

# 1日の消費エネルギーの新算法とその応用

坪内 伸 司 (中京大学大学院体育学研究科体力学講座)

指導教授 山本 高司

朝比奈一男

## The Development of a New Method for Calculating the Energy Expenditure of a Whole Day Based on Heart Rate Recording and Ergometer Test

Shinji TSUBOUCHI

### Abstract

The purpose of the present study is to develop a simple method for calculating the energy expenditure of a whole day. The subjects were 15 children (7 boys and 8 girls) of elementary school, 22 physical education students (16 males and 6 females) and one housewife. Heart rates (HR) were recorded by means of a portable HR memory system for 24 hours. For obtaining the relationship between oxygen intake ( $VO_2$ ) and HR, the bicycle ergometer test was performed. The relationship between  $VO_2$  and HR under the condition of lower physical activities was obtained by posture change (supine, sitting and standing position) experiments. The HR histogram was obtained by analyzing the sequence record of HR of 24 hours. The total amount of oxygen intake was calculated from the results of HR histogram and the regression line of  $VO_2$ -HR. The mean values of energy expenditure (Kcal/day) were 2,263 and 2,197 Kcal in boys and girls of elementary school, respectively. The mean values were 3,259 and 1,775 Kcal/day in male and female students, respectively. When the students performed several hours exercise, the mean values increased to 4,618 and 2,652 Kcal/day in male and female students, respectively. The energy expenditure by  $VO_2$ -HR method was compared with the one by previous method (RMR). The regression line between them was ;  $Y=0.82X+13.15$ ,  $r=0.79$  ( $P < 0.01$ ).

### I. 緒言

日本人の「栄養所要量」の算定は、現在のところ基礎代謝を基本として、エネルギー代謝率(Relative Metabolic Rate : RMR),生活時間調査, 体重および体表面積を組み合わせて行なわれている。この方法は、被検者および検者を長時間にわたって拘束し、しかもデータ処理においても各動作のRMRからエネルギー消費量を計算するために多大な時間と労力を必要とする。したが

って、多数の被検者を対象とするためにはこれに代わる簡易な方法の開発が必要である。一方、心拍数は、酸素摂取量との間に高い相関関係の存在することが知られている。したがって、身体活動中の心拍数がわかればそれらの酸素摂取量を推定できるものと考えられる。本研究では、24時間心拍数記録と負荷テストによって得た $VO_2$ -HRの関係式から総酸素摂取量を求め、1日の消費エネルギーを算出する方法を確立し、児童期および青

年期における消費エネルギーの実態把握に応用しようとするものである。

## II. 方法

被検者は、小学生男子（平均年齢10.9才）7名、小学生女子（平均年齢11.0才）8名、大学生男子（平均年齢21.4才）16名、大学生女子（平均年齢19.9才）6名であり、事例研究として一般主婦（45才）1名も調査対象とした。

1日の心拍数の測定にあたっては、各被検者に携帯用24時間心拍数記録装置（VINE社製：70×130×26mm, 170g）を装着し、心電信号（R波）を胸部誘導法で導出し、1分毎の心拍数を記録した。同時に生活時間調査、環境条件（温度、湿度）を調査用紙記入法で記録した。記録した1日の心拍数は、データー処理し、心拍数強度別度数分布を求めた。

心拍数から消費エネルギーを推定するために酸素摂取量と心拍数の関係式を次のようにして求めた。運動負荷テストには、自転車エルゴメーターテストでは、Monark社製自転車エルゴメーターを用いて、4段階の漸増負荷で最大下作業を行なわせた。トレッドミルテストでは、5段階の速度漸増法で最大下作業を行なわせた。負荷はそれぞれ4分毎に与え、各負荷の最後の1分間に心拍数と酸素摂取量を測定した。採気は、ダグラスバッグ法で行ない、呼気ガスは、モーガン社製自動ガス分析器で分析した。これより動的活動レベルの $\dot{V}O_2$ -HRの関係式を求めた。次に、動的活動レベルのみならず、比較的低い活動レベルと考えられる種々の姿勢変化に（仰臥、椅座、立位）についての $\dot{V}O_2$ -HRの関係式を求めた。これら2つの関係式を、先に得られた24時間の心拍数強度別度数分布に代入することにより総酸素摂取量を求めた。この総酸素摂取量に、酸素1ℓあたりの熱量（4.924Kcal, RQ=0.9）を乗じて消費カロリーを計算した。一方、従来の方法との比較として、規定した作業（RMR表から設定）について時間調査とRMRを用いて計算したエネルギー消費量と心拍数と $\dot{V}O_2$ -HR関係式から計算したエネルギー消費量について検討した。

## III. 結果と考察

### 1. $\dot{V}O_2$ -HR関係

自転車エルゴメーターテストとトレッドミルによる負荷テストを行なった結果、両者に高い相関の直線関係が認められた。また、被検者がテストに未経験の場合、テスト、再テスト、再々テストの結果を比較すると、「慣れ」がエルゴメーターテストに影響するものと考えられた。したがって、未経験者に負荷テストを行なう時には慣れのための練習が必要と考えられた。次に、自転車エルゴメーターテストとトレッドミルテストを比較した結果、同一心拍数に対する酸素摂取量は自転車エルゴメーターの方が5%少なかった。これは、運動形態による差異に起因するためと考えられる。運動時の消費カロリーもこのことを考慮に入れて採用しなければならないと考える。しかし、本研究においては、自転車エルゴメーターテストがトレッドミルテストに比べて危険率が少なく、移動が可能であり、簡便さを考えると一般的にも普及していることから自転車エルゴメーターテストを採用した。

次に、比較的低い活動レベルである4種の姿勢変化における酸素摂取量と心拍数を求めた結果、仰臥位が最も低く、椅座位、立位と姿勢維持に伴う筋活動がより強い姿勢になるほどそれらの値が上昇することを認めた。また、酸素摂取量の変化に対して心拍数の変化率が大きく、姿勢維持のための静的な筋活動と姿勢変化に伴う静水力学的影響が考えられた。これらのテストから、運動代謝時の $\dot{V}O_2$ -HR関係と安静代謝時の $\dot{V}O_2$ -HRは異なることが認められた。したがって、心拍数から酸素摂取量を算出する際には、2つの式に区分して、回帰式に代入しなければならない。

### 2. 新算出法と従来の算出法

新算出法は、まず、心拍数を記録することである。 $\dot{V}O_2$ -HR関係式について、高い活動レベルにおけるものとは、自転車エルゴメーターテストからの値を用い、低い活動レベルにおけるものは姿勢変化テストの値を用いた。しかし、姿勢変化テストは全ての被検者について実施できない。そこで、成人8名を被検者として姿勢変化テストを行ない、個人別の $\dot{V}O_2$ -HR回帰式および全被検

者の回帰式を得た。そして、2つの回帰直線によって得たそれぞれの消費カロリーを比較すると有意差はなかった。また、 $\dot{V}O_2$  を体重あたりで示すと、小学生男女の $\dot{V}O_2$  - HR 関係も平均回帰直線のほぼ延長上に位置することが示された。このことから、比較的低い活動レベルにおける $\dot{V}O_2$  - HR 回帰式によって代わりうるものと考えられた。得られた平均回帰式は、 $Y = 42.40X - 134.10$ ,  $n = 218$ ,  $r = 0.253$  であった。ただし成人女子については椅座位の $\dot{V}O_2$  - HR が成人男子の値よりやや左に偏倚していた。これは、%Fatの差異に起因するものと考えられた。したがって、成人女子には男子の平均回帰直線式を平行移動して消費カロリーを算出した。女子の平均回帰式は、 $Y = 42.40X - 79.80$ であった。以上の方法で新算出法を提示した。

一方、従来の方式は、生活時間調査とRMR、体表面積、体重の組み合わせで行なわれている。

そこで、規定した作業についてRMRからの推定値と新算出法からの推定値との相関は、 $r = 0.78$  ( $p < 0.01$ )であった。

これより1日の消費エネルギーを算出した結果小学生男子7名の平均は、2,263 Kcalであり小学生女子8名の平均は、2,197 Kcalであった。大学生男子9名の平均は、3,259 Kcal) 運動を行なわない日)、4,618 Kcal (運動を行なった日)であり大学生女子6名の平均は、1,775 Kcal (運動を行なわない日)、2,652 Kcal (運動を行なった日)であった。また、大学生男子の合宿時の平均は、4,328 Kcalであった。さらに、事例研究として行なった中高年主婦1名については、2,564 Kcalであった。

本研究において提示した $\dot{V}O_2$  - HR 関係式を用いて推定する新算出法は、従来からのRMRと時間調査による方式に代わり得るものと考えた。