鋸両動作の判別に寄与するともしないともいえない。

そこで、鉋、鋸各12、計24個のデータについて、(1)式を用い判別得点を求め、そのヒストグラムを描くと、第1図の通りとなった。正しく判別されているデータの割合は、鉋、鋸いずれについても83.3%であった。また、誤判別されたデータも大部分は、判別得点が分点の0から大きくはずれてはいなかった。すなわち、(1)式によって、おおむね正しく判別がなされているとみなすことが

Table 2. Measured and calculated values of gas analyzing and heart rate data.

	unit of	mean \pm SD of each item				coefficient of LDF ¹⁾	F0
		mean	\pm SD	hatchet	saw		
1 $\dot{V}I$	(ml/kg/min)	239	\pm 53.5	226	\pm 36.6	0.238	1.12
2 $\dot{V}E$	(ml/kg/min)	240	\pm 55.4	228	\pm 34.7	-0.0750	0.0240
3 RR	(breaths/min)	20.3	\pm 3.97	19.9	\pm 2.81	1.34	0.751
4 $Ti^2)$	(s)	1.15	\pm 0.196	1.12	\pm 0.0887	15.9	1.44
5 $Te^3)$	(s)	1.92	\pm 0.560	1.97	\pm 0.461	3.02	0.183
6 FEO_2	(%)	17.1	\pm 0.278	17.2	\pm 0.311	2.46	0.00945
7 $FECO_2$	(%)	3.44	\pm 0.213	3.36	\pm 0.206	20.2	0.301
8 $\dot{V}O_2$	(ml/kg/min)	7.53	\pm 1.75	6.92	\pm 0.965	-33.6	2.21
9 $\dot{V}CO_2$	(ml/kg/min)	6.62	\pm 1.62	6.14	\pm 0.955	31.6	1.84
10 RQ		0.876	\pm 0.0399	0.888	\pm 0.0485	-307	3.42
11 HR	(beats/min)	82.9	\pm 6.24	82.0	\pm 4.78	0.0866	0.125
constant						104	

¹⁾ linear discriminant function

²⁾ mean inspiring time

³⁾ mean expiring time

* significant difference between mean values at $p < 0.05$

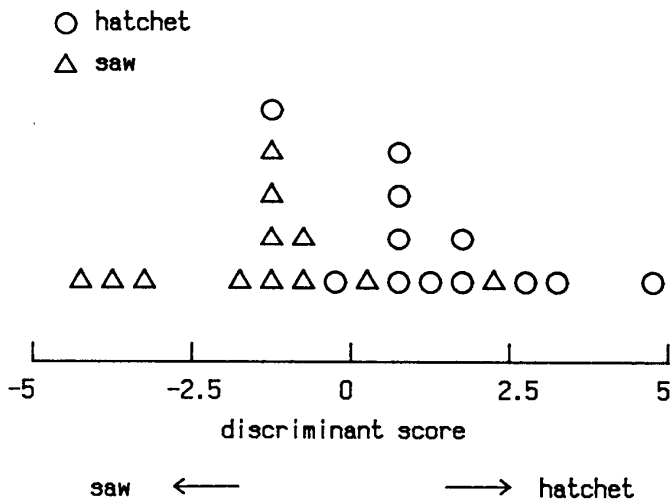


Fig.1 Discriminant scores of all cases which were calculated with the derived linear discriminant function. On both the data of hatchet and saw, 83.3% (=10/12) of the cases were discriminated correctly.

できた。

考 察

枝打ち用の鉈と鋸は重量にかなりの差があり、手に取れば明らかにその差異を感じ取ることができる。また、鋸で実際に枝を切断する場合には、鋸を操作する筋に負荷がかかるが、模擬動作では鋸自身のわずかな重量が単に空中を移動するだけで、身体の活動に関するエネルギーはほとんど手を空動きさせるために使われるだけである。これに対し、鉈を用いる模擬動作では、鉈というある程度の重量物を空中に保持するに加え、さらにこれに対し一旦運動量を与えた上で、再度静止させるために、エネルギーが消費されると考えられる。これについて、実際の枝打ち^{7,8,9)}でない、枝打ち模擬動作に関し、軽い鋸よりも重い鉈を用いる方が、酸素摂取量が有意に大きく、すなわち現実的に作業強度が高いことが明らかとなった。

しかし、心拍数については、2種類の作業間に有意差がなかった。ただし、被験者4人のうち特定の1人を除いた3人だけのデータに関しては、両作業時の心拍数に1%水準の有意差がみられた。したがって、作業強度の差異を心拍数によって評価することができるかどうかについては、明らかにすることができなかった。

なお、11個の測定項目を变量とする線形判別関数によって、鉈と鋸を用いる作業が判別されたことは、2種類の作業におけるデータのパターンに差異があることを示すものである。この差異は、第2表に示したF0の大きな項目に、比較的大きく依存すると考えられる。すなわち、両作業の差異はRQと酸素摂取量によく表わされていることになる。また、二酸化炭素呼出量と吸気量については、いずれも直接的にRQがこれらに依存するた

めと考えられる。ほかに、平均吸気時間が、鉈の方が鋸より長いという特徴をも有する。

これらの特徴のうちRQに関しては、鉈を用いる作業の筋収縮が無酸素的に行われ、血中の乳酸濃度が高まるとすれば、二酸化炭素が遊離しRQは高くなるはずである。しかし実際には、RQは鉈を用いる作業の方が、有意差はないものの低い傾向を示している。したがって、鉈による作業は、関与する筋に関して局所的にも強度の高い運動ではない。2種類の動作間のデータにおけるパターンの相違がRQに現れるのは、次の理由によると考えられる。すなわち、運動強度が高まるにつれ酸素摂取量も二酸化炭素呼出量も増加するが、一般に、無酸素性作業閾値以下の強度では、前者の増加率の方が高いことによるものである。

ゆえに、2種類の作業の差異がRQと酸素摂取量、さらに二酸化炭素呼出量、吸気量に現れていることは、いずれも作業強度の違いを反映したものである。平均吸気時間に関しては、2つの動作におけるデータ間に有意差がなく、判別関数の係数も有意ではないが、作業の種類によって相違のあることを示唆するものと考えられる。

要 約

実験室において測量用のポールを立木に見立て、床から40cm, 120cm, 200cmのところにそれぞれ枝があるものと想定し、被験者に、鉈および鋸を用いて枝打ち模擬動作を行わせ、その際の呼気を分析し、心拍数を測定した。片手で扱う道具として、重い鉈を用いる方が軽い鋸の場合より、酸素摂取量が有意に大きく、したがって作業強度の高いことが明らかとなった。また、吸気量、呼気二酸化炭素濃度、ならびに二酸化炭素呼出量においても有意差が存したが、心拍数には有意差がなかった。

また、測定した11項目を变量とする、鉈と鋸による作業を判別するための線形判別関数を求め、これを用いたもとの鉈、鋸を用いる作業に関する各12、計24個のデータについて、判別得点を求めた。正しく判別されたデータの割合は、鉈、鋸いずれについても83.3%で、おおむね正しく判別がなされた。この判別に比較的大きく寄与すると考えられる变量は、RQ、酸素摂取量、二酸化炭素呼出量、吸気量で、これらはいずれも作業強度の差異を反映する測定項目であった。

文 献

- 1) 松原周信, 瀧本義彦 (1995) 作業対象物の身体に対する高さと作業強度の関係. 京府大学術報告 (理学・生活科学). 46, B15-18
- 2) Lind, A. R. and G. W. McNicol (1967) Circulatory responses to sustained hand-grip contractions performed during other exercise, both rhythmic and static. J. Physiol.

- 192, 595-607
- 3) Vokac, Z., H. Bell, E. Bautz-Holter, and K. Rodahl (1975) Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J. Appl. Physiol.* 39, 54-59
- 4) 加賀谷淳子 (1986) 心拍数に基づいた消費カロリーの算出法とその問題点. *体育の科学*. 36, 858-863
- 5) 松原周信 (1992) 心拍数, 体温, 歩数の連続測定とエネルギー消費量の推定. *京府医大誌*. 101, 1067-1078.
- 6) 松原周信, 瀧本義彦, 山本俊明 (1988) 枝打ち機械を使用する作業の強度. *京府大学術報告 (理学・生活科学)*. 39, 53-59
- 7) 松原周信, 瀧本義彦 (1990) 未熟練林業労働者における枝打ち作業の強度と工期. *京府大学術報告 (理学・生活科学)*. 41, B53-58
- 8) 林業機械化協会 (1961) 林業労働の作業強度表 エネルギー代謝率. PP. 53-54
- 9) 山本俊明, 瀧本義彦, 寺川仁, 山田容三, 藤井禎雄, 佐々木功 (1986) 林業機械作業における作業者の生理負担に関する研究 — 枝打ち作業について —. *京大演報*. 57, 247-257