

同一作業を床の上とはしご上で行う場合の強度差

松原周信*・瀧本義彦**・市村秀樹***

Difference of the intensity of same work on the floor and ladder.

CHIKANOBU MATSUBARA*, YOSHIHIKO TAKIMOTO**, and HIDEKI ICHIMURA***

Abstract: To investigate the difference of work intensity of same work on the floor and ladder, 8 male subjects performed sham pruning in the laboratory with a hatched whose weight was 650 g and length was 35 cm. A measuring pole 4.5 cm in diameter was supposed to be a tree with branches at a height of 120 and 170 cm. The height of the subject on the ladder from the floor was 52 and 83 cm at the left and right foot, respectively. Oxygen uptake and heart rate of 6 levels were measured i.e. while standing still holding a hatched with a hand, exercising at a branch height of 120, and 170 cm, respectively, both on the floor and ladder. Concerning oxygen uptake, both while standing still and in activity, significant difference was observed between the positions on the floor and ladder. The correlation of oxygen uptake and heart rate was significant at $p < 0.001$ about the whole data of all subjects. But according to paired-sample t test, the differences of heart rate between the positions on the floor and ladder were not significant both while standing still and in activity, dissimilar to the case of oxygen uptake.

(Received September 11, 1998)

はしごに登り、一定時間同じ箇所にとどまって行う作業は、林業における枝打ちを含め、さまざまな産業において広く行われているが、その多くは主として手を用いる^{1,2,11)}作業である。このような作業において、同一の外的仕事を、地上あるいは床の上と、はしご上で行う際に、作業強度と動作形態に差異があるかどうかを明らかにした報告はみられないので、この点に検討を加えた。また、著者らはさきに、作業強度を心拍数の連続測定によって推定^{3,4,5,6,7,8,10)}し、同時に、心拍数は、作業強度の高い場合にはエネルギー消費量あるいは酸素摂取量を反映するが、強度の低い場合には必ずしもこれを反映するとはかぎらない⁶⁾ことを、統計学的手法によっ

て明らかにした。そこで、心拍数を連続測定することによって、床の上とはしご上における作業強度の差異を推定できるかどうかについてもあわせ検討した。

方 法

実験室において8人の男性被験者に、床の上とはしご上において枝打ちの模擬動作を行わせた。8人のうち7人は大学で林学を専攻する学部および大学院学生、1人は大学の演習林職員で、身体的特徴は第1表の通りであった。なお、被験者は全員右利きであった。はしごは、長さ180cm、高さ173cmの軽金属製脚立を用い、被験者には

* 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

*** 静岡大学農学部森林資源科学科森林科学講座

Division of Forest Science, Department of Forest Resources Science, Faculty of Agriculture, Shizuoka University

Table 1 Physical characteristics of the subjects.

	height (cm)	weight (kg)	age (yrs)	$\dot{V}O_2\text{max}^*$ (ml/kg/min)
mean	171.3	65.5	25.0	43.9
SD	6.18	5.32	4.14	5.71

All subjects were males.

* Estimated by the result of submaximal step test.

左右の足をそれぞれ床面より52cm, 83cmの位置にある棧にかけさせた。枝打ち動作は、立木に見立てた直径4.5cmの樹高測定桿の、床面または左足底面から120cmおよび170cmの高さの点にガムテープを巻いて印をつけ、そこに枝があるものと想定し左手でそれより上の位置を握らせ、全長35cm, 刃渡り16cm, 重量650gのナタを振らせた。振り方は、スピーカから発振音を1分間あたり100回の間隔でパルス状に発し、これに合わせて、実際に枝を打つつもりでナタを振らせ、樹高測定桿につけた印にナタの側面が接触したところでナタをとめさせた。このとき、5回で1本の枝を打ち、続いて別の枝を打つ動作を想定して、ナタを5回振ったあと次の5拍分は休ませ、これをくりかえさせた。

枝打ち模擬動作は、床の上とはしご上それぞれにおいて、ナタを振り上げた静止姿勢、120cm, および170cmの高さの枝打ちの3種類、計6水準について、被験者ごとにランダムな順序で3分間ずつ行わせ、各動作の間には、3分間ずつ椅座位をとらせた。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、熱線式呼気流量計から構成される呼吸代謝連続測定装置（ミナト医科RM-300およびMG-360）を用いてエネルギー消費量を、R波検出機能付き心電計（日本光電 OEC-6401）を用いて心拍数を測定し、マイクロコンピュータ（NEC PC-9801n）のフロッピディスクにデータを記録した。

さらに、被験者全員について、ステップテストを行なった。すなわち、仰臥位、椅座位、立位を3分間ずつとらせた後、高さ40cmの踏み台を使用し、1分あたり5, 10, 15, 20, 25, 30回の昇降を、この順に3分間ずつ行わせ、枝打ち模擬動作におけると同じ方法で、酸素摂取量と心拍数を記録した。なお、枝打ち模擬動作およびステップテストにおける各動作3分間のうち、いずれも最後1分間の数値を、定常状態のデータとして採用した。

結 果

第1図は、床とはしご上における静止姿勢ならびに各動作における、3分間のうち最後1分間の心拍数と酸素摂取量の関係を示したものである。全データについて、両者の間には、0.1%水準で有意な相関が認められ、静止姿勢を除く、動作中のみのデータについても、同様に

0.1%水準、床およびはしご上での静止姿勢については1%水準で有意な相関が認められた。第2図は、第1図における心拍数の値を、各被験者のステップテスト9点の心拍数の平均値と標準偏差をもとにTスコアに変換した数値を横軸としたものである。

第3図は、床とはしご上における静止ならびに動作時の、最後1分間の酸素摂取量を示したものである。動作時については、高さ120cmと170cmにおける枝打ち模擬動作の平均値を示した。静止時については、床とはしご上における酸素摂取量に有意差が認められた。動作時の床

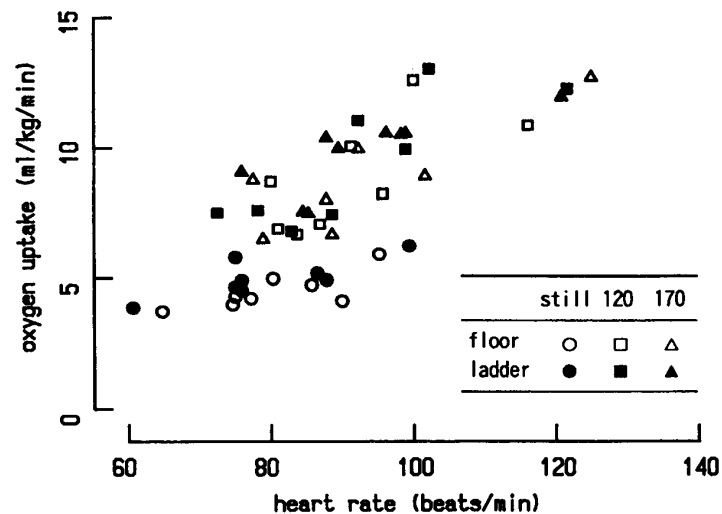


Fig.1 Relationships between heart rate and oxygen uptake of 6 levels i.e. while standing still holding a hatchet with a hand, sham pruning at a branch height of 120, and 170 cm, respectively on the floor and ladder. Concerning the whole data, significant correlation was observed at $p < 0.001$.

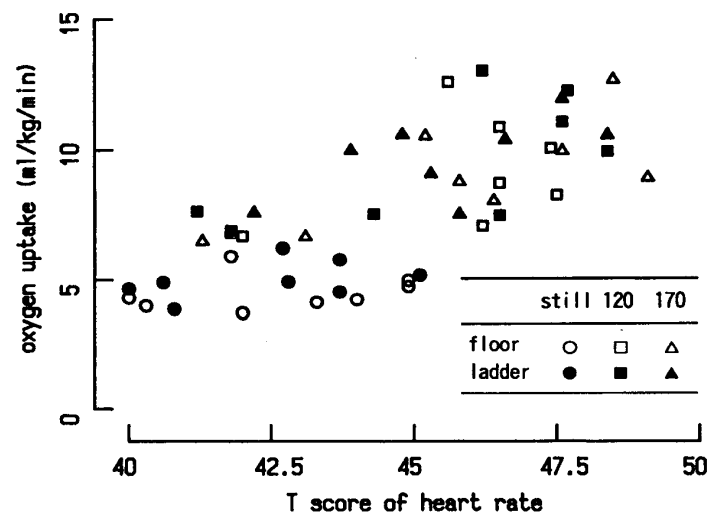


Fig.2 Relationships between T score of heart rate and oxygen uptake while standing still and sham pruning, on the floor and ladder, concerning the same data shown in Fig.1. T scores were calculated according to the result of submaximal step test of each subject.

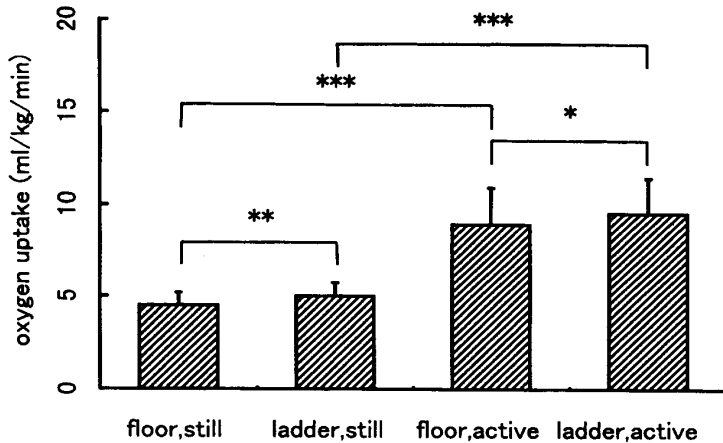


Fig.3 Oxygen uptake while standing still and sham pruning, on the floor and ladder. Data are means +SDs. The result of 120 and 170 cm were averaged on each subject, as the difference of these works were not significant. *, **, and *** indicates the significant difference at $p < 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively.

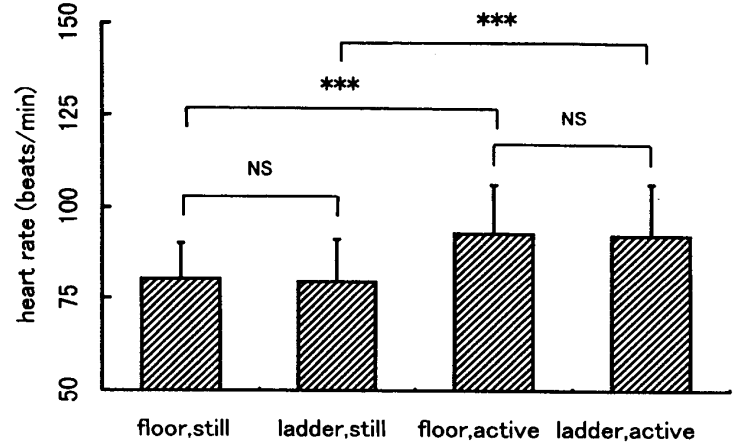


Fig.4 Heart rate while standing still and sham pruning, on the floor and ladder. Data are means +SDs. The result of 120 and 170 cm were averaged on each subject, according to the same reason described at Fig.3. *** indicates the significant difference at $p < 0.001$. Heart rates both on the floor and ladder were not significantly different, both while standing still and exercising, dissimilar to the case of oxygen uptake.

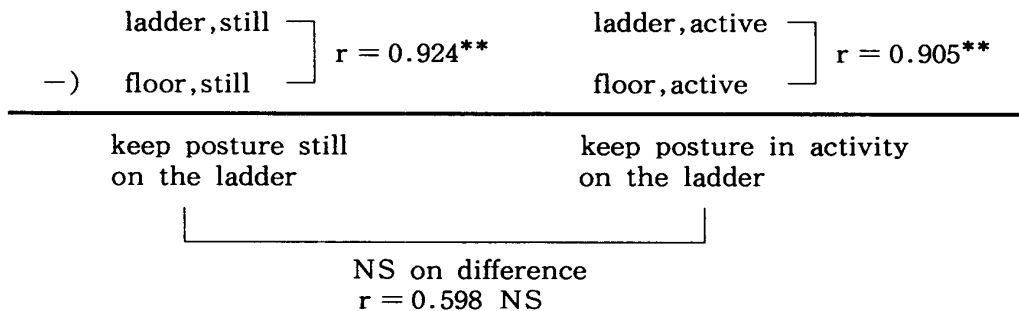


Fig.5 Comparison of oxygen uptake : 'ladder,still - floor,still' vs. 'ladder,active - floor,active' ; oxygen uptake to keep posture on the ladder, still and in activity. Both the difference and the correlation were not significant. NS and ** indicate not significant and $p < 0.01$, respectively.

の上とはしご上における酸素摂取量のあいだには、高さ120cmと170cmいずれの動作においても、有意差が認められなかったが、被験者8人それぞれの、2種類の高さの平均値同士については、有意差が存した。静止姿勢と動作中の酸素摂取量のあいだには、床の上とはしご上いずれにおいても、有意差が認められた。

第4図は、第3図と同じ項目について、心拍数を示したものである。静止時について、床とはしご上における心拍数に有意差はなかった。動作時の、床の上とはしご上における心拍数のあいだにも、高さ120cmと170cmいずれの動作においても有意差はなく、2種類の高さの平均値同士についても、有意差は認められなかった。静止姿勢と動作中の心拍数のあいだには、床の上とはしご上いずれにおいても、有意差が認められた。

第5図は、第3図に示した酸素摂取量について、静止姿勢と枝打ち模擬動作を、はしご上で保持しあるいは遂行するがために、床の上におけるよりも増加した酸素摂取量について、その差の有意水準と、8人の被験者における相関係数を示したものである。両者には有意差がなく、相関も有意でなかった。第6図は、動作を行うことによって増加する酸素摂取量について、床の上とはしご上における差の有意水準と、8人の被験者における相関係数を示したものである。両者に有意差はなかったが、1%水準で有意な相関が認められた。

なお、ステップテストの結果から推定した最大酸素摂取量に対する、枝打ち模擬動作時の酸素摂取量の割合の平均値と標準偏差は、床の上では $20.6 \pm 5.26\%$ 、はしご上では $22.2 \pm 5.28\%$ であった。

の酸素摂取量は、静止時と作業中で差がなかった。すなわち第3図において、左2本の棒の差と、右2本の棒の差のあいだに、差がなかった。したがって当然ながら、同じ図において右から2番目と一番左の棒の差と、一番右と左から2番目の棒の差にも、差がない。すなわち第6図に示した通り、床の上での作業とはしご上の作業で、正味作業に使われる酸素摂取量に差はなかった。

第5図に示した通り、はしご上で静止するが故に床の上で静止するより増加する酸素摂取量は、はしご上で作業するが故に床の上で作業するより増加する酸素摂取量と差がなく、また両者に相関がなかった。相関がないということは、同一の被験者における両者の関係に被験者間でバラツキが大きいことであり、その関係にかなり個人差があることを意味する。また第6図の通り、床の上での作業時の正味作業に使われる酸素摂取量と、はしご上で作業するときの、やはり正味作業に使われる酸素摂取量には差がなく、また、両者には高い相関があった。つまり、両者の関係には、あまり個人差がなかった。

この、酸素摂取量に関する実験結果より、動作形態について次のような所見が得られた。すなわち、はしごに登っているが故に必要な酸素摂取量は、静止時と作業時の差に個人差が大きかった。これは、はしご上で静止した状態から作業を開始する場合、姿勢を維持するための動作形態の変化には、かなり個人差があることを示すものと考えられる。これに対し、正味作業に使われる酸素摂取量は、床の上とはしご上の差異に、あまり個人差がなかった。これは、作業の動作形態が、床の上からはしごに登っても、あまり変化しないことを示すものと考えられる。

要 約

8人の被験者に実験室において、床の上とはしご上で、足の底面から120cmおよび170cmの高さにあると想定した枝に対し、ナタを用いて枝打ち模擬動作を行わせ、静止時と作業時の酸素摂取量と心拍数を測定した。はしごに登ると、床の上におけると比較し、静止時も作業中も、酸素摂取量が大きくなることが明らかになった。心拍数と酸素摂取量の間、全被験者のデータに関しては、有意な相関が認められた。しかし、心拍数を床の上とはしご上で比較したところ、静止時、作業中いずれについても、酸素摂取量にみられたような差はなかった。

また、はしご上で静止するが故に床の上で静止するより増加する酸素摂取量は、はしご上で作業するが故に床の上で作業するより増加する酸素摂取量と差がなく、また両者に相関がなかった。床の上での作業時の正味作業に使われる酸素摂取量と、はしご上で作業するときの、やはり正味作業に使われる酸素摂取量には差がなく、ま

た、両者には高い相関があった。この、作業強度に関するデータより、はしご上で静止した状態から作業を開始する場合、姿勢を維持するための動作形態の変化には、かなり個人差があること、また、手を用いる作業の全身における動作形態は、床の上からはしごに登っても、あまり変化しないことが示唆された。

文 献

- 1) 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.
- 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) 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.
- 4) 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, B 53-58.
- 5) 松原周信(1991) 携帯式心拍数, 体温, 歩数長時間記録装置の試作. 京府医大誌 100 (6) 623-630.
- 6) 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.
- 7) 松原周信, 瀧本義彦(1995) 作業対象物の身体に対する高さとして作業強度の関係. 京府大学術報告(理学・生活科学) 46, B 15-18.
- 8) 松原周信, 瀧本義彦(1997) 片手で保持して操作する道具の重量と作業強度. 京府大学術報告(人間環境学・農学) 49 1-4.
- 9) 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.
- 10) Y. Takimoto, C. Matsubara, and T. Yamamoto (1990) A computerized method of measuring energy expenditure in the forest work — pruning and weeding —. Proceedings P 3.03 Ergonomics XIX World Congress IUFRO, 62-72.
- 11) 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.
- 12) 山本俊明, 瀧本義彦, 寺川仁, 山田容三, 藤井禧雄, 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.