

## 個人のエネルギー消費量概算について

緒方, 道彦  
九州大学健康科学センター

<https://doi.org/10.15017/417>

---

出版情報 : 健康科学. 6, pp.147-151, 1984-03-30. 九州大学健康科学センター  
バージョン :  
権利関係 :

## 資 料

## 個人のエネルギー消費量概算について

緒 方 道 彦\*

Estimating an Energy Consumption Based on  
Individual 24 Hours ECG

Michihiko OGATA\*

In order to look into an energy balance in a daily life, it is necessary to estimate the amount of energy consumption satisfactorily without struggling against tables and complicated devices.

- a) BMR-BODY COMPOSITION: Assuming a total BMR is the sum of energies consumed in two parts, active and fat tissues, multiple regression analysis gives partial coefficients of 28 and 13 (kcal/kg/day) for active and fat tissues respectively. Knowing each individual body composition, BMR is estimated regardless of sex, age etc.
- b) EXERCISE-HEART RATE: In every cases oxygen consumptions were measured directly at several stages of exercise. Together with recording of 24 hrs ECG, an exponential regression between energy ( $Y: m\text{lO}_2/\text{kg}/\text{min}$ ) and heart rate ( $X: \text{beats}/\text{min}$ ) is computed. Constants A, B in the equation,  $Y=A \cdot \exp(B \cdot X)$ , differ slightly from case to case. In general however it is enough to use following A, B values, such as  $A=1.511$  and  $B=0.0203$ .

Once an individual trend of heart rate in a daily life is recorded, the amount of energy consumed during the period could be approximately obtained almost simultaneously.

(Journal of Health Science, Kyushu University, 6 : 147~151, 1984)

快食・快便は健康の定義としてもよいのだが、現代の生活様式のなかでは肥満に陥りやすい。好きなものを心ゆくまで食べても体重が変わらないというひとは多くはない。

生体の調節機能という面からみると、身長は生涯にわたってほぼ一定といえるのに比べ、体重は変動する。肥満は統計的にはリスクファクターといわれて久しいのだが、個人にとっては日常生活がさしたる不便もなく進行する限り、栄養収支とくにエネルギー収支について気を配ることもない。

栄養のバランスでは質を無視する訳にはいかない

が、量の面でも僅かな過誤に注意する必要がある。英国女性の場合20才から60才までの40年間に約20トン食べながら体重は20kgしか増えないという見方もできるが、一方では1日当り300mg押えていれば増えなかったということにもなる。

生活処方を考える場合、エネルギー収支を検討する必要があるが、食習慣や生活様式の変更は強い自覚、自己の現状認識に基づく意欲がない限り達成され得るものではない。

エネルギー・バランスの問題としては、

(1) 摂取エネルギーの量と質

\* Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816, Japan

## (2) 栄養素の利用効率

## (3) エネルギー消費量

の三点につき、個人の特性を押えて検討してゆかねばならない。このうち(1)は栄養学上の観点から多くの実際的な示唆がなされている。(2)については、人間自身の栄養生理・生化学の課題として代謝活性、とくに個人の特性をどう把握するかということである(1)の条件を揃える、つまり同質・同量の食事であったらどうなるのかという問題である。この面については、健康科学センター研究棟の RISM システムでも研究を進めていく予定である。

さて(3)のエネルギー消費量については日常生活における所要カロリーを、性・年齢・労働強度別に示されている基準や表により計算する。日本人に関する基準や表は多くの実験や調査により作製され、各個人の身長・体重と日常の生活時間調査を詳細に行うことにより、個人別のエネルギー所要量が求められる。

測定技術の進歩により長時間の心拍記録が可能となり、かねて運動量と心拍数との相関も知られていたところから、長嶺(国立栄研)を中心とするグループにより個人の心拍記録にもとづくエネルギー所要量の算出についての総合的な研究が進められている。その成果を待つまでの間、九大の健康科学センターにおける RISM 研究の必要上から、一応の見当づけのため工夫された概算法を実施している。

(1)のエネルギー摂取と(3)のエネルギー消費のバランスは、体重変動として表現されることにもなるが、その時間的なオーダーは飢餓実験のようなものでない限りゆるやかである。概算法の評価は今後の長期実験や個別の基礎的データの集積にまたねばならないが、従来の生活時間調査や各種の基準や表を使用するよりは簡便なものなので紹介することにした。

概算の基礎は個別の長時間心電図記録(ハート・コーダー、フクダ電子)または長時間心拍記録(メモリ

ーマック、ヴァイン)によっている。この他各 VISITOR (有志の被験者)の身体組成と運動負荷に伴う酸素消費量と心拍変化のデータに準拠している。以下に、I:身体組成と基礎代謝、II:生活行動とエネルギー消費量について述べる。

## I 身体組成と基礎代謝

昭和50年改定から日本でも基礎代謝表示に体重を採用するようになってきている。体表面積や全体重よりも活性組織量(Active tissue mass, 以下 AM と略記)と基礎代謝の相関が高いことも指摘され、50年当時の解説でも今後に残された問題点として、体構成成分を考慮した基礎代謝基準値の必要性が述べられている(昭50改定・日本人の栄養所要量と解説, 38頁)。

脂肪組織量(Fat tissue mass, 以下 FM と略記)と AM に身体組成を大別するのが一般であるが、この脂肪組織は単なるエネルギー貯蔵所として代謝を考える上ではあまり配慮されていなかったようである。しかし現在では脂肪の合成、分解など重要な役割をもち、それなりの代謝活性が認められる以上、基礎代謝の算出にも一定の役割をもつとするのが当然であろう。また性別・年齢別の基礎代謝基準が異なる背景として、性・年齢ごとの身体構成が異なり、AM・FM量の相違が示唆されることもあり、同性・同年令層でも肥満者の基礎代謝量が、体表面積や体重当りに基準化しても低くなることも知られているところである。

## I- (i) 年齢別の体脂肪率

小宮(九大・健康科学センター)らにより福岡市を中心とする地域住民2,115名(男1,778名,女337名)について皮脂厚測定を行い、長嶺らの式により%FATを計算し年齢階層別の結果を得た(表1)。本センターのプロジェクトの一環として、皮脂厚測定の他に、体比重測定、重水法、CT法などを比較しているが、一般的な傾向として皮脂厚法による%FATは、重水法

表 1

年 令	男			女		
	N	% FAT	S D	N	% FAT	S D
20 代	555	13.22	0.533	126	21.08	1.669
30 代	397	14.59	0.685	83	23.03	1.473
40 代	422	14.91	0.790	74	26.57	2.104
50 代	4041	15.22	1.042	54	25.72	3.334
計	1778			337		

総計 N=2115 年齢・性別体脂肪率 (皮脂厚法 小宮ほか)

による値に比して約10%低くなるようである(小宮)。そこで、表1の数値を10%高めに見積ることとする。

### I—(ii) 年齢別性別の基礎代謝量

表1の被験者集団は、福岡市周辺のごく普通の一般健康者であり、女性グループの人数が少いとしても、基礎代謝量の平均値は昭和50年改訂時の性別・年齢別基準値から大きく隔ってはいないと考えられる。但し当時の表示そのものがやや低いかも知れぬと述べられているので、今回の計算に当っては体重の指数からの推定式として示されたものを用いることとし、その場合の体重を昭和55年における年齢別推計基準値(前出解説, 17頁)によることとした。

$$\delta = 64.57 \cdot W^{0.776} \text{ kcal/日} \dots\dots\dots(1)$$

$$\eta = 58.43 \cdot W^{0.776} \text{ kcal/日} \dots\dots\dots(2)$$

### I—(iii) 身体成分別の代謝活性係数

ここでいう代謝活性係数は、体重1Kg当り1日の消費カロリー(kcal/Kg/日)の意味であり、以下AM, FMそれぞれの係数をAF, FFと記することにする。

例えば、男性20才台の場合については、%FAT 14.54%と体重62.5kgとから、

$$Y \equiv \text{基礎代謝量} \quad 1,598 \text{ (Kcal/日)}$$

$$X_1 \equiv \text{AM量} \quad 53.4 \text{ (Kg)}$$

$$X_2 \equiv \text{FM量} \quad 9.1 \text{ (Kg)}$$

とおくと、

$$Y = AF \cdot X_1 + FF \cdot X_2 \quad (3)$$

という関係式となる。

各年代ごとに男・女の連立方程式となるが、一括して重回帰分析法によりAF・FFを求めてみると、

$$AF = 28.02 \text{ (kcal/kg/日)}$$

$$FF = 13.07 \text{ ( " )}$$

但し、計算に際して体重0の場合は基礎代謝量もゼロ( $Y \equiv 0$ )とする。常数項は-1.468であった。

RISM研究では、VISITORの睡眠期間中の平均心拍数を基礎心拍数とみなし、重水法による%FAT量から個人の最低必要代謝量(基礎代謝に相当)を出すことにし、便宜上AF 28 kcal, FF 13 kcalとして概算することにしてしている。これにより身長・体重が同じでも身体組成が異なる場合の算定も可能ということになる。

## II 生活行動と消費エネルギー量

個人の基礎代謝量も恒常ではないが、実測も可能で変動幅は狭い。それに対して日常生活におけるエネルギー消費は、多年の労作であるRMRの表示と生活

時間調査によっても十分に把握し難いところがある。心拍記録による推定と既存の方式との対比が長嶺ら(昭57年3月)によって報告されているが、一般に心拍からの推定量がやや上廻るとされている。現代生活の形態が多様化し変容するにつれて、個人ごとのエネルギー所要量を求める方式も生活条件よりは個体から直接的な方が望ましい。

毎分100拍以上を必要とするような身体運動に於ては、負荷量と酸素消費量、心拍数の間にはよい相関が認められており、直線回帰の信頼性も高い。この性質を利用して最大酸素摂取量( $\dot{V}O_2\text{-max}$ )の間接的測定法も広く用いられ運動処方計算に役立っている。

従来から多くの研究者によって指摘されたところであるが、九大のRISM研究に於ても、24時間、48時間、60時間などの長時間心電記録のデータや、各様の生活形態における被験者の日常生活におけるデータには、100拍以上の心拍を示す時間は限られている。100拍以下の場合における直線回帰の一般化も試みられているが、多少の精度は犠牲にして指数回帰にもとづき心拍一エネルギー消費特性の表現を試みることにした。理由というものを列挙してみると、

- a) 個体の生存における基礎的な水準、基礎代謝と基礎心拍数(安静就床時の心拍)を起点とし、各段階の労作レベルまで連続的にその個体の特性を表現するものでありたい。(100拍以下にも通用するもの)
- b) 最大酸素摂取量は間接法によるとしても、相当な負荷量を必要とする。また推定に必要な最高心拍数は統計的な数値である。生理学的な最大心拍数は“Symptome limited”，即ち各個人の自覚的な努力限界における心拍数としてよいのではないか、つまり理論的な最大能力よりも各個人の能力の現状を知ること重点をおく。
- c) 生活処方としては、できるかぎり直感的で個人の実生活に即したエネルギー収支に基づく必要がある。体験的な生活の中から得られた直接的な測定値は自覚されやすいものである。
- d) エネルギー( $Y: \text{ml}O_2/\text{Kg}/\text{分}$ )と心拍数( $X: \text{拍}/\text{分}$ )の関係を素朴にまとめてみると

$$\frac{dY}{dX} = CY \quad (C \text{ は常数})$$

と表現することができる。

この微分方程式の解は、生理現象のモデルとしてはなじみ深いものである。つまるところ指数回帰の形であり、

$$Y=A*EXP(B*X)$$

となる。

### II- (i) 個人の心拍一エネルギー消費

昭和58年度特定研究の一環として実施された九大健康科学センターにおける RISM 研究の VISITOR 41名 (含, 女性3名), 年齢19才より77才, について, 3~5段階の運動負荷 (自転車エルゴメーター) における酸素消費量と心拍数を測定するとともに, 長時間心電図記録により臥床時間中の個人別心拍 (基礎心拍) と身体組成からエネルギーの最低消費量を求める。以上のデータから, 個別の指数回帰係数を計算することができる。

長時間心電図記録は解析装置を通して, フロッピーディスクに記憶されてゆく。データ処理のひとつとして, 個別の係数値をインプットしておくことにより心拍数と対応する一定時間ごとのエネルギー消費量が換算されることにより, 所定の生活行動中のエネルギー消費量を概算することが可能となる。摂取エネルギー量については, 滞在期間中のメニューにより算出するので, 一応のエネルギー収支を検討することが可能である。

個別に得られた回帰係数A, Bの範囲は,

	A	B	n=41
平均値	1.0732	0.0239	
SD	0.3588	0.0048	

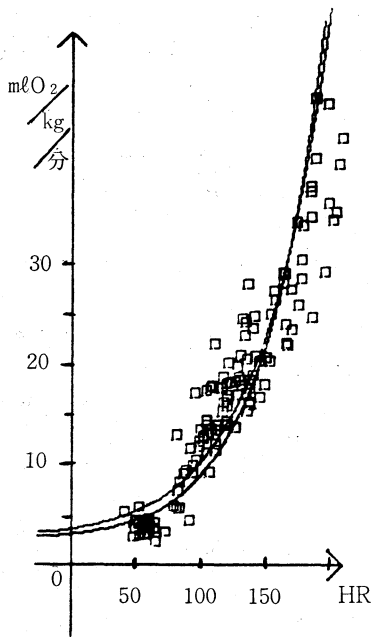


図1

という結果であり, 相関係数は常に0.9以上であった。

### II- (ii) エネルギー消費量の概算

個人別に計測することにより, 心拍記録に換算式を適用してエネルギー量の計算をするよりも, もう少し一般的に使える概算法もあってよいだろうということから, RISMの測定データのうち有病例を除いた30名について係数を求めてみた。(図1) この場合のA, Bと相関係数Rは次の通りである。

$$A=1.511$$

$$B=0.0204 \quad R=0.936$$

この30名のうち40才~54才までの男性については,

$$A=1.229 \quad B=0.023 \quad R=0.921$$

残りの若年層8名 (19才~23才) 測定値43例についてみると

$$A=1.141 \quad B=0.020 \quad R=0.958$$

であった。

図1の2本の指数曲線のうち下方の曲線は

$$Y=EXP(0.023*X)$$

のプロットで, 上方が

$$Y=1.115*EXP(0.0204*X)$$

のプロットである。心拍数50拍附近になるとエネルギー量 (酸素消費量  $\text{ml O}_2/\text{kg}/\text{min}$ ) が高目になり, 150拍以上になると誤差も大きくなるのであまりよいモデルといえぬかも知れないが, 日常の生活行動時の心拍範囲では大まかな見当づけが可能と考えられる。長時間心電図記録を使うとき, 100拍以下のところで, 心理的な心拍変動にも配慮する必要があるが, 実際の観察体験からみても純粋の心理的動揺による心拍変化の持続時間は短い。現在の消費量概算は1分間の平均心拍により毎分ステップ積算してゆくの, 瞬時心拍の影響は少ないと判断している。

### 結語

九大健康科学センターにおける RISM 研究の必要から現在使用しつつある個人別のエネルギー消費量の概算法について述べた。

(i) 基礎代謝に相当する消費量は, 身体組成の測定値と体重のデータにより, 活性組織の係数  $AF=28 \text{ kcal}/\text{Kg}/\text{日}$ , 脂肪組織の係数  $FF=13 \text{ kcal}/\text{Kg}/\text{日}$  として計算する。

(ii) 各様の生活行動中におけるエネルギー消費量は, 外的な生活条件ではなくその期間中の心拍記録データに基づき, 個人の心拍数一エネルギー消費 (酸素消費量) 特性により, 毎分ステップで積算してゆく。

(iii) より一般的な概算法としては、

$$Y = 1.511 * \text{EXP} (0.0203 * X)$$

(Y : mlO<sub>2</sub>/Kg/分 X : 心拍数)

の関係式により推定する。

以上の概算法は、今後いろいろな側面からの検討と、実際的なデータの集積が必要である。それにも拘

らず一応必要とみて試行しつつあるのは、一般健常者のみならず有病者についても、その個人の総合的な performance の測定と自己確認に有効な、簡便で判り易い指標の数値化が重要であると考えからであり、そのための試行の一環となるからである。