九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

日常生活における消費エネルギー量推定のための基礎的研究 : HR-VO2関係式を用いた3種類の回帰式の比較検討

宅島, 章
Yatsushiro National College of Technology

大柿, 哲朗
Institute of Health Science Kyushu University

小室, 史恵
Institute of Health Science Kyushu University

緒方, 道彦
Institute of Health Science Kyushu University

他

https://doi.org/10.15017/481

出版情報：健康科学. 9, pp.137-145, 1987-03-28. Institute of Health Science,Kyushu University
バージョン：
権利関係：

日常生活における消費エネルギー量推定のための基礎的研究
——HR-$\dot{V}O_2$ 関係式を用いた3種類の回帰式の比較検討——

宅島 章* 大柿哲朗 小室史恵
緒方道彦 満園良一** 吉水 浩**
増田卓二** 町田弘幸*** 千綿俊機****
安永 誠****

A Comparative Study for Estimate of Energy Expenditure

Akira TAKUSHIMA*, Tetsuro OGAKI,
Toshie KOMURO, Michihiko OGATA,
Ryoichi MITSUZONO**, Yutaka YOSHIMIZU**,
Takuji MASUDA**, Hiroyuki MACHIDA***,
Toshiki CHIWATA**** and Makoto YASUNAGA****

Summary

The purpose of this study is to invent a new equation for the estimate of energy expenditure in usual life. According to the HR-$\dot{V}O_2$ method, the energy expenditure of seven health adult man (age: 33〜52 yrs) has been investigated. The result shows that exponential recurrence equation (ERE) is more practical than a linear recurrence equation (ALRE) or two linear recurrence equations (TLRE).

First, the corelation coefficient between the energy expenditure and the HR is as follows: r=0.95 in ERE, 0.97 in ALRE, and 0.64 and 0.94 in TLRE, respectively.

Then, though the ERE is liable to show a little overestimation of energy expenditure in high HR, we have got very similar calculations to the experimental ones under 130 HR. SO this ERE is the most suitable, considering the extremely rare appearance of more than 130 HR in daily life. On the contrary, ALRE is liable to produce too lower energy expenditure then the experimental calculation in low HR. Also TLRE has a defect of producing difference in grade between the calculations in basal metabolic rate and resting metabolic rate and the in exercise even in the same HR.

(Journal of Health Science, Kyushu University. 9: 135−145, 1987)

はじめに

最近，心拍数が運動強度の指標，すなわち代謝の増加につれて心拍数が増加し，酸素摂取量と一定の関係になることに着目して，長時間心拍数記録装置や携帯用心電図計を用いて，心拍数（HR）と酸素摂取量（$\dot{V}O_2$）との関係からエネルギー消費量を推定するHR−$\dot{V}O_2$ 方式が用いられている[3)4)7)14)16)19)23)24)]。そ

Institute of Health Science, Kyushu University 11. Kasuga 816, Japan.
*Yatsushiro National College of Technology. Yatsushiro 866, Japan.
**Kurume University. Kurume 830, Japan.
***Fukuoka Dental College. Fukuoka 814, Japan.
****Fukuoka Instiute of Technology. Fukuoka 811−02, Japan.

して，この方法には現在，基礎代謝および安静代謝時から運動代謝時までを1つの直線回帰式で求める方法[18]，活動レベルの低い基礎および安静状態までの範囲と，それを超える運動代謝時までを別々の2つの直線回帰式によって求める方法[3)4)7)14)23)24)]，等がある。また，著者らは，HR と $\dot{V}O_2$ との関係を指数回帰式で表し，その回帰式からエネルギー消費量を推定する方法を検討している[16)19)]。

そこで今回，エネルギー消費量の概算のための基礎研究として，これら3つの方法の比較検討を行なった。

研究方法

1. 被験者

被験者は，33歳～52歳の男性7名であった。被験者の身体特性を表1に示す。これらの被験者のうち3名(T.C, A.T および M.Y) はほぼ毎日ジョギングあるいはテニスを実施している被験者であった。また，残り4名はとくに定期的な運動は実施していないが，比較的活動的な生活を営む被験者であった。

2. 検査および測定項目

検査および測定は医学的検査，形態計測，皮下脂肪厚の測定および体脂肪率の推定，基礎代謝量，安静代謝量，運動代謝量（自転車エルゴメータ運動，トレッドミル歩行，踏台昇降運動）および24時間心拍数記録であった。

3. 測定方法

本研究を開始するにあたって，まず心電図および心エコー図検査，血圧測定，尿検査，内科的検診などのヘルスチェックを実施した。また，身長，体重および身体各部の周径囲（8部位）ならびに皮下脂肪厚（13部位）の計測を行なった。さらに上腕背側および肩甲骨下角部の皮下脂肪厚などから Nagamine の式[12)]によって体脂肪率 (%Fat) を推定した。

表1．被験者の身体特性

被験者	年令 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	最大酸素摂取量 (mℓ/kg・分)	体脂肪率 (%)
T.M	52	170.7	70.4	44.9	14.4
A.T	40	165.7	64.9	52.0	16.5
T.C	39	170.1	71.7	51.9	16.2
Y.Y	39	171.9	75.1	41.9	17.9
M.Y	36	169.7	62.2	52.1	12.5
T.O	33	163.6	58.6	46.3	10.9
H.M	33	174.9	69.3	47.1	15.1
平均値	38.9	169.5	67.5	48.0	14.8
標準偏差	6.46	3.78	5.78	4.05	2.42

これら一連の検査および測定が終了した後，基礎時，安静時および各種運動時の酸素摂取量を測定した。すなわち，ダグラスバックに採取した呼気ガスを湿式ガスメータ（品川製作所：1回転10リットル用）によって計量し，医用呼気ガス分析器 (Beckman 社：LB-2, OM-11) によって呼気ガス濃度を求めて，酸素摂取量を算出した。なお，医用呼気ガス分析器は，既知の2種類の混合ガスによって較正した。

1）基礎代謝量の測定

基礎代謝量は，10時間以上絶食した状態で行った。すなわち被験者が早朝に覚醒した状態（仰臥位）で，呼気を5分間ずつ2回連続採気し，酸素摂取量を測定して基礎代謝量とした。

2）安静代謝量の測定

安静代謝量は，基礎代謝量の測定終了約1時間後に，椅座位安静の状態で5分間ずつ2回連続採気して求めた。

なお，これらの測定の前夜から被験者に長時間心電図記録装置（フクダ電子社：ホルター心電計 SM-26型）を装着し，24時間の心電図を記録した。その記録は，心電図高速分析装置（フクダ電子社：SCM-240）によって再生し，マイクロコンピュータによって1分毎の心拍数を演算処理した。そして基礎および安静心拍数を求めた。

3）運動代謝量の測定

被験者に自転車エルゴメータ運動，トレッドミル歩行および踏台昇降運動を行なわせ，各運動中の酸素摂取量，心拍数などを求めた。

イ）自転車エルゴメータ運動

自転車エルゴメータ運動は，回転数を50rpm とし，4分間ずつ3段階の負荷運動を課し，さらに1分間ずつ負荷を増加させる漸増負荷運動をおこなわせた。採気は，運動負荷開始前5分間，負荷開始3分目，7分目および11分目からそれぞれ1分間ずつ，さらに12分以後は1分ごとに連続して行なった。また同時に胸部導出法による心電図を記録（日本光電社：RM-600 ポリグラフシステム）し，その記録のR棘から心拍数を求めた。

ロ）トレッドミル歩行

トレッドミル歩行は，斜度を0度に固定し，異なる10種類の速度（分速50m から140m まで10m/分ごと）で行なわせた。運動時間はそれぞれ5分間とし，運動

終了直前の１分間の採気と心電図の記録を行なった。歩行速度は被験者ごとに at random に変えて実施し，１日に５種類ずつ２日に分けてそれぞれの歩行運動を行なわせた。各負荷の間には少なくとも15分以上の休

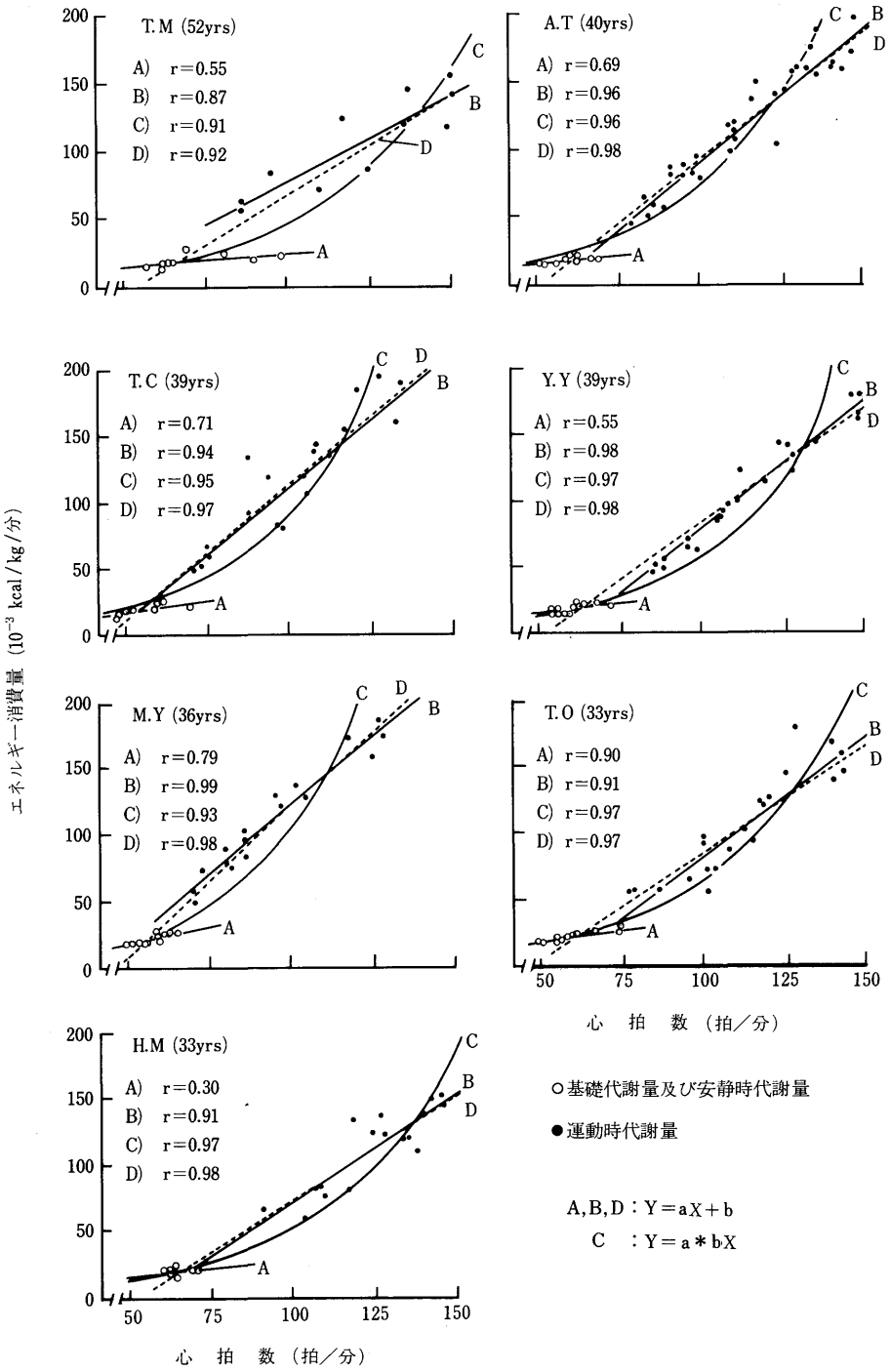

図１　各代謝時のエネルギー消費量と心拍数との関係

息をおいて実施した。

ハ）踏台昇降運動

踏台昇降運動は，踏台の高さを 40cmとし，異なる5種類の昇降速度（10，15，20，22.5および25回／分）で行なわせた。運動時間はそれぞれ5分間とし，運動終了直前の1分間の採気と心電図の記録を行なった。この踏台昇降運動も，充分な休息をとって，被験者ごとに at random に実施した。

これらの運動によって得られた酸素摂取量と呼吸交換比（R）とから，エネルギー消費量（kcal/kg・min）を算出[11]した。なお，運動時のエネルギー消費量の算出は，運動の steady state が成立する範囲とし，心拍数150拍／分以下について行なった。

4）エネルギー消費量の推定

長時間心拍数記録装置（ヴァイン社：メモリーマック）を用いて，普段の生活と変わらない生活中の24時間の心拍数を記録した。そしてそこから得られた心拍数を各人の推定式に代入してエネルギー消費量を求めた。

これらの測定は，昭和59年7月から11月の間に実施した。この時の気温は23.8±4.59℃，相対温度は75.1±7.44%，気圧は761±5.57mmHg であった。

結　　果

基礎時(状態)における各被験者の酸素消費量($\dot{V}O_2$)は，2.90～4.64ml/kg・min（平均：3.48±0.43ml/kg・min）で，呼吸交換比（R）は0.73～0.84(0.77±0.04)，心拍数（HR）は44～62拍／分（50±6.16拍／分）であった。また，安静時および運動開始前の $\dot{V}O_2$，RおよびHRは，それぞれ3.20～5.90ml/kg・min（4.40±0.66ml/kg・min），0.70～0.92（0.77±0.06）および48～98拍／分（62±9.4拍／分）であった。さらにHRが150拍／分以下に相当する運動時の $\dot{V}O_2$ および HRは，9.8～39.7ml/kg・min および0.70～1.0であった。

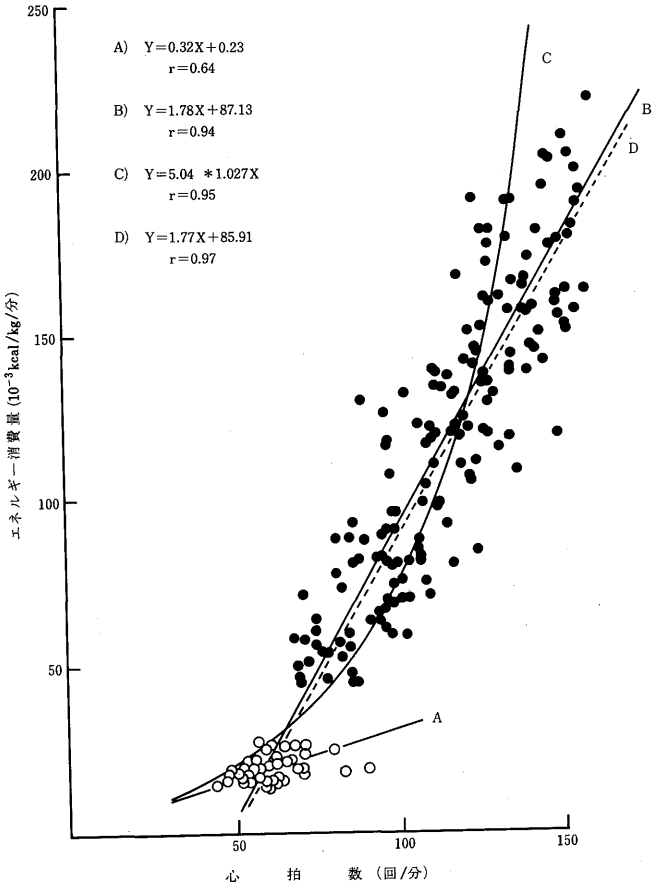

図2　全被験者のエネルギー消費量と心拍数との関係

このような種々の条件下で得られた $\dot{V}O_2$ と R とから求めたエネルギー消費量と心拍数との関係を各被験者ごとに図1に示した。すなわち，図1には基礎および運動開始前（○）ならびに運動時（●）のエネルギー消費量を心拍数との関係で示し，さらにそれから求められる直線および指数回帰式の回帰係数と相関係数を示した。

個々の被験者におけるエネルギー消費量と心拍数との相関係数は，基礎時から運動開始前までの式（A）が r=0.30～r=0.90, 運動時のみの式（B）の場合が，r=0.87～r=0.99 であった。また基礎時から運動時までを指数回帰式（C）および1つの直線回帰式（D）で求める場合が，それぞれ r=0.91～r=0.97 および r=0.92～r=0.98 であった。

さらに，全ての被験者についてエネルギー消費量と心拍数との関係を図2に示した。それぞれの相関係数は（A）の場合が r=0.64,（B）の場合が r=0.94,（C）の場合が r=0.95 および（D）の場合が r=0.97 であった。したがって，各被験者ごとに，全ての被験者のデータをまとめた場合も，基礎時から運動開始前までの式を除けば，どの式（方法）もエネルギー消費量と心拍数との相関係数は極めて高かった。

日常生活の心拍数の分布を，図3に示した。また同図には，心拍数20拍／分毎に区分して，その出現率も示した。

各被験者における心拍数の出現率は，50拍／分以下が0～33%（平均14.7±11.87%），51～70拍／分が8～56%（36.6±16.1%），71～90拍／分が10～71%（33.1±20.4%），91～110拍／分が2～21%(11.1±6.91%)，111～130拍／分が0～7%（3.9±2.34%）であった。HR 131拍／分以上はどの被験者においても観察されなかった。

日常生活中の心拍数から求めた一日のエネルギー消費量を表2に示した。また，体重当りエネルギー消費量を表3に示し，さらに同表の（　）内にはエネルギー所要量に対するエネルギー消費量の比率を示した。一日のエネルギー消費量および体重当りエネルギー消費量の平均値および標準編差値は，1つ直線回帰式の場合が 4,383±833 kcal/day（64.9±9.79 kcal/kg/day），2つの直線回帰式による方法の場合が 5,077±1,337 kcal/day（68.9±11.66 kcal/kg/day），指数回帰式の場合が 3,767±528 kcal/day（56.2±9.27 kcal/kg/day）であった。

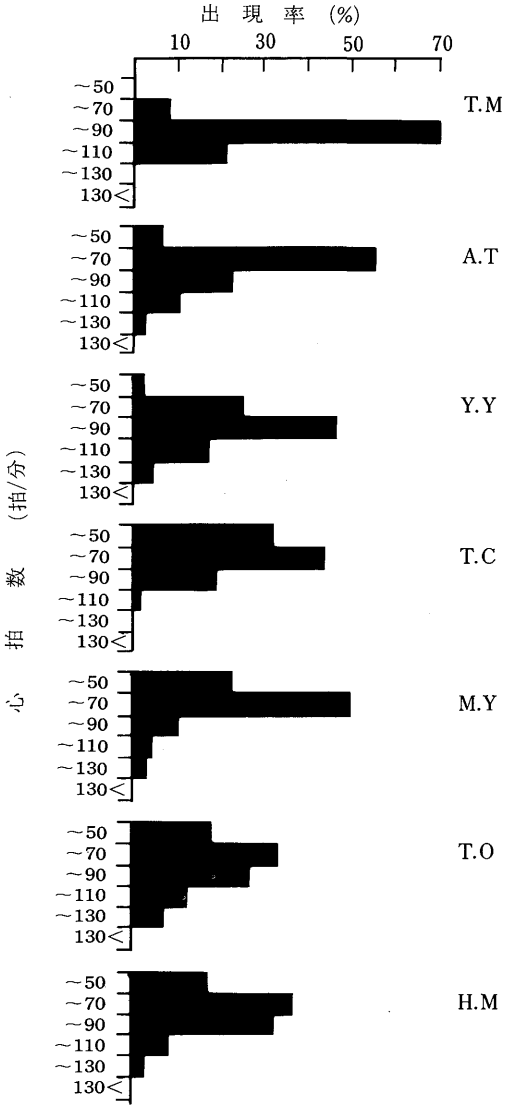

図3　日常生活中における心拍数の出現率

考　　察

酸素摂取量からエネルギー消費量を算出する場合，換算係数が必要となる。その換算係数として，酸素消費量1リットル当り，長嶺ら[14]は 4.92 kcal を，また芳田ら[24]は，5.0kcal を用いる。これらの基礎時から運動時まで一定の換算係数を用いた便宜的方法に対し，Kashiwazaki ら[7]は，酸素摂取量測定時の呼吸交換比（R）が0.72～0.92であったことから，その換算係数に4.702～4.948kcal を用いている。

基礎時や安静時あるいは運動強度によって動員されるエネルギー基質は異なり，それにともなって酸素の

燃焼効率も異なる。したがって，エネルギー消費量の算出には便宜的な方法ではなく，酸素摂取量測定時のRを考慮した方がよりよい方法であると言える。そこで，著者らは，各種代謝時を実測し，その時の $\dot{V}O_2$ とRからエネルギー消費量を算出した。そして，さらに $\dot{V}O_2$ とRから算出したエネルギー消費量と心拍数との関係からエネルギー消費量の推定式を作成した。しかし，本研究では，日常生活中の酸素摂取量を実測していないので，実測値との比較ではなく心拍数とエネルギー消費量との関係から各種推定式の検討を行なった。

心拍数とエネルギー消費量との相関関係を求めてみると，1つの直線回帰式の場合が最も高く（r=0.97），次いで指数回帰式が高く（r=0.95），2つの直線回帰式の場合が最も低かった（r=0.64, r=0.94）。しかし，相関係数のみで，各回帰式の有効性を論じることはできない。そこで，各種推定式を用いて，被験者ごとに心拍数とエネルギー消費量との関係式を求め，それらの関係式に任意の心拍数を代入して，各心拍数時の体重当り1分間のエネルギー消費量を算出し，それぞれの値の7名の平均値と標準偏差値を表4に示した。

1つの直線回帰式の方法（D式）は，基礎および安静代謝時の心拍数である50拍／分時のエネルギー消費量の平均値を比較してみると，2本の直線回帰式の方（A式）の1/2であり，指数回帰式の方法（C式）の1/6と極めて低い値を示した。

2つの直線回帰式による方法（A式），（B式）では，2つの推定が交差する点の近く，すなわち心拍数が

表2． 日常生活中の心拍数から求めた一日のエネルギー消費量とエネルギー所要量
(kcaℓ／day)

被験者	一本直線回帰式	二本直線回帰式	指数回帰式	エネルギー所要量 (体重当り所要量×体重)
T.M	5,079	6,411	3,480	3,098
A.T	4,279	4,288	3,814	2,856
T.C	4,151	4,428	3,651	3,298
Y.Y	5,872	5,297	4,455	3,455
M.Y	3,773	4,500	4,434	2,861
T.O	4,119	3,926	3,568	2,696
H.M	3,406	3,689	2,981	3,188
平均地	4,383	5,077	3,769	3,077
標準偏差	833	1,337	528	276

表3． 日常生活中の心拍数から求めた体重当りエネルギー消費量
（　）内はエネルギー所要量に対するエネルギー消費量の比率(%)
(kcaℓ／kg／day)

	一つの直線回帰式	二つの直線回帰式	指数回帰式
T.M	72.1 (63.9)	91.1 (10.7)	49.4 (12.3)
A.T	65.9 (49.8)	66.1 (50.2)	58.8 (33.6)
T.C	57.9 (25.9)	61.8 (34.3)	50.9 (10.7)
Y.Y	78.2 (70.0)	70.5 (53.4)	59.3 (28.9)
M.Y	60.7 (32.0)	72.3 (57.2)	71.3 (55.0)
T.O	70.3 (52.8)	67.0 (45.7)	60.9 (32.4)
H.M	49.1 (6.7)	53.2 (15.7)	43.0 (9.4)
平均値	64.9 (43.0)	68.9 (51.9)	56.2 (23.4)
標準偏差	9.79 (22.50)	11.66(28,07)	9.27(20.71)

（　）内は標準偏差

70拍／分のところでは，A式，B式それぞれの式によって概算されたエネルギー消費量に統計的な有意な差（$p<0.05$）認められる。そして，この2つの式が交差するあたりでは，図3に示した各被験者の一日の心拍数ヒストグラムでもわかるように，日常生活中において出現率が比較的高い範囲でもある。

これらに対し，指数回帰式による方法（C式）の場合，心拍数が150拍／分では他の方法より有意に大きな値を示すという特長がみられた。

ここで，日常生活中の心拍数に注目してみることにする。加賀谷[6]は家事に専念している主婦の場合，ほとんどの時間は心拍数が90拍／分以下を示し，一日のうち100拍／分を超えることは極めて少なく，120拍／分以上に増加する例はみられなかったとしている。また，山地[21]は，主婦の家事労働（炊事，洗濯，掃除）中の心拍数は100拍／分をこえることは少なく，越えても，僅か数分であったとしている。さらに，Konnoら[8]は，平均年齢38歳の男性18名を対象として，日常生活中に最も心拍数が高かったのが93～132拍／分しかなく，平均心拍数は72～95拍／分の範囲であったとしている。同様に，Glagoveら[2]の成人男性を対象とした調査でも，覚醒中の平均心拍数は70～105拍／分である。また，Shephard[17]の大学職員および教官を対象とした調査によると，100拍／分以下の出現率は92.4%であり，100～120拍／分は6.3%，120拍／分以上は1.3%であったとしている。このように，大部分の人にとって日常生活中の心拍数は，100拍／分以下の分布がほとんどであると言える。

さらに，図3で示したように，本被験者の場合，心拍数が50拍／分以下の出現率は，0～33%（平均：14.7±11.87%）であり，51～90拍／分では60～79%（69.7±7.99%），91～130拍／分では2～21%（14.1±7.78%）であり，130拍／分以上はみられなかった。

それゆえ，指数回帰式は心拍数150拍／分以上では心拍数に対しエネルギー消費量の推定値がやや高く見積る可能性があるが，日常生活中において心拍数130拍／分以上の出現率は極めてまれであるので，指数回帰式による方法が，少なくとも他の方法に比べてエネルギー消費量を過大評価する危険性は少ないと言えよう。

次に，個々の被験者の日常生活の心拍数から求めた一日のエネルギー消費量とエネルギー所要量について検討してみる（表2）。日常生活中の心拍数から被験者の各推定式を用いて一日のエネルギー消費量を概算してみると，基礎および安静時の心拍数が比較的高い被験者 T.M では，2つの直線回帰式による方法が最も高く算出した。また，日頃，テニスを行ない $\dot{V}O_2$ max が大きく，睡眠中および安静時の心拍数が低い被験者 M.Y は，1つの直線回帰式による方法において，最も低く算出している。逆に，$\dot{V}O_2$ max が低く，心拍数が比較的高い，すなわち一日のうちの大部分を心拍数80～100拍／分で生活している被験者 Y.Y は，1つの直線回帰式による方法が最も高く算出している。なお，被験者 M.Y および Y.Y を除く他の5人の一日のエネルギー消費量は，指数回帰式が最も少なく，次に1つの直線回帰式，2つの直線回帰式が最も大きいエネルギー消費量となった。

さらに，各推定式で求めた一日のエネルギー消費量とエネルギー所要量とを比較してみると生活活動強度「やや強い」区分のエネルギー所要量より平均値において80～33%も各推定式で求めたエネルギー消費量が高かった。このことは，エネルギーの計算上，大きな因子となる被験者らの体重が日本人の体重推計基準値[10]より大きかったことがひとつの原因であると考えられる。そこで，一日のエネルギー消費量とエネルギー所要量を体重当りに換算し，比較してみたが，各推

表4． 任意心拍数時におけるエネルギー消費量

（10^{-3}kcal／kg／min）

各種推定式＼心拍数（拍／分）	50	70	90	110	130	150
A）2本直線回帰式（基礎・安静のみ）	6.0 (1.3)	23.0 (3.5)				
B）2本直線回帰式（運動時のみ）		37 (14.6)	73 (16.0)	109 (18.8)	145 (22.5)	181 (26.8)
C）指数回帰式（基礎～運動）	18.0 (3.8)	30 (7.0)	52 (13.6)	90 (27.1)	157 (54.4)	276 (10.9)
D）1本直線回帰式（基礎～運動）	3.0 (7.3)	38 (10.9)	74 (15.3)	109 (20.0)	145 (24.7)	180 (29.4)

（ ）内は標準偏差

定式で求めたエネルギー消費量の方が51.9～23.4%高かった。この理由として，被験者 A.T や M.Y さらに T. O らの基礎代謝量が日本人の基礎代謝基準値[10]より高かったことや，被験者全員の最大酸素摂取量が同年代の人たち[20]より比較的高く，そのため各種運動時の酸素消費量が高かったことによるものと考えられる。

以上のことを考慮してみると，HR と $\dot{V}O_2$，さらに HR とエネルギー消費量との関係を指数回帰式で表す方法は，1つの直線回帰式や2つの直線回帰式で表す方法より有効な方法であると考えられる。心拍数には加齢現象があり，基礎および安静時の心拍数には体力の差，性差[23]が認められる。また，HR−$\dot{V}O_2$ の関係は個人個人によって異なる。したがって，本研究の結果が，そのまま性，年齢，体力などの異なる対象者にも適用できるかどうかは明らかではない。この点については今後，検討される必要があろう。

要　　約

成人男子（7名：33～52歳）を対象に，HR−$\dot{V}O_2$ 方式によるエネルギー消費量の概算のための推定式について検討した。

1）エネルギー消費量と心拍数との相関係数は，数値の高いものから，1つの直線回帰式 (r=0.97)，指数回帰式 (r=0.95)，2つの直線回帰式 (r=0.94, r=0.64) であった。

2）1つの直線回帰式は，心拍数の低い範囲において求められたエネルギー消費量が低すぎる傾向にある。また，2つの直線回帰式では，同じ心拍数においても基礎および安静時の推定式と運動時の推定式との値に差異が生じる不都合がみられる。これらの式に対して指数回帰式は，心拍数が高い時にはエネルギー消費量を過大評価する。しかし，日常生活中の心拍数をみると130拍／分以上になる割合は，極めて低い。

3）各推定式を用いて24時間の心拍数から一日のエネルギー消費量を概算すると1つの直線回帰式(平均: 4383±833kcal/day, 64.9±9.79kcal/kg/day)，2つの直線回帰式(5077±1337kcal/day, 68.9±11.66kcal/kg/day)，指数回帰式 (3769±528kcal/day, 56.2±9.27kcal/kg/day) であり，それぞれの推定式より求められたエネルギー消費量の平均値および標準編差は，指数回帰による方法が最も小さく，2つの直線回帰式による方法が最も大きい。

以上の結果について検討すると，HR−$\dot{V}O_2$ の関係から日常生活中におけるエネルギー消費量を概算する方法としてここで比較した3種類の回帰式の間では，指数回帰式による方法が他の方法より優れているのではないかと考えられる。

文　　献

1) 青木純一郎，前嶋　孝，吉田敬義編：日常生活に生かす運動処方，杏林書院，1982, 17−21.
2) Glagov,S., Rowley,D.A., Cramer,D.B. and Page, R.G.: Heart Rates during 24 hours of usual activity for 100 normal man, J. Appl. Physiol., **29**: 799−805, 1970.
3) 橋本　勲，青木純一郎，進藤宗洋，小林寛道，佐藤祐：日本人の身体活動の低下状況とその改善手段に関する研究，国立栄養研究所報告，32: 53−60, 1983.
4) 橋本　勲：運動量の測定と評価．臨床スポーツ医学．文化堂，**1**: 650−655, 1984.
5) 猪飼道夫：身体活動の生理学．杏林書院，1979, 128−132.
6) 加賀谷淳彦，加賀谷淳子：運動処方，杏林書院，1983, 230−236.
7) Kashiwazaki, H., Inaoka, T. and Suzuki, T.: Daily energy expenditure of middle-aged Japanese housewives measured by 24-hours heart rate and diary, Nutrition Research., **5**: 453−463, 1984.
8) Konno, M., Chiwata, T. and Yasunaga, M.: Maximal aerobic power and heart rate during usual activities sedentary workers in urban districts, J. Physical Fitness Japan, **27**: 135−139, 1978.
9) 厚生省公衆衛生局栄養課編：国民栄養の現状，昭和59年度版．第一出版株式会社，1984, p.157.
10) 厚生省公衆衛生局栄養課編：第三次改訂日本人の栄養所要量．第一出版株式会社，1984, p.184.
11) 仲原弘司：エネルギー代謝の栄養・生理と室内衛生，第一出版株式会社，1982, 26−30.
12) Nagamine, S.: Evaluation of fatness by skinfold measurment, JIBP synthsis, **4**: 16−20, 1975.
13) 長嶺晋吉：カロリーの問題．からだの科学，増刊 1: 8−16, 1984.
14) 長嶺晋吉，橋本　勲，山本高司，加賀谷淳彦，樋口満，山川喜久江：国民の運動所要量に関する基礎的研究．昭和56年度厚省生科学研究費（厚生行政科学研究事業）による研究事業報告，1～16, 1981.
15) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝．労働科学研究所，1974.
16) 緒方道彦：個人のエネルギー消費量について．健康科学，**6**: 147−151, 1984.
17) Shephard. R.J.: Normal levels of activity in Canadian city dwellers, Canad. Med. Ass. J., **97**: 313−318, 1967.

18) Webster, A.: Heart rate and heart production of sheep. F. Nutr., **21**: 769−785, 1967.
19) 宅島　章，町田弘幸，大柿哲朗，小室史恵，満園良一，吉水浩：体力・体組成を考慮した心拍数から求めるエネルギー消費量推定の試み，第41回日本体力医学会大会予稿集，1986, p.304.
20) 東京都立大学身体適性学研究編：日本人の体力標準値第3版，不昧堂出版，1980, p.273.
21) 山地啓司：運動処方のための心拍数の科学，大修館書店，1981, 27−34.
22) 山地啓司：運動処方のための心拍数の科学，大修館書店，1981, 128−146.
23) 山本高司，加藤好信，坪内伸司，藤松　博：24時間心拍数から一日の消費エネルギーを推定する方法の開発，第36回日本体力医学会予稿集，1981, p.271.
24) 芳田哲也，中井誠一，森田恭光，伊藤　孝：心拍数からみた一日の消費熱量，体力科学，**33**: p.280, 1984.