

II 各論

1 エネルギー・栄養素

1-1 エネルギー

1. 基本的事項

生体が外界から摂取するエネルギーは、生命機能の維持や身体活動に利用され、その多くは最終的に熱として身体から放出される。このため、エネルギー摂取量、消費量、及び身体への蓄積量はこれと等しい熱量として表示される。国際単位系におけるエネルギーの単位はジュール (J) であるが、栄養学ではカロリー (cal) が用いられることが多い。1 J は非常に小さい単位であるため、kJ (又は MJ)、kcal を用いることが実際的であり、ここでは後者を用いる。kcal から kJ への換算は FAO (国際連合食糧農業機関)/WHO (世界保健機関) 合同特別専門委員会報告¹⁾ に従い、 $1 \text{ kcal} = 4.184 \text{ kJ}$ とした。

エネルギー摂取量は、食品に含まれる脂質、たんぱく質、炭水化物のそれぞれについて、エネルギー換算係数（各成分 1 g 当たりの利用エネルギー量）を用いて算定したものの和である。一方、エネルギー消費量は、基礎代謝、食後の熱産生、身体活動の三つに分類される。身体活動はさらに、運動（体力向上を目的に意図的に行うもの）、日常の生活活動、自発的活動（姿勢の保持や筋トーネスの維持など）の三つに分けられる。

エネルギー収支バランスは、エネルギー摂取量 - エネルギー消費量として定義される（図 1）。成人においては、その結果が体重の変化と体格（body mass index : BMI）であり、エネルギー摂取量がエネルギー消費量を上回る状態（正のエネルギー収支バランス）が続ければ体重は増加し、逆に、エネルギー消費量がエネルギー摂取量を上回る状態（負のエネルギー収支バランス）では体重が減少する。したがって、短期的なエネルギー収支のアンバランスは体重の変化で評価可能である。一方、エネルギー収支のアンバランスは、長期的にはエネルギー摂取量、エネルギー消費量、体重が互いに連動して変化することで調整される。例えば、長期にわたって過食が続くと、体重増加やそれに伴う運動効率の変化でエネルギー消費量が増加し、体重増加は一定量で頭打ちとなり、エネルギー収支バランスがゼロになる新たな状態に移行する。多くの成人では、長期間にわたって体重・体組成は比較的一定でエネルギー収支バランスがほぼゼロに保たれた状態にある。肥満者や低栄養の者でも、体重、体組成に変化がなければエネルギー摂取量とエネルギー消費量は等しい。したがって、健康の保持・増進、生活習慣病予防の観点からは、エネルギー摂取量が必要量を過不足なく充足するだけでは不十分であり、望ましい BMI を維持するエネルギー摂取量（= エネルギー消費量）であることが重要である。そのため今回は、エネルギーの摂取量及び消費量のバランスの維持を示す指標として BMI を採用する。

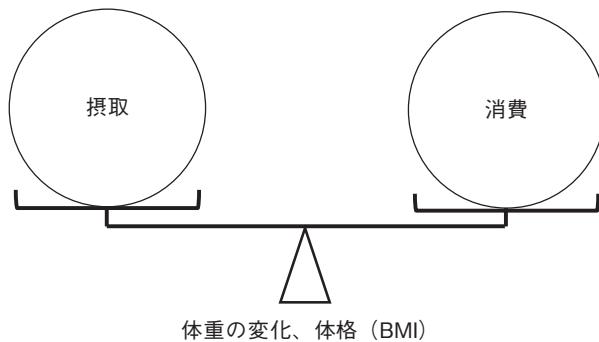


図1 エネルギー収支バランスの基本概念

エネルギー摂取量とエネルギー消費量が等しいとき、体重の変化はなく、健康的な体格（BMI）が保たれる。エネルギー摂取量がエネルギー消費量を上回ると体重は増加し、肥満につながる。エネルギー消費量がエネルギー摂取量を上回ると体重は減少し、やせにつながる。

2. エネルギーの摂取と消費

2-1. エネルギーの摂取及び消費に関わる要因

エネルギー摂取量は、種々の因子によって影響を受ける。食事の栄養組成（エネルギー密度^{2,3)}、脂肪のエネルギー比率^{4,5)}、たんぱく質⁶⁾、食物繊維⁷⁾の量）やその他の特性^{8,9)}（味、色、テクスチャー、美味しさ）、また、摂食パターン（ポーションサイズ¹⁰⁾、摂食速度¹¹⁾、食事の時間帯¹²⁾、食品数^{8,13)}）は相互に関連して摂食量に影響する。

こうした食品の選択や食事パターンは、現代社会では種々の外的・社会的要因（食品入手の利便性¹⁴⁾、スナック摂取¹⁵⁾、会食¹³⁾、TV 視聴¹⁶⁾、TV の食品広告¹⁷⁾、食品の価格¹⁸⁾など）に影響され、また、個人の意図的な摂食量のコントロールだけでなく、ストレス¹⁹⁾などの内的・主観的要因も関係する。

体内の空腹感-満腹感調節機構^{20,21)}では、食事摂取に伴い体内の消化管や臍由来の種々の食欲関連ホルモン、迷走神経を介した肝臓からの満腹感シグナルが視床下部に伝達される。また、種々の外的・内的要因も皮質を介して、視床下部に伝達され最終的に摂食量がコントロールされる。また、これらとは別に、脂肪細胞から分泌されるホルモンも視床下部に作用し、体脂肪量を一定に保つように摂食量を調整する（lipostat theory）²²⁾。さらに、睡眠不足²³⁾、身体活動^{24,25)}、性別²⁶⁾、月経周期²⁷⁾、遺伝²⁸⁾なども摂食量に影響する。これらのエネルギー摂取量に影響を与える要因を図にまとめた（図2）。

一方、エネルギー消費量は、意図的に変化させられる部分（運動、生活活動）と生物学的に規定される部分（基礎代謝、食後の熱産生、自発的活動）からなる。運動、生活活動のエネルギー消費は体重、肥満度に規定される。基礎代謝は、体重・体組成、年齢、性などで規定され、エネルギー収支の影響も受ける。食後の熱産生は、エネルギー摂取量の約10%の熱量に相当し、たんぱく質²⁹⁾などの食事の栄養組成の影響も受ける。生活活動、自発的活動を合わせた部分を NEAT（non-exercise activity thermogenesis）と呼ぶ。NEATはエネルギー収支^{30,31)}や肥満度³²⁾の影響を受ける。

このように、エネルギー摂取量とエネルギー消費量は、個人の生物学的要因や外的要因で規定される部分と、意図的にコントロールできる部分を有し、また、相互に関連し合っている。健康の保持・増進、生活習慣病の予防を目指してエネルギー摂取量を計画的に管理するに当たっては、これ

らの因子の影響をよく理解し、エネルギー摂取量のコントロールを容易にするよう配慮することが望ましい。

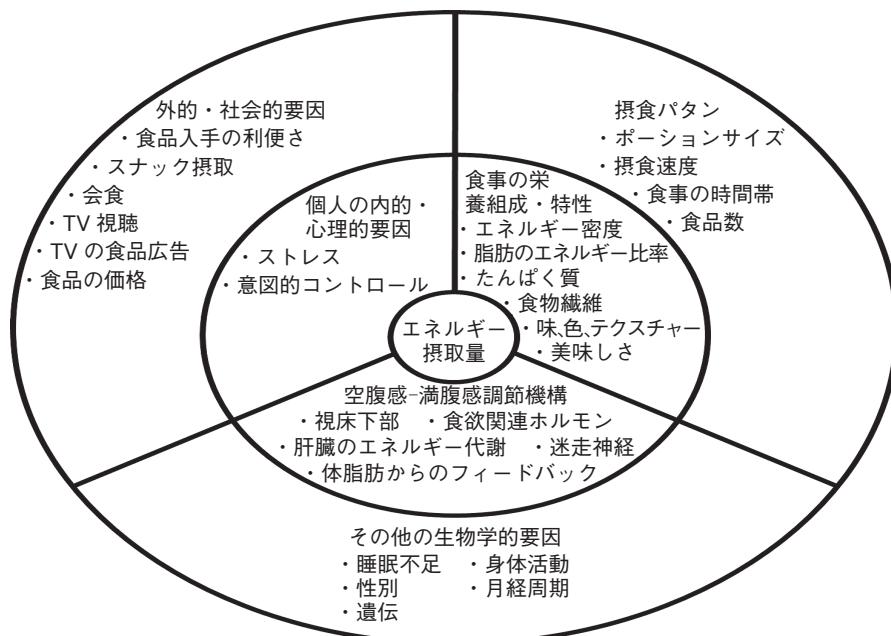


図2 エネルギー摂取量に影響を与える要因（例）

2-2. エネルギー摂取量・エネルギー消費量・エネルギー必要量の推定の関係

エネルギー必要量を推定するためには、体重が一定の条件下で、その摂取量を推定する方法とその消費量を測定する方法の二つに大別される。前者には各種の食事アセスメント法があり、後者には二重標識水法と基礎代謝量並びに身体活動レベル (physical activity level : PAL) の測定値に性、年齢、身長、体重を用いてエネルギー消費量を推定する方法がある。二重標識水法ではエネルギー消費量が直接測定される。後述するように、食事アセスメント法はいずれの方法を用いてもエネルギー摂取量に関しては測定誤差が大きく、そのために、エネルギー摂取量を測定してもそこからエネルギー必要量を推定するのは極めて困難である。そこで、エネルギー必要量の推定には、エネルギー摂取量ではなく、エネルギー消費量から接近する方法が広く用いられている（図3）。特に、二重標識水法は2週間程度の（ある程度習慣的な）エネルギー消費量を直接に測定でき、その測定精度も高いため、エネルギー必要量を推定するための有用な基本情報を提供してくれる³³⁾。これに身体活動レベルを考慮すれば、性・年齢階級・身体活動レベル別にエネルギー必要量が推定できる。しかしながら、後述するように、これらによって推定できないが無視できない量の個人間差がエネルギー必要量には存在する³⁴⁾。そのために、基礎代謝量と身体活動レベル等を用いる推定式も含めて、二重標識水法で得られたエネルギー消費量に身体活動レベルを考慮して推定されたエネルギー必要量でも、個人レベルのエネルギー必要量を推定するのは困難であると考えられている³⁵⁾。なお、エネルギー摂取量の測定とエネルギー消費量の測定は、全く異なる測定方法を用いるため、それぞれ固有の測定誤差を持つ。したがって、測定されたエネルギー摂取量と測定されたエネルギー消費量を比較する意味は乏しい。

それに対して、エネルギー収支の結果は体重の変化や BMI として現れることを考えると、体重の変化や BMI を把握すれば、エネルギー収支の概要を知ることができる。しかしながら、体重の変化も BMI もエネルギー収支の結果を示すものの一つであり、エネルギー必要量を示すものではないことに留意すべきである。

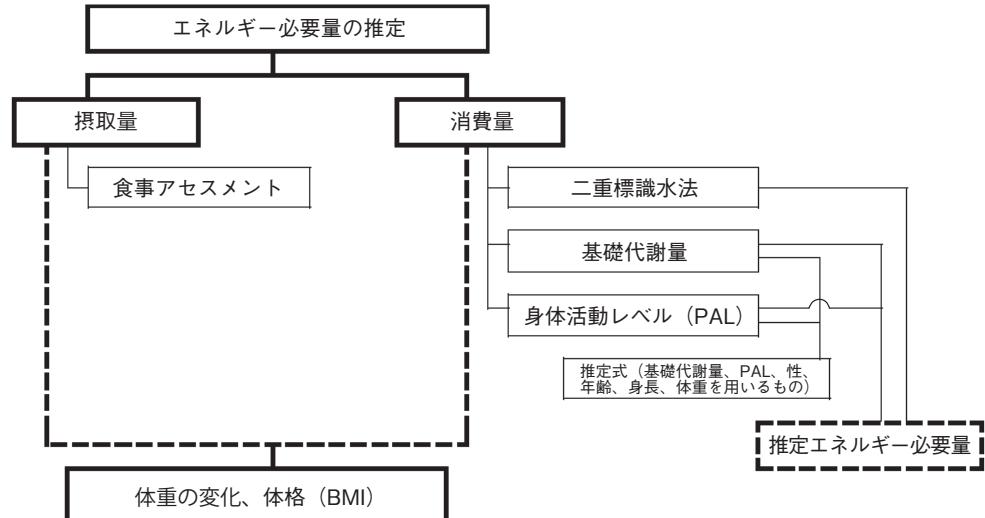


図3 エネルギー必要量を推定するための測定法と体重変化、体格（BMI）、推定エネルギー必要量との関連

3. 体重管理

3-1. 体重管理の基本的な考え方

身体活動量が不変であれば、エネルギー摂取量の管理は体格の管理とほぼ同等である。したがって、後述する推定エネルギー必要量ではなく、また、何らかの推定式を用いて推定したエネルギー必要量でもなく、さらに、エネルギー摂取量や供給量を測るのではなく、体格を測り、その結果に基づいて変化させるべきエネルギー摂取量や供給量を算出し、エネルギー摂取量や供給量を変化させることが望ましい。そのためには望ましい体格をあらかじめ定めなくてはならない。

成人期以後には大きな身長の変化はないため、体格の管理は主として体重の管理となる。身長の違いも考慮して体重の管理を行えるように、成人では体格指数、主として BMI を用いる。本来は、脂肪か脂肪以外の体組織（主として筋肉）かの別、脂肪は皮下脂肪か内臓脂肪かの別なども考慮しなくてはならない。そのための一つに腹囲の測定（計測）がある。例えば、糖尿病並びに循環器疾患の発症率や循環器疾患並びに総死亡率との関連は、BMI よりも腹囲や腹囲・身長比の方が強いという報告がある^{36,37)}。しかし、研究成果の蓄積の豊富さ並びに最も基本的な体格指数という観点から、ここでは体重又は BMI に関する記述に留める。糖尿病や循環器疾患の発症予防や重症化予防は腹囲も考慮して行うことが勧められる。

乳児・小児では該当する性・年齢階級の日本人の身長・体重の分布曲線（成長曲線）を用いる。

高い身体活動は肥満の予防や改善の有用な方法の一つであり³⁸⁾、不健康な体重増加を予防するには身体活動レベルを 1.7 以上とすることが推奨されている³⁹⁾。また、高い身体活動は体重とは独立に総死亡率の低下に関連することも明らかにされている^{40,41)}。体重増加に伴う生活習慣病の発

症予防、重症化予防の観点からは、身体活動レベルⅠ（低い）は望ましい状態とは言えず、身体活動量を増加させることでエネルギー収支のバランスを図る必要がある。

3-2. 発症予防

3-2-1. 基本的な考え方

健康的な体重（以下、成人では BMI を用いる）を考えるためには何をもって健康と考えるかをあらかじめ定義して、それへの BMI の影響を検討しなくてはならない。ここでは、死因を問わない死亡率（総死亡率）が最低になる BMI をもって最も健康的であると考えることとした。その他には、ある一時点に有する疾患や健康障害の数（有病数又は有病率）が最も少ない BMI をもって最も健康的であるとする考え方もあり得る。しかし、有病率が高い疾患や健康障害で必ずしも死亡率が高いわけではない。そのため、両者は必ずしも一致しないために注意を要する。

また、総死亡率は乳児や小児に用いるのは適切ではない。同時に、妊娠時の体重管理に用いるのも適切ではない。

3-2-2. 総死亡率を指標とする方法

35~89 歳を対象とした欧米諸国で実施された 57 のコホート研究（総対象者数は 894,576 人）のデータを用いて追跡開始時の BMI とその後の総死亡率との関連についてまとめたメタ・アナリシスによると、年齢調整後で、男女共に $22.5\sim25.0 \text{ kg/m}^2$ の群で最も低い総死亡率を認めた⁴²⁾。ただし、喫煙による体重減少と死亡率の上昇の影響を除くために非喫煙者のみを用いた解析ではこれよりやや低めの値を示す研究もある⁴³⁾。欧米諸国における研究だけでなく、我が国で得られた結果や近隣東アジア諸国で得られた結果を参考する必要がある。健康者を中心とした日本の代表的な 2 つのコホート研究並びに 7 つのコホート研究のプール解析における追跡開始時の BMI (kg/m^2) とその後の総死亡率との関連を図 4 に示す^{44~46)}。また、近隣東アジア諸国からの代表的な報告を図 5 にまとめた^{47~49)}。

図 4 並びに図 5 の中で、対象（追跡開始時）年齢が 65~79 歳であった集団に限って解析した JACC Study だけで、BMI が高いほど総死亡率が低い傾向が認められている。このように、BMI と総死亡率の関連は年齢によって異なり、追跡開始年齢が高くなるほど総死亡率を最低にする BMI は男女共に高くなる傾向がある。図 5 に示した韓国の研究でも、65 歳以上の群を分けたサブ解析では BMI が 30.0 kg/m^2 を超えても総死亡率に明確な増加は観察されていない⁴⁹⁾。また、追跡開始時の年齢階級別に総死亡率を最低にする BMI を検討したわが国での研究によると、男女それぞれ 40~49 歳で 23.6 と 21.6 kg/m^2 、50~59 歳で 23.4 と 21.6 kg/m^2 、60~69 歳で 25.1 と 22.8 kg/m^2 、70~79 歳で 25.5 と 24.1 kg/m^2 であった⁵⁰⁾。さらに、アメリカ人白人を対象とした 19 のコホート研究（合計 146 万人）のデータをまとめたプール解析の結果（生涯非喫煙者の結果）は図 6 のとおりであり、 $22.5\sim24.9 \text{ kg/m}^2$ を基準としたハザード比が例えば ± 0.1 未満を示した BMI は、20~49 歳では $18.5\sim24.9 \text{ kg/m}^2$ 、50~59 歳では $20.0\sim24.9 \text{ kg/m}^2$ 、60~69 歳と 70~84 歳では $20.0\sim27.4 \text{ kg/m}^2$ であった⁴³⁾。ところでこの種の研究では、ベースライン調査時に潜在的な疾患や健康障害が存在していたために既に体重減少を来していた対象者の存在を否定できず、これはある種の「因果の逆転」となり得る。そのため、真の関連よりもやや高めの BMI において総死亡率が最低となる現象が観察されている可能性を否定できない。その存在又はそれが結果に及ぼす影響を疑問視する考え方もあり、結論はまだ得られていない^{51, 52)}。

ところで、BMI の値にかかわらず、5 年間に 5 kg 以上の体重の増減（増加であっても減少であっても）が総死亡率の増加に関連していたとの報告もある⁵³⁾。ただし、体重の増減は意図したものか意図しないものかによってもその健康影響が異なることも考えられる。肥満者が意図して体重を落とした群の総死亡率は体重が変化しなかった群のそれに比べて有意に低かったとする報告⁵⁴⁾がある一方で、意図した体重減少による総死亡率の減少は必ずしも明らかでないとしたメタ・アナリシスもあり⁵⁵⁾、これについても結論はまだ得られていない。

また、死因別に BMI との関連を観察した研究によると、循環器疾患、特に心疾患の死亡率が最低を示す BMI は総死亡率が最低となる BMI よりも低めであり、逆に、その他の疾患、特に呼吸器疾患の死亡率が最低を示す BMI は高めである^{42, 44, 46)}。我が国の 7 つのコホート研究のプール解析の結果を一例として図 7 に示す。さらに、発症率との関連を観察した研究によると、例えば、糖尿病の発症率は BMI が低いほど低く^{56, 57)}、その関連は総死亡率で認められる関連とは大きく異なる。

このように、観察疫学研究において報告された総死亡率が最も低かった BMI の範囲をまとめると表 1 のようになる。

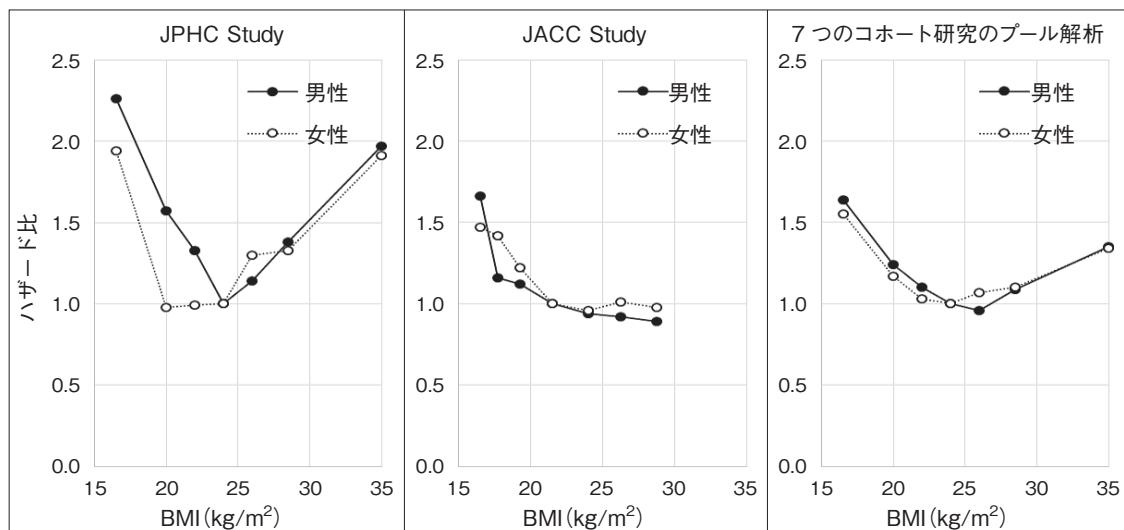


図 4 健康者を中心とした日本の代表的な 2 つのコホート研究並びに 7 つのコホート研究のプール解析における、追跡開始時の BMI (kg/m²) とその後の総死亡率との関連⁴⁴⁻⁴⁶⁾

BMI の範囲の中間値をその群の BMI の代表値として結果を示した。BMI の最小群又は最大群で最小値又は最大値が報告されていなかった場合はその群の結果は示さなかった。

JPHC Study : BMI = 23.0～24.9 kg/m² の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢 = 40～59 歳、平均追跡年数 = 10 年、対象者数（解析者数） = 男性 19,500 人、女性 21,315 人、死亡者数（解析者数） = 男性 943 人、女性 483 人、調整済み変数 = 地域、年齢、20 歳後の体重の変化、飲酒、余暇での身体活動、教育歴。

JACC Study : BMI = 20.0～22.9 kg/m² の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢 = 65～79 歳、平均追跡年数 = 11.2 年、対象者数（解析者数） = 男性 11,230 人、女性 15,517 人、死亡者数（解析者数） = 男性 5,292 人、女性 3,964 人、調整済み変数 = 喫煙、飲酒、身体活動、睡眠時間、ストレス、教育歴、婚姻状態、緑色野菜摂取、脳卒中の既往、心筋梗塞の既往、がんの既往。

7 つのコホート研究のプール解析 : BMI = 23.0～24.9 kg/m² の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢 = 40～103 歳、平均追跡年数 = 12.5 年、対象者数（解析者数） = 男性 162,092 人、女性 191,330 人、死亡者数（解析者数） = 男性 25,944 人、女性 16,036 人、調整済み変数 = 年齢、喫煙、飲酒、高血圧歴、余暇活動又は身体活動、その他（それぞれのコホート研究によって異なる）。備考 = 追跡開始後 5 年未満における死亡を除外した解析。

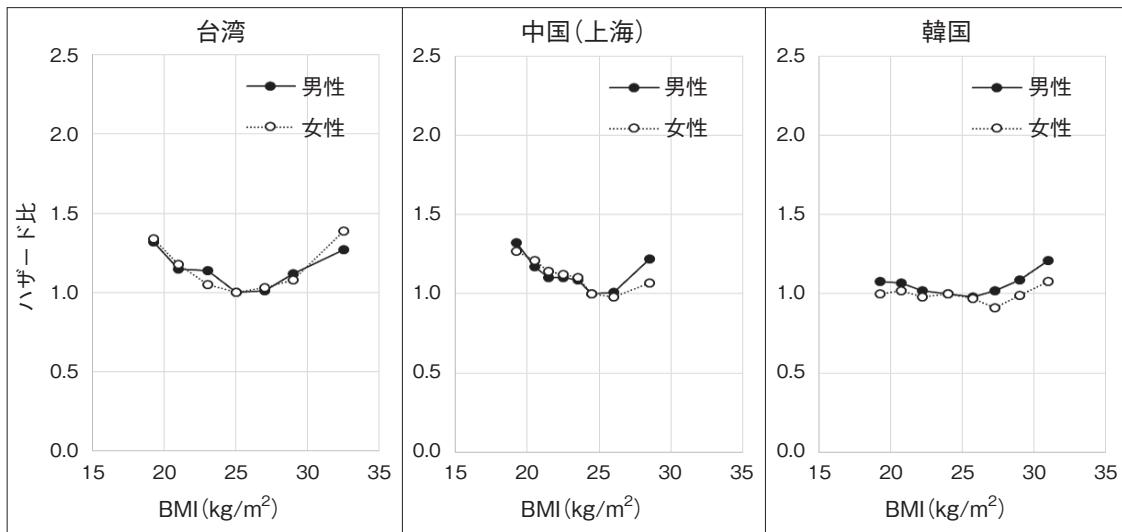


図5 健康者を中心とした東アジアの代表的な3つのコホート研究における、追跡開始時のBMI (kg/m^2) とその後の総死亡率との関連⁴⁷⁻⁴⁹⁾

BMIの範囲の中間値をその群のBMIの代表値として結果を示した。BMIの最小群又は最大群で最小値又は最大値が報告されていなかった場合はその群の結果は示さなかった。

台湾：BMI=24.0～25.9 kg/m^2 の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢=20歳以上、平均追跡年数=10年、対象者数（解析者数）=男性 58,738人、女性 65,718人、死亡者数（解析者数）=男性 3,947人、女性 1,549人、調整済み変数=年齢、飲酒、身体活動レベル、教育歴、喫煙、収入、ペテルナツの使用。

中国（上海）：BMI=24.0～24.9 kg/m^2 の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢=40歳以上、平均追跡年数=8.3年、対象者数（解析者数）=男女合計 158,666人、死亡者数（解析者数）=男性 10,047人、女性 7,640人、調整済み変数=年齢、喫煙、飲酒、身体活動、居住地域、居住地の都市化。

韓国：BMI=23.0～24.9 kg/m^2 の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢=30～95歳、平均追跡年数=12年、対象者数（解析者数）=男性 770,556人、女性 443,273人、死亡者数（解析者数）=男性 58,312人、女性 24,060人、調整済み変数=年齢、喫煙、飲酒、運動への参加、空腹時血糖、収縮期血圧、血清コレステロール。

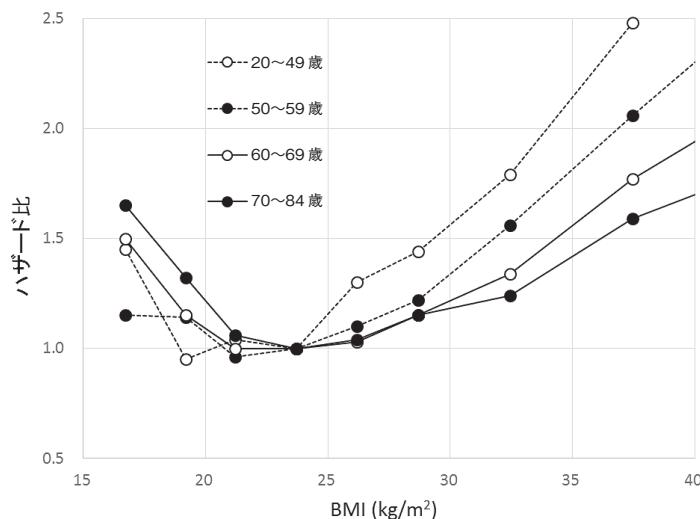


図6 アメリカ人白人を対象とした19のコホート研究（合計146万人）のデータをまとめたプール解析における年齢階級（歳）別にみたハザード比：生涯非喫煙者を対象とした解析⁴³⁾

BMIの範囲の中間値をその群のBMIの代表値として結果を示した。

BMI=22.5～24.9 kg/m^2 の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢=19～84歳（中央値は58歳）、平均追跡年数=10年（範囲は5～28年）。調整済み変数=性、アルコール摂取量、教育レベル、婚姻状態、身体活動量。

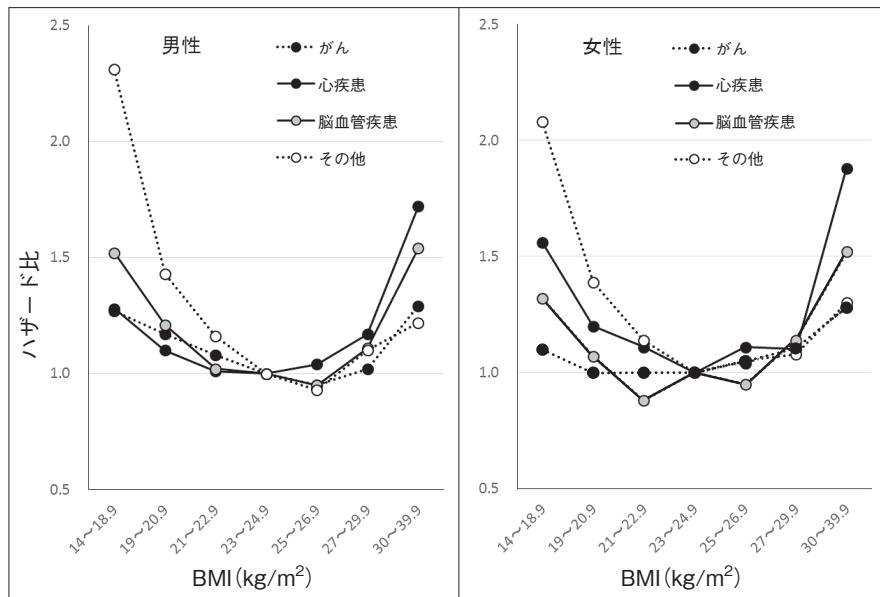


図7 主要死因別にみた BMI (kg/m^2) と死亡率の関連：BMI が 23.0～24.9 の群に比べたハザード比：我が国における 7 つのコホート研究のプール解析⁴⁶⁾

BMI = 23.0～24.9 kg/m^2 の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢 = 40～103 歳、平均追跡年数 = 12.5 年、対象者数（解析者数） = 男性 162,092 人、女性 191,330 人、死者数（解析者数） = 男性 25,944 人、女性 16,036 人、調整済み変数 = 年齢、喫煙、飲酒、高血圧歴、余暇活動又は身体活動、その他（それぞれのコホート研究によって異なる）。備考 = 追跡開始後 5 年未満における死亡を除外した解析。

表1 観察疫学研究において報告された総死亡率が最も低かった BMI の範囲（18 歳以上）¹

年齢（歳）	総死亡率が最も低かった BMI (kg/m^2)
18～49	18.5～24.9
50～69	20.0～24.9
70 以上	22.5～27.4

¹ 男女共通。

しかし、表2に示すように、日本人のBMIの実態から、総死亡率が最も低かったBMIの範囲について、範囲を下回る人、範囲内の人、範囲を上回る人の割合をみると、それぞれ、18～49歳で、10.1%、68.4%、21.5%、50～69歳で、15.8%、56.5%、27.7%、70歳以上で、45.0%、45.5%、9.5%と、70歳以上で実態との乖離が見られる。

表2 性・年齢階級別BMIの分布

年齢(歳)		BMIの分布状況(%)					
18～49	BMIの範囲	18.5未満	18.5～19.9	20.0～22.4	22.5～24.9	25.0～27.4	27.5以上
	総数	10.1	17.3	29.8	21.3	11.6	9.8
		10.1 ^{1,2}		68.4 ^{1,2}		21.5 ^{1,2}	
男性	4.7	11.2	16.2	11.4	26.9	15.7	14.0
	4.7 ^{1,2}		65.7 ^{1,2}			29.7 ^{1,2}	
女性	14.7	22.5	20.7	11.0	16.6	8.1	6.4
	14.7 ^{1,2}		70.8 ^{1,2}			14.5 ^{1,2}	
50～69		18.5未満	18.5～19.9	20.0～22.4	22.5～24.9	25.0～27.4	27.5以上
50～69	総数	5.7	10.1	28.0	28.5	17.3	10.3
		15.8 ^{1,2}		56.5 ^{1,2}		27.7 ^{1,2}	
	男性	2.9	7.2	12.2	12.7	32.3	11.0
70以上	10.1 ^{1,2}		57.2 ^{1,2}			32.7 ^{1,2}	
	女性	8.1	12.5	18.0	12.6	25.4	9.8
		20.6 ^{1,2}		56.0 ^{1,2}		23.5 ^{1,2}	
70以上		18.5未満	18.5～19.9	20.0～21.5	21.5～22.4	22.5～24.9	25.0～27.4
70以上	総数	8.7	9.9	14.4	12.0	28.6	16.9
		45.0 ¹		45.5 ¹		9.5 ¹	
	女性	33.0 ²		40.6 ²		26.4 ²	
70以上	男性	7.2	8.9	13.4	11.8	31.9	8.6
		41.3 ¹		50.2 ¹		8.6 ¹	
	女性	29.5 ²		43.7 ²		26.9 ²	
70以上	女性	9.9	10.7	15.2	12.2	26.0	10.2
		48.0 ¹		41.9 ¹		10.2 ¹	
	女性	35.8 ²		38.2 ²		26.1 ²	

平成22年、23年国民健康・栄養調査結果から算出。

¹ 表1の観察疫学研究において報告された総死亡率が最も低かったBMIに対応した割合。

² 表3の目標とするBMIに対応した割合。

3-2-3. 目標とする BMI の範囲

観察疫学研究の結果から得られた総死亡率、疾患別の発症率と BMI との関連、死因と BMI との関連、さらに、日本人の BMI の実態に配慮し、総合的に判断した結果、当面目標とする BMI の範囲を表3のとおりとした。特に 70 歳以上では、総死亡率が最も低かった BMI と実態との乖離が見られるため、虚弱の予防及び生活習慣病の予防の両者に配慮する必要があることも踏まえ、当面目標とする BMI の範囲を $21.5\sim24.9 \text{ kg/m}^2$ とした。しかしながら、総死亡率に関与する要因（生活習慣を含む環境要因、遺伝要因など）は数多く、体重管理において BMI だけを厳格に管理する意味は乏しい。さらに、高い身体活動は肥満の予防や改善の有用な方法の一つであり³⁸⁾、かつ、高い身体活動は体重とは独立に総死亡率の低下に関連することも明らかにされている^{40, 41)}。したがって、あくまでも、BMI は、健康を維持し、生活習慣病の発症予防を行うための要素の一つとして扱うに留めるべきである。特に、70 歳以上では、介護予防の観点から、脳卒中を始めとする疾病予防と共に、低栄養との関連が深い高齢による虚弱を回避することが重要であるが、様々な要因がその背景に存在することから、個々人の特性を十分に踏まえた対応が望まれる。

例えば、後述する基礎代謝基準値並びに参照身長を用い、身体活動レベルをふつう（Ⅱ）としてエネルギー必要量を計算すると、18～29 歳、30～49 歳、50～69 歳、70 歳以上でそれぞれ、男性で $2,300\sim3,000$ 、 $2,100\sim2,800$ 、 $2,100\sim2,600$ 、 $2,000\sim2,400 \text{ kcal/日}$ 、女性で $1,800\sim2,400$ 、 $1,800\sim2,400$ 、 $1,700\sim2,100$ 、 $1,700\sim1,900 \text{ kcal/日}$ となり、幅があることが分かる。さらに、同じ BMI 又は体重でも、エネルギー必要量には無視できない個人差が存在することに注意すべきである。

表3 目標とする BMI の範囲（18 歳以上）^{1, 2}

年齢（歳）	目標とする BMI（kg/m ² ）
18～49	18.5～24.9
50～69	20.0～24.9
70 以上	21.5～24.9 ³

¹ 男女共通。あくまでも参考として使用すべきである。

² 観察疫学研究において報告された総死亡率が最も低かった BMI を基に、疾患別の発症率と BMI との関連、死因と BMI との関連、日本人の BMI の実態に配慮し、総合的に判断し目標とする範囲を設定。

³ 70 歳以上では、総死亡率が最も低かった BMI と実態との乖離が見られるため、虚弱の予防及び生活習慣病の予防の両者に配慮する必要があることも踏まえ、当面目標とする BMI の範囲を $21.5\sim24.9 \text{ kg/m}^2$ とした。

3-3. 重症化予防

3-3-1. 発症予防との違い

既に何らかの疾患を有する場合は、その疾患の重症化予防を他の疾患の発症予防よりも優先させる必要がある場合が多い。この場合は、望ましい体重の考え方もその値も優先させるべき疾患によって異なる。

3-3-2. 食事アセスメントの過小評価を考慮した対応の必要性

前述（『I 総論、4 活用に関する基本的事項』の4-2を参照）のように、種々の食事アセスメントは、日間変動による偶然誤差の他、系統誤差として過小申告の影響を受け、集団レベルでは実際のエネルギー摂取量を過小評価するのが一般である。食事指導においても、指導を受ける者に同等の過小評価が生じている可能性を考慮した対応が必要である。

3-3-3. 減量や肥満のは正への考え方

高血圧、高血糖、脂質異常の改善・重症化予防に、減量や肥満のは正が推奨されている。必要な減量の程度は高血圧では4kgと指摘されており^{58, 59)}、これは対象集団の平均体重が80～92kgなので約5%の減量に相当する。血压正常高値を対象にした減量による高血圧予防効果を検討した総説でも、5～10%の減量が有効と結論している⁶⁰⁾。内臓脂肪の減少と血糖（糖尿病患者を除く）、インスリン感受性、脂質指標、血压の改善の関係を見ると、指標の有意な改善を認めた研究の内臓脂肪の減少率は平均22～28%、体重減少率で7～10%に相当する⁶¹⁾。肥満者ではこの程度の軽度の減量を達成し、維持することが重症化予防の観点で望ましい。

ところで、糖尿病患者の基礎代謝量は、体組成で補正した場合、健康人に比べて差がないか5～7%程度高いとする報告が多い⁶²⁻⁶⁹⁾。保健指導レベルの高血糖の者では基礎代謝量の増加はこれより少ないと報告されており⁷⁰⁾、保健指導レベルの高血糖（空腹時血糖：100～125mg/dL）では、耐糖能正常者と大きな差はないと考えられる。糖尿病患者と耐糖能正常者の間でPAL及び総エネルギー消費量に差を認めていない^{62, 64)}。したがって、保健指導レベルの高血糖では、PAL、総エネルギー消費量共に健康人とほぼ同じと考えて体重管理に当たってもよいものと考えられる。

3-3-4. エネルギー摂取制限と体重減少（減量）との関係

エネルギー収支が保たれ体重が維持された状態にある多人数の集団で、二重標識水法によるエネルギー消費量と体重の関係を求めた検討によれば、両者の間に次の式が成り立っていた⁷¹⁾。

$$\ln (W) = 0.712 \times \ln (E) + 0.005 \times H + 0.004 \times A + 0.074 \times S - 3.431$$

ここで、 \ln ：自然対数、 E ：エネルギー消費量（kJ/日）＝エネルギー摂取量（kJ/日）、 H ：身長（cm）、 A ：年齢（歳）、 S ：性（男性=0、女性=1）。

ここで、両辺の指數を取り、同じ身長、同じ年齢、同じ性別の集団を考えれば、身長、年齢、性別の項は両辺から消去されることによってこの影響はなくなる。個人が異なるエネルギー摂取量を変化させた場合にも理論的にはこの式が適用できると考えられる。この式から次の式が得られる。

$$\Delta W = 0.712 \times \Delta E$$

ここで、 ΔW ：体重（kg）の変化を初期値からの変化の割合で表現したもの（%）、 ΔE ：エネルギー消費量（kJ/日）の変化を初期値からの変化の割合で表現したもの（%）。

例えば、エネルギー消費量（＝エネルギー摂取量）を10%減少させた場合に期待される体重の

減少はおよそ 7% となる。

【計算例】体重が 76.6 kg、エネルギー消費量＝エネルギー摂取量＝2,662 kcal/日の個人がいたとする（これは上記の論文の対象者の平均体重並びに平均エネルギー消費量である⁷¹⁾）。この個人が 100 kcal/日だけエネルギー摂取量を減らしたとする。

$$\text{エネルギー摂取量の変化 (減少) 率} = 100/2,662 \approx 3.76\%$$

$$\text{期待される体重変化 (減少) 率} = 3.76 \times 0.7 \approx 2.63\%$$

$$\text{期待される体重変化 (減少) 量} = 76.6 \times (2.63/100) \approx 2.01 \text{ kg}$$

ところで、エネルギー消費量には成人男性でおよそ 200 kcal/日の個人差が存在すると報告されている³⁴⁾。かつ、個人のエネルギー消費量を正確に測定することは極めて難しい。そこで、エネルギー消費量が仮に 2,462～2,862 kcal/日の範囲にあるだろうと推定し、期待される体重変化（減少）量を計算すると、1.87～2.18 kg となる。逆に、期待される体重変化（減少）量を 2 kg にするためには、エネルギー摂取量の変化（減少）が 92～107 kcal/日であることになる。

なお、脂肪細胞 1 g が 7 kcal を有すると仮定すれば、100 kcal/日のエネルギー摂取量の減少は 14.3 g/日の体重減少、つまり、5.21 kg/年の体重減少が期待できるが、上記のようにそうはならない。これは、主として、体重の減少に伴ってエネルギー消費量も減少するためであると考えられる。体重の変化（減少）は徐々に起こるため、それに呼応してエネルギー消費量も徐々に減少する。そのため、時間経過に対する体重の減少率は徐々に緩徐になり、やがて、体重は減少しなくなる。この様子は理論的には図 8 のようになると考えられる。

しかし、現実的には次のような二つの点に留意が必要である。一つ目は 5 kg の体重減を目指して減量を試みても実際には 2 kg しか減らないこと、二つ目は体重減少率が徐々に緩やかになっていくためにたとえ 2 kg の減量でもそれに達するまでに長期間を要することである。さらに、現実的にはその他の種々の要因の影響を受けて計画どおりには減量できないことが多い。そのために一定期間ごとに体重測定を繰り返し、その都度、減少させるべきエネルギー量を設定し直すことが勧められる。その期間は個別に種々の状況を考慮し、柔軟に考えられるべきであるが、体重減少を試みた介入試験のメタ・アナリシスによると、介入期間の平均値はおよそ 4 か月間であった⁷²⁾。また、図 8 から分かるように、4 か月間で最終的に得られる減量（2 kg）の半分強（1 kg 強）が達成される。どの程度の期間ごとに体重測定を行って減量計画を修正してゆくかを決めるに当たり、以上のことことが参考になるかもしれない。

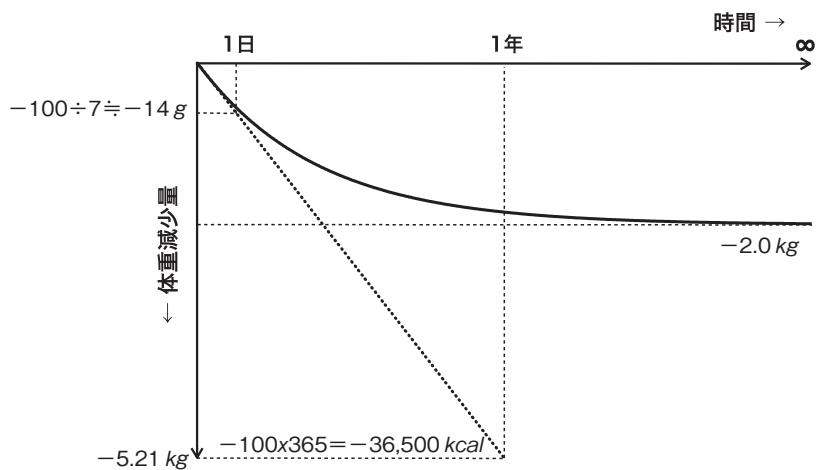


図8 エネルギー摂取量を減少させたときの体重の変化（理論計算結果）

体重が 76.6 kg、エネルギー消費量＝エネルギー摂取量＝2,662 kcal/日の個人がいたとする（これは上記の論文の対象者の平均体重並びに平均エネルギー消費量である⁷¹⁾）。この個人が 100 kcal/日のエネルギー摂取量を減らしたとすると、次のような変化が期待される。

$$\text{エネルギー摂取量の変化（減少）率} = 100/2,662 \approx 3.76\%$$

$$\text{体重変化（減少）率} = 3.76 \times 0.7 \approx 2.63\%$$

$$\text{体重変化（減少）量} = 76.6 \times (2.63/100) \approx 2.01 \text{ kg} \cdots \text{この点は settling point と呼ばれる。}$$

脂肪細胞 1 g がおよそ 7 kcal を有すると仮定すれば、単純には、100 kcal/日のエネルギー摂取量の減少は 14.3 g/日の体重減少、つまり、5.21 kg/年の体重減少が期待できる。しかし、体重の変化（減少）に呼応してエネルギー消費量も徐々に減少するため、時間経過に対する体重の減少率は徐々に緩徐になり、やがて、ある点（settling point）において体重は減少しなくなり、そのまま維持される。

3-4. 特別の配慮を必要とする集団

乳児・小児、妊婦または授乳婦、既に何らかの疾患有しておりその重症化予防が求められる人では、それぞれ特有の配慮が必要となる。

3-4-1. 乳児・小児

乳児・小児では成長曲線に照らして成長の程度を確認する。成長曲線は集団の代表値であって、必ずしも健康か否か並びにその程度を考慮したものではない。しかし、現時点では成長曲線を参照し、成長の程度を確認し、判断するのが最も適当と考えられる。

成長曲線は、一時点における成長の程度（肥満・やせ）を判別するためよりも、一定期間における成長の方向（成長曲線に並行して成長しているか、どちらかに向かって遠ざかっているか、成長曲線に向かって近づいているか）を確認し、成長の方向を判断するために用いるのに適している。

3-4-2. 妊婦

妊婦の体重は妊娠中にどの程度増加するのが最も望ましいかについては数多くの議論がある。それは、望ましいとする指標によっても異なる。詳しくは、『参考資料 1、1 妊婦・授乳婦、2-3. 妊娠期の適正体重増加量』を参照のこと。

4. 今後の課題

エネルギーについて、健康の保持・増進、生活習慣病の予防の観点から、エネルギーの摂取量及び消費量のバランスの維持を示す指標として、今回は BMI を採用したが、目標とする BMI の設定方法については、引き続き検証が必要である。また、目標とする BMI に見合うエネルギー摂取量についての考え方、健康の保持・増進、生活習慣病の予防の観点からは、身体活動の増加も望まれることから、望ましいエネルギー消費量についての考え方についても、整理を進めていく必要がある。

〈参考資料〉 エネルギー必要量

1. 基本的事項

エネルギー必要量は、WHO の定義に従い、「ある身長・体重と体組成の個人が、長期間に良好な健康状態を維持する身体活動レベルの時、エネルギー消費量との均衡が取れるエネルギー摂取量」と定義する⁷³⁾。さらに、比較的に短期間の場合には、「そのときの体重を保つ（増加も減少もしない）ために適当なエネルギー」と定義される。

また、小児、妊婦又は授乳婦では、エネルギー必要量には良好な健康状態を維持する組織沈着あるいは母乳分泌量に見合ったエネルギー量を含む。

エネルギー消費量が一定の場合、エネルギー必要量よりもエネルギーを多く摂取すれば体重は増加し、少なく摂取すれば体重は減少する。したがって、理論的にはエネルギー必要量には「範囲」は存在しない。これはエネルギーに特有の特徴であり、栄養素と大きく異なる点である。これは、エネルギー必要量には「充足」という考え方には存在せず、「適正」という考え方だけが存在することを意味する。その一方で、後述するように、エネルギー必要量に及ぼす要因は性・年齢階級・身体活動レベル以外にも数多く存在し、無視できない個人間差としてそれは認められる。したがって、性・年齢階級・身体活動レベル別に『適正』なエネルギー必要量を单一の値として示すのは困難であり、同時に、活用の面からもそれはあまり有用ではない。

2. エネルギー必要量の測定方法

自由な生活下におけるエネルギー必要量を正確に測定するのは極めて難しく、二重標識水法を除けば、後述するように他のいずれの方法を用いてもかなりの測定誤差が存在する。

成人（妊婦、授乳婦を除く）で短期間に体重が大きく変動しない場合には、

$$\text{エネルギー消費量} = \text{エネルギー摂取量} = \text{エネルギー必要量}$$

が成り立つ。

自由な生活を営みながら一定期間のエネルギー消費量を最も正確に測定する方法は現時点では二重標識水法である³³⁾。二重標識水法は一定量の二重標識水（重酸素と重水素によって構成される水）を対象者に飲ませ、尿中に排泄される重酸素と重水素の濃度の比の変化量からエネルギー消費量を算出する方法である。

2-1. エネルギー必要量の集団平均値（測定値）

二重標識水法を用いて1歳以上の健康な集団を対象としてエネルギー消費量を測定した世界各国で行われた139の研究結果を用いて、年齢とエネルギー消費量の関連をまとめると図9のようになる⁷⁴⁻⁷⁹⁾。各点は各研究で得られた測定値の平均値（又はそれに相当すると判断された値）である。妊娠中の女性又は授乳中の女性を対象とした研究、集団のBMIの平均値が18.5 kg/m²未満か30 kg/m²以上であった研究、集団の身体活動レベルの平均値が2.0以上であった研究、性別が不明な研究、開発途上国の成人（この図では20歳以上）集団を対象とした研究は除外した。図9のエネルギー消費量は体重1kg当たりの値（kcal/kg 体重/日）で表示してある。なお、日本人を測定した研究が二つ含まれている^{80,81)}。

エネルギー消費量は単純に体重にのみ比例するものではない。しかし、肥満又はやせの者が中心となって構成された集団ではなく、かつ、比較的に狭い範囲の身体活動レベルを有する者によって

構成される集団の平均値では、図9のように、年齢との間に比較的に強い関連が認められる。

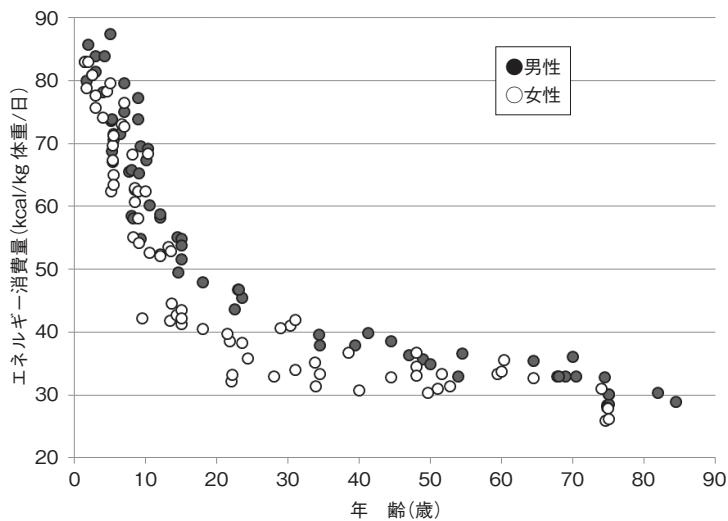


図9 年齢別に見たエネルギー消費量（研究ごとの集団平均値（又はそれに相当する値）：kcal/kg 体重/日）：集団平均値（又はそれに相当すると判断された値）

集団ごとに、エネルギー消費量の平均値が kcal/日で示され、体重の平均値が別に報告されている場合は、エネルギー消費量を体重の平均値で除してエネルギー消費量 (kcal/kg 体重/日) の代表値とした。二重標識水法を用いた139の研究のまとめ。次の研究は除外した：開発途上国で行われた研究、妊娠中の女性や授乳中の女性を対象とした研究、集団のBMIの平均値が18.5未満又は 30 kg/m^2 以上であった研究、集団の身体活動レベル (PAL) の平均値が2.0以上であった研究、性別が不明な研究、開発途上国の成人（この図では20歳以上）集団を対象とした研究。

2-2. エネルギー必要量の個人間差

性、年齢、体重、身長、身体活動レベルが同じ集団におけるエネルギー必要量の個人間差は、実験上の変動（二重標識水法の測定誤差など）も考慮した場合、19歳以上でBMIが 18.5 kg/m^2 以上かつ 25.0 kg/m^2 未満の集団で、標準偏差として男性が199 kcal/日、女性が162 kcal/日と報告されている³⁴⁾。これはBMIが 25.0 kg/m^2 以上の集団でもほぼ同じ値であった³⁴⁾。また、3~18歳では、対象者をBMIが85パーセンタイル値以内に含まれる対象者に限ると、男児が58 kcal/日、女児が68 kcal/日と報告されている³⁴⁾。

エネルギー必要量の分布を正規分布と仮定すると、例えば成人男性の場合、真のエネルギー必要量が推定エネルギー必要量 $\pm 200\text{ kcal/日}$ （幅として400 kcal/日）の中に存在する人は全体の7割程度に留まり、残りの3割の人のエネルギー必要量はそれよりも多いか又は少ないと推定される。これは、エネルギー必要量の個人間差の大きさを示していると理解される。

我が国の成人を対象とした同様の研究によると、それぞれ399 kcal/日、311 kcal/日と報告されているが、これは集団の単純な標準偏差であり、年齢、身体活動レベル、測定誤差などに起因する誤差も含んでいるため、純粋な個人間差としての標準偏差よりもかなり大きな数値となっているものと考えられる⁸²⁾。

3. エネルギー必要量の推定方法

上述のように、自由な生活下においてエネルギー消費量を正確に測定できる方法は現在のところ二重標識水法だけであるが、この方法による測定は高価であり、特殊な測定機器も必要であるため、広く用いることはできない。そこで、他の方法を用いてエネルギー必要量を推定する試みが数多く行われており、それは二つに大別できる。一つは、食事アセスメントによって得られるエネルギー摂取量を用いる方法であり、他の一つは、身長、体重などから推定式を用いて推定する方法である。

3-1. 食事アセスメントによって得られるエネルギー摂取量を用いる方法

体重が一定の場合は、理論的には、エネルギー摂取量＝エネルギー必要量、である。したがって、理論的にはエネルギー摂取量を測定すればエネルギー必要量が推定できる。しかし、特殊な条件下を除けば、エネルギー摂取量を正確に測定することは、過小申告と日間変動という二つの問題の存在のために極めて困難である。

過小申告は系統誤差の一種であり、集団平均値など集団代表値を得たい場合に特に大きな問題となる。例えば、日本人の食事摂取基準（2010年版）の推定エネルギー必要量と国民健康・栄養調査（2010年）で報告されたエネルギー摂取量（平均値）との間には、20～49歳では男性で491 kcal/日（19%）、女性で294 kcal/日（15%）、50歳以上では男性で287 kcal/日（12%）、女性で179 kcal/日（10%）の差（過小申告）が認められている。その原因は理論的に異なるが、食習慣を尋ねてエネルギー摂取量を推定する質問紙法でも系統的な過小申告が認められることが多い⁸¹⁾。

二重標識水法による総エネルギー消費量の測定と同時期に食事アセスメントを行った81研究^{26, 81, 83-161)}では、第三者が摂取量を観察した場合を除き、通常のエネルギー摂取量を反映する総エネルギー消費量に対して、食事アセスメントによって得られたエネルギー摂取量は総じて小さい（図10）。また、BMIが大きくなるにつれて過小評価の程度は甚だしくなる。

一方、日間変動は偶然誤差の性格が強く、一定数以上の対象者を確保できれば、集団平均値への影響は事実上無視できる（注意：標準偏差など、分布の幅に関する統計量には影響を与えるために注意を要する）。また、個人の摂取量についても、長期間の摂取量を調査できれば、偶然誤差の影響は小さくなり、その結果、習慣的な摂取量を知り得る。しかし、日本人成人を対象とした研究によると、個人の習慣的な摂取量の±5%以内（エネルギー摂取量が2,000 kcal/日の場合は1,900～2,100 kcal/日となる）の範囲に観察値の95%信頼区間を収めるために必要な調査日数は52～69日間と報告されている¹⁶²⁾。これほど長期間の食事調査は事実上、極めて困難である。

以上の理由により、食事アセスメントによって得られるエネルギー摂取量を真のエネルギー摂取量と考えるのは困難であり、したがって、栄養に関する実務に用いるのも困難である。

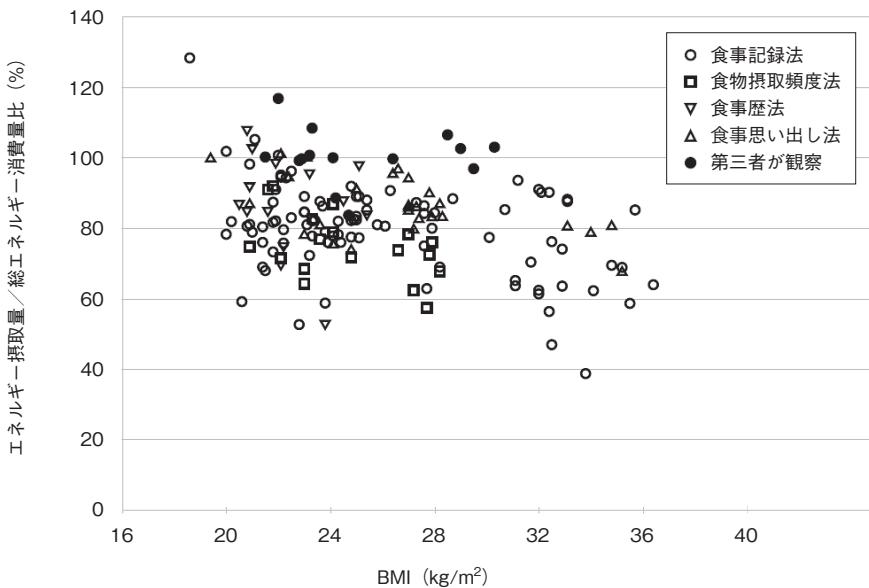


図 10 食事アセスメントの過小評価

健康人を対象として食事アセスメントによって得られたエネルギー摂取量と二重標識水法によって測定された総エネルギー消費量を評価した 81 の研究における BMI (kg/m^2) とエネルギー摂取量/総エネルギー消費量比 (%) の関連

3-2. 推定式を用いる方法

個人のエネルギー必要量に関連する主な要因として次の五つ（又は四つ）の存在が数多くの研究によって指摘されている：性、年齢（又は年齢階級）、体重、身長（体重と身長に代えて体格（BMI）が用いられる場合もある）、身体活動レベル（後述する）。すなわち、エネルギー必要量の推定値（推定エネルギー必要量）は、

$$\text{推定エネルギー必要量} = (\text{性、年齢、体重、身長、身体活動レベル}) \text{ の関数}$$

となる。この中のいずれかの変数を含まない場合や、体重と身長に代えて体格（BMI など）を用いる場合もある。

また、身体活動レベルは、推定エネルギー必要量 \div 基礎代謝量 と定義されているので、基礎代謝量と身体活動レベルをそれぞれ独立に推定し、この式を利用して推定エネルギー必要量を求める方法もある。この場合、基礎代謝量を

$$\text{基礎代謝量} = (\text{性、年齢、体重、身長}) \text{ の関数}$$

として推定した上で、得られた基礎代謝量を上式に代入して、エネルギー消費量を推定する。この場合の注意点は、推定が二つの段階を経るために、推定誤差が大きくなる恐れがあることである。

いずれの方法を用いる場合でも、基礎代謝量と身体活動レベル双方の推定精度に注意すべきである。

3-2-1. 推定式に基礎代謝を用いない方法

二重標識法によって得られたエネルギー消費量を基に開発された推定式としては、例えば、アメリカ・カナダの食事摂取基準で紹介されている次の式がある³⁴⁾。

$$2\text{歳未満} : \text{TEE} = 89 \times H - 100$$

$$3\text{~}18\text{歳の男児} : \text{TEE} = 88.5 - 61.9 \times A + \text{PAL} \times (26.7 \times W + 903 \times H)$$

$$3\text{~}18\text{歳の女児} : \text{TEE} = 153.3 - 30.8 \times A + \text{PAL} \times (10.0 \times W + 934 \times H)$$

$$19\text{歳以上の男性} : \text{TEE} = 662 - 9.53 \times A + \text{PAL} \times (15.9 \times W + 540 \times H)$$

$$19\text{歳以上の女性} : \text{TEE} = 354 - 6.91 \times A + \text{PAL} \times (9.36 \times W + 726 \times H)$$

ここで、TEE：推定したいエネルギー必要量、A：年齢（歳）、PAL：身体活動レベル（表4による分類を用いる）、W：体重（kg）、H：身長（m）。

この式は、19歳以上ではBMIが 18.5 kg/m^2 以上かつ 25.0 kg/m^2 以下に、18歳以下では身長に対する体重の分布がアメリカ人集団の5パーセンタイル以上かつ85パーセンタイル以下の者の測定結果のみを用いて作成されているため、日本人への利用可能性も高いものと考えられる。しかし、具体的な利用可能性は不明である。また、この式でも身体活動レベルの係数を正しく選択することは難しいと考えられる。

表4 アメリカ・カナダの食事摂取基準で引用されているエネルギー必要量の推定式で用いられている身体活動レベル（PAL）の係数

	非活動的	活動的（低い）	活動的（ふつう）	活動的（高い）
PAL ¹	1.25 (1.0~1.39)	1.5 (1.4~1.59)	1.75 (1.6~1.89)	2.2 (1.9~2.5)
男児	1.00	1.13	1.26	1.42
女児	1.00	1.16	1.31	1.56
成人男性	1.00	1.11	1.25	1.48
成人女性	1.00	1.12	1.27	1.45

¹ 代表値（範囲）。

3-2-2. 推定式に基礎代謝を用いる方法

●基礎代謝量

基礎代謝量とは、覚醒状態で必要な最小限のエネルギーであり、早朝空腹時に快適な室内（室温など）において安静仰臥位・覚醒状態で測定される。

一方、直接測定ではなく、性、年齢、身長、体重などを用いて推定する試み（推定式の開発）も数多く行われている。主なものを表5に示す¹⁶³⁾。健康な日本人を用いてこれらの推定式の妥当性を調べた研究によると、基礎代謝基準値と国立健康・栄養研究所の式は全ての年齢階級において比較的に妥当性が高く、Harris-Benedictの式は全体として過大評価の傾向にある（特に全年齢階級の女性と20~49歳の男性で著しい）と報告されている³⁵⁾。身長を含まず、年齢も一つの年齢階級で構成されている基礎代謝基準値の推定能力が比較的に高いのは、この基準値が日本人集団を対象として基礎代謝量を測定した相当数の研究に基づいて開発されたためではないかと考えられる¹⁶³⁾。

表5 基礎代謝量の主な推定式

名称	年齢（歳）	推定式 (kcal/日)：上段が男性、下段が女性
基礎代謝基準値*	—	—
国立健康・栄養研究所の式	—	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times A - 0.4235) \times 1,000 / 4.186$ $(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times A - 0.9708) \times 1,000 / 4.186$
Harris-Benedict の式	—	$66.4730 + 13.7516 \times W + 5.0033 \times H - 6.7550 \times A$ $655.0955 + 9.5634 \times W + 1.8496 \times H - 4.6756 \times A$
Schofield の式	18～29	$(0.063 \times W + 2.896) \times 1,000 / 4.186$ $(0.062 \times W + 2.036) \times 1,000 / 4.186$
	30～59	$(0.048 \times W + 3.653) \times 1,000 / 4.186$ $(0.034 \times W + 3.538) \times 1,000 / 4.186$
	60 以上	$(0.049 \times W + 2.459) \times 1,000 / 4.186$ $(0.038 \times W + 2.755) \times 1,000 / 4.186$
FAO/WHO/UNU の式	18～29	$(64.4 \times W - 113.0 \times H / 100 + 3,000) / 4.186$ $(55.6 \times W + 1,397.4 \times H / 100 + 148) / 4.186$
	30～59	$(47.2 \times W + 66.9 \times H / 100 + 3,769) / 4.186$ $(36.4 \times W + 104.6 \times H / 100 + 3,619) / 4.186$
	60 以上	$(36.8 \times W + 4,719.5 \times H / 100 - 4,481) / 4.186$ $(38.5 \times W + 2,665.2 \times H / 100 - 1,264) / 4.186$

略号) W: 体重 (kg)、H: 身長 (cm)、A: 年齢 (歳)。

●身体活動レベル

$$\text{身体活動レベル} = \text{エネルギー消費量} \div \text{基礎代謝量}$$

として求める以外には、身体活動レベルは身体活動記録法によって得られる。しかし、身体活動記録法によって得られたエネルギー消費量は二重標識水法で得られたエネルギー消費量よりも系統的に少なめに見積もられることが知られている。幼児・小児を対象とした34の研究をまとめた結果によると、 $12 \pm 9\%$ （平均±標準偏差）（負の値は過小見積りであることを示す）と報告されている⁷⁴⁾。

さらに、数値としてではなく、身体活動レベルを区分として見積もる（例えば、身体活動レベルの強度別に3分類する）試みも数多く報告されている。身体活動レベルが「高」の人をそれ以外の身体活動レベルの者から分けることは可能であるが、身体活動レベルが「中」と「低」の人を分別することは難しいとの報告がある⁸²⁾。また、さらに大雑把に、労働形態を中心に身体活動の種類を定性的に記し、代表的なPALの値をそれに与える試みも行われている¹⁶⁴⁾。いずれにしてもエネルギー必要量の推定に身体活動レベルを用いる場合はその測定精度の存在とその程度に十分に留意しなければならない。

4. 推定エネルギー必要量の算定方法

4-1. 算定方法の基本的な考え方

体重が不变で体組成に変化がなければ、エネルギー摂取量はエネルギー消費量に等しく、総エネルギー消費量は二重標識水法で評価が可能である。これに対し、前述のように、種々の食事アセスメントは、日間変動による偶然誤差のほか、系統誤差として一般に過小申告の影響を受ける。した

がって、推定エネルギー必要量は、食事アセスメントから得られるエネルギー摂取量を用いず、総エネルギー消費量の推定値から求める。

成人（妊娠、授乳婦を除く）では、推定エネルギー必要量を以下の方法で算出した。

推定エネルギー必要量＝基礎代謝基準値（kcal/kg 体重/日）×参考体重（kg）×身体活動レベル

また、小児、乳児、及び妊娠、授乳では、これに成長や妊娠継続、授乳に必要なエネルギー量を付加量として加える。

性・年齢階級・身体活動レベル別に推定エネルギー必要量を参考表のように算定した。以下、算定に用いた因子について順に述べる。

4-2. 基礎代謝基準値

基礎代謝基準値は、我が国で測定された13の研究における成人の基礎代謝測定値（図11）¹⁶⁵⁻¹⁷⁷⁾、及び6～17歳の多数例の検討¹⁷⁸⁾を踏まえて表6とした。

この基礎代謝基準値は、参考体位において推定値と実測値が一致するように決定されている。そのため、基準から大きく外れた体位で推定誤差が大きくなる。日本人でも、肥満者で基礎代謝基準値を用いると、基礎代謝量を過大評価する¹⁷⁹⁾。逆に、やせの場合は基礎代謝量を過小評価する。この過大評価あるいは過小評価した基礎代謝量に身体活動レベルを乗じて得られた推定エネルギー必要量は、肥満者の場合は真のエネルギー必要量より大きく、やせでは小さい可能性が高く、この推定エネルギー必要量を用いてエネルギー摂取量を計画すると肥満者では体重が増加し、やせでは体重が減少する確率が高くなる。

年齢、性別、身長、体重を用いた下記の日本人の基礎代謝量の推定式¹⁷⁰⁾は、BMIが30 kg/m²程度までならば体重による系統誤差を生じないことが示されており³⁵⁾、BMIが25～29.9 kg/m²の肥満者では、この推定式で基礎代謝量の推定が可能である。

基礎代謝（kcal/日）＝[0.0481×体重（kg）+0.0234×身長（cm）-0.0138×年齢（歳）-一定数（男性：0.4235、女性：0.9708）]×1000/4.186

なお、基礎代謝量は体重よりも除脂肪量と強い相関が見られ^{167, 170, 173, 180)}、今後、適切な身体組成の評価により精度の高い基礎代謝量の推定が可能となるものと考えられる。

ところで、糖尿病患者の基礎代謝量は、体組成で補正した場合、健康な人に比べて差がないか5～7%程度高いとする報告が多い（肝臓の糖新生等によるエネルギー消費によると考えられる）⁶²⁻⁶⁹⁾。保健指導レベルの高血糖の人で検討した成績は少ないが、横断研究で睡眠時代謝量は耐糖能正常<耐糖能異常（impaired glucose tolerance；IGT）<糖尿病、同一個人の基礎代謝の継時的变化も耐糖能正常<IGT（+4%）<糖尿病（+3%）であった⁷⁰⁾。したがって、保健指導レベルの高血糖（空腹時血糖：100～125 mg/dL）では、耐糖能正常者と大きな差はないと考えられる。なお、糖尿病患者で二重標準水法により総エネルギー消費量を見た研究は少ないが、やはり、糖尿病患者と耐糖能正常者の間でPAL及び総エネルギー消費量に差を認められていない^{62, 64)}。

表6 参照体重における基礎代謝量

性別	男性			女性		
年齢(歳)	基礎代謝基準値 (kcal/kg 体重/日)	参照体重 (kg)	基礎代謝量 (kcal/日)	基礎代謝基準値 (kcal/kg 体重/日)	参照体重 (kg)	基礎代謝量 (kcal/日)
1~2	61.0	11.5	700	59.7	11.0	660
3~5	54.8	16.5	900	52.2	16.1	840
6~7	44.3	22.2	980	41.9	21.9	920
8~9	40.8	28.0	1,140	38.3	27.4	1,050
10~11	37.4	35.6	1,330	34.8	36.3	1,260
12~14	31.0	49.0	1,520	29.6	47.5	1,410
15~17	27.0	59.7	1,610	25.3	51.9	1,310
18~29	24.0	63.2	1,520	22.1	50.0	1,110
30~49	22.3	68.5	1,530	21.7	53.1	1,150
50~69	21.5	65.3	1,400	20.7	53.0	1,100
70 以上	21.5	60.0	1,290	20.7	49.5	1,020

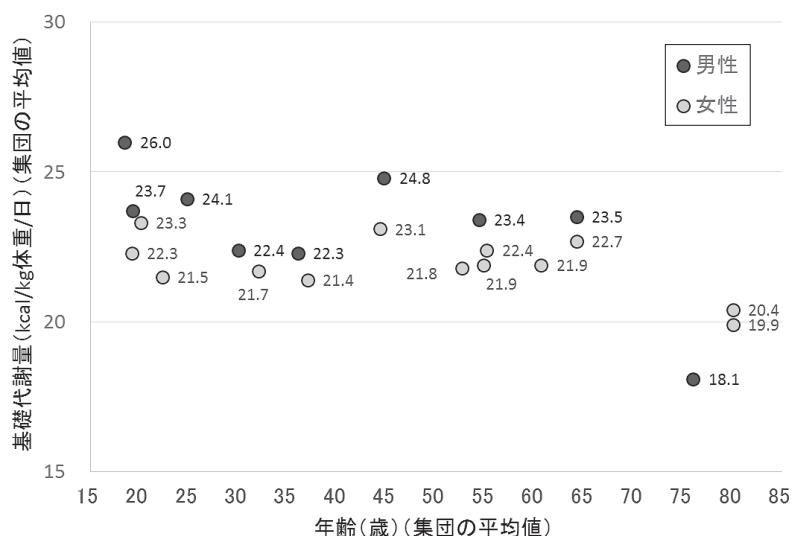


図11 日本人の成人における基礎代謝量の報告例（13の研究）

4-3. 身体活動レベル

4-3-1. 成人

成人の身体活動レベルは、健康な日本人の成人（20~59歳、150人）で測定したエネルギー消費量と推定基礎代謝量から求めた身体活動レベル⁸²⁾を用いた。すなわち、男女それぞれの身体活動レベルから全体の身体活動レベルを求めるとき 1.72 ± 0.26 となり、レベルⅡに相当する63人では 1.74 ± 0.26 であった（いずれも平均値 \pm 標準偏差）。これを基に3種類の身体活動レベルを設定した（表7）。

身体活動の強度を示す指標には、メツツ値（metabolic equivalent：座位安静時代謝量の倍数として表した各身体活動の強度の指標）と、Af（activity factor：基礎代謝量の倍数として表した各身体活動の強度の指標）がある。絶食時の座位安静時代謝量は仰臥位で測定する基礎代謝量よりお

よそ 10% 大きいため^{181, 182)}、メツツ値 $\times 1.1 \div Af$ という関係式が成り立つ。健康な成人の種々の身体活動におけるメツツ値は、Ainsworth ら¹⁸³⁾ にまとめられている。

身体活動レベルの高い者を比較的多く含む日本人成人（平均 50.4 ± 17.1 歳）の集団の検討では、3つの身体活動レベル間で、中等度の強度（3～5.9 メツツ）の身体活動と、仕事中の歩行時間、それぞれの1日当たりの合計時間に差が見られた（表7）¹⁸⁴⁾。身体活動Ⅱ（ふつう）は、座位中心の仕事だが、通勤や買物などの移動や家事労働等で1日合計2時間、仕事中の職場内の移動で合計30分程度を費やしている状態といえる。

一方、上記の検討では、余暇時間の身体活動に費やした時間は三つの身体活動レベルともほぼ0（ゼロ）であった。したがって、仕事、移動（通勤、買物）、家事に注目し、個々の身体活動に費やした時間と運動強度から、今後、精度の高い身体活動レベル推定法の開発が望まれる。

なお、アメリカ・カナダの食事摂取基準^{34, 181)}では、身体活動によるエネルギー消費量を活動記録で推定する場合、身体活動後の代謝亢進によるエネルギー消費量（excess post-exercise oxygen consumption : EPOC）を当該身体活動中のエネルギー消費量の15%と仮定して推定エネルギー必要量の計算に含めている。しかし実際には、日常生活における EPOC は極めて小さい¹⁸²⁾。

表7 身体活動レベル別にみた活動内容と活動時間の代表例

身体活動レベル ¹	低い（I）	ふつう（II）	高い（III）
	1.50 (1.40～1.60)	1.75 (1.60～1.90)	2.00 (1.90～2.20)
日常生活の内容 ²	生活の大部分が座位で、静的な活動が中心の場合	座位中心の仕事だが、職場内の移動や立位での作業・接客等、あるいは通勤・買物・家事、軽いスポーツ等のいずれかを含む場合	移動や立位の多い仕事への従事者、あるいは、スポーツ等余暇における活発な運動習慣を持っている場合
中程度の強度（3.0～5.9 メツツ）の身体活動の1日当たりの合計時間（時間/日） ³	1.65	2.06	2.53
仕事での1日当たりの合計歩行時間（時間/日） ³	0.25	0.54	1.00

¹ 代表値。（ ）内はおよその範囲。

² Black, et al.¹⁶⁴⁾、Ishikawa-Takata, et al.⁸²⁾ を参考に、身体活動レベル（PAL）に及ぼす職業の影響が大きいことを考慮して作成。

³ Ishikawa-Takata, et al.¹⁸⁴⁾ による。

4-3-2. 高齢者

成人の中でも高齢者は、他の年代に比べて身体活動レベルが異なる可能性がある。健康で自立した高齢者について身体活動レベルを測定した報告（表8）^{122, 225-233)}から、身体活動レベルの代表値を1.70とした。さらに、身体活動量で集団を3群に分けた検討²³⁴⁾も参考にして、レベルI、レベルII、レベルIIIを決定した（表9）。これらの報告のほとんどは平均年齢が70～75歳の対象であり、80歳以上のデータは不足している。75歳の対象者を82歳で再度評価した研究²³⁵⁾では、前値の高かった男性のみ低下を認め、PALは男女共1.68程度であった。

表8 高齢者に二重標識水法を用いて身体活動レベルを報告した例（平均±標準偏差）

文献番号	対象者特性	年齢（歳）	性別（人数）	BMI（kg/m ² ）	身体活動レベル
122)	健康人	73	男性（3）女性（9）	25±3	1.73±0.25
225)	健康人	74±6	男性（14） 女性（18）	22.5±2.5	1.66±0.24
226)	自立生活者	72.8±6.1	男性（8）	22.4±2.5	1.4±0.1
227)	退職者	74.0±4.4	女性（10）	24.1±2.8	1.59±0.19
228)	健康人	73±3	女性（10）	記載なし	1.80±0.19
229)	健康人	73.4±4.1	男性（19）	記載なし	1.71±0.32
230)	黒人	74.6±3.2	女性（67）	28.6±5.9	1.69±0.24
	白人	74.6±3.2	女性（77）	26.2±5.3	1.65±0.21
	黒人	74.8±2.9	男性（72）	27.1±4.5	1.71±0.24
	白人	75.1±3.2	男性（72）	27.6±4.2	1.74±0.22
231)	比較的に健康な人	78	男性（2）女性（9）	24.3±2.6	1.74±0.25
232)	在宅	82±3*	男性（17）	24.8±3.8	1.6±0.2
233)	自立歩行可能で疾患のない人	74.7±6.5	男性（12） 女性（44）	25.8±4.2	1.72（1.63～1.92）
235)	230) の集団の一部を 8 年後に測定	74.7	男性（47）	27.0±4.3	1.77±0.23
		82.2		27.1±4.8	1.68±0.21
		74.5	女性（40）	28.4±4.5	1.68±0.19
		82.0		28.0±4.3	1.67±0.31

平均±標準偏差、又は、25～74 パーセンタイル。

*年齢と BMI は、17±6（人）の合計 23 人の値。

4-3-3. 小児

小児の身体活動レベルを二重標識水法で測定した報告に関する系統的レビューを行い、身体活動レベルについて対象者数で重み付けの平均をとった。基礎代謝を実測した報告^{104, 185-216)}を原則として用いたが、5歳未満は基礎代謝量の推定値を用いて身体活動レベルを推定した報告²¹⁷⁻²²³⁾も利用した。その結果、身体活動レベルは、1～2歳：1.36、3～5歳：1.48、6～7歳：1.57、8～9歳：1.62、10～11歳：1.63、12～14歳：1.74、15～17歳：1.81で、年齢と共に増加する傾向を示した（図12）。小児における年齢と身体活動レベルの関係について 17 の研究結果をまとめた別のメタ・アナリシスでも、年齢と共に増加するとしている²²⁴⁾。これらを参考にして小児の身体活動レベルの代表値を決定した（表9）。12～14歳、15～17歳の代表値は、重み付けの平均値より 0.05 だけ低い値を代表値とした。この年齢階級では、身体活動レベルが「ふつう（Ⅱ）」を超える報告が認められ、また、平成 24 年度体力・運動能力調査においても 1 日の運動・スポーツ実施時間の多い者の比率が高い年齢層であり、身体活動レベルⅡに相当する代表値は、平均値より低い値が想定されるからである。6歳以降は、身体活動レベルの個人差を考慮するために、成人と同じ 3 区分とした。抽出された文献の標準偏差の各年齢階級別に対象者数で重み付けした平均値は、年齢階級によって 0.17～0.27 の幅で変動しており、平均値は 0.23 であった。そのため、小児における各区分の身体活動レベルの値は、各年齢階級の「ふつう」からそれぞれ 0.20 だけ増加または減少させた値とした。

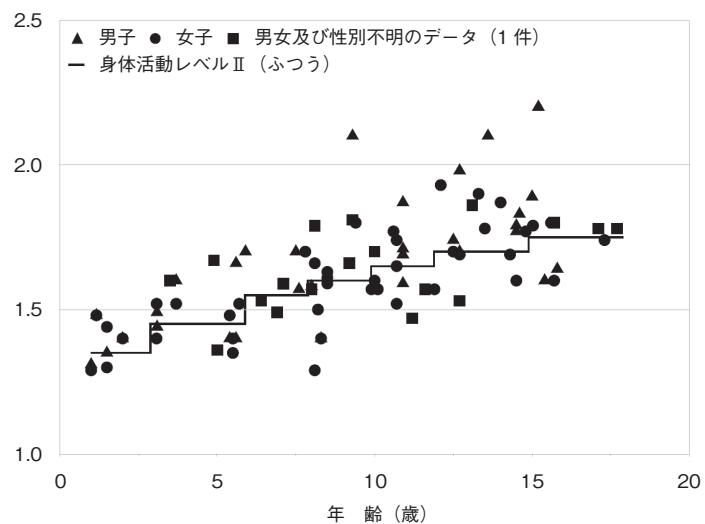


図 12 対照年齢別に見た小児における身体活動レベル

表 9 年齢階級別に見た身体活動レベルの群分け（男女共通）

身体活動レベル	レベル I (低い)	レベル II (ふつう)	レベル III (高い)
1~2 (歳)	-	1.35	-
3~5 (歳)	-	1.45	-
6~7 (歳)	1.35	1.55	1.75
8~9 (歳)	1.40	1.60	1.80
10~11 (歳)	1.45	1.65	1.85
12~14 (歳)	1.50	1.70	1.90
15~17 (歳)	1.55	1.75	1.95
18~29 (歳)	1.50	1.75	2.00
30~49 (歳)	1.50	1.75	2.00
50~69 (歳)	1.50	1.75	2.00
70 以上 (歳)	1.45	1.70	1.95

4-3-4. 肥満者・やせの人における注意点

肥満者では、加速度計等の動作センサーで評価した身体活動量は一般に低く、肥満が活動量低下の原因となることが指摘されている²³⁶⁾。しかし、身体活動レベルは BMI が 30 程度までの間は BMI と相関しない^{237, 238)}。また、肥満者の減量前後でも身体活動レベルに変化はない^{239, 240)}。これは、肥満者では運動効率が悪く、一定の外的仕事を行うのにより多くのエネルギーを要する^{241, 242)}ためと考えられる。結論として、BMI が 25~29.9 の肥満者では、身体活動レベルは非肥満者と同じ値を用いてよいと考えられる。

4-4. 推定エネルギー必要量

4-4-1. 成人

成人（18歳以上）では、推定エネルギー必要量（kcal/日）を

$$\text{推定エネルギー必要量 (kcal/日)} = \text{基礎代謝量 (kcal/日)} \times \text{身体活動レベル}$$

として算出した。

4-4-2. 小児

成長期である小児（1～17歳）では、身体活動に必要なエネルギーに加えて、組織合成に要するエネルギーと組織增加分のエネルギー（エネルギー蓄積量）を余分に摂取する必要がある。そのうち、組織の合成に消費されるエネルギーは総エネルギー消費量に含まれるため、推定エネルギー必要量（kcal/日）は、

$$\text{推定エネルギー必要量 (kcal/日)} = \text{基礎代謝量 (kcal/日)} \times \text{身体活動レベル} + \text{エネルギー蓄積量 (kcal/日)}$$

として算出できる。

組織增加分のエネルギーは、参照体重から1日当たりの体重増加量を計算し、これと組織增加分エネルギー密度¹⁸¹⁾との積とした。算出方法の詳細は表10を参照されたい。

表10 成長に伴う組織增加分のエネルギー（エネルギー蓄積量）

性別 年齢等	男性				女性			
	A. 参照体重 (kg)	B. 体重增加量 (kg/年)	組織增加分		A. 参照体重 (kg)	B. 体重增加量 (kg/年)	組織增加分	
			C. エネルギー密度 (kcal/g)	D. エネルギー蓄積量 (kcal/日)			C. エネルギー密度 (kcal/g)	D. エネルギー蓄積量 (kcal/日)
0～5(月)	6.3	9.4	4.4	115	5.9	8.4	5.0	115
6～8(月)	8.4	4.2	1.5	15	7.8	3.7	1.8	20
9～11(月)	9.1	2.5	2.7	20	8.4	2.4	2.3	15
1～2(歳)	11.5	2.1	3.5	20	11.0	2.2	2.4	15
3～5(歳)	16.5	2.1	1.5	10	16.1	2.2	2.0	10
6～7(歳)	22.2	2.6	2.1	15	21.9	2.5	2.8	20
8～9(歳)	28.0	3.4	2.5	25	27.4	3.6	3.2	30
10～11(歳)	35.6	4.6	3.0	40	36.3	4.5	2.6	30
12～14(歳)	49.0	4.5	1.5	20	47.5	3.0	3.0	25
15～17(歳)	59.7	2.0	1.9	10	51.9	0.6	4.7	10

体重増加量（B）は、比例配分的な考え方により、参照体重（A）から以下のようにして計算した。

例：9～11か月の女性における体重増加量（kg/年）

$$X = [(9\text{～}11\text{か月 (10.5か月時)}\text{の参照体重}) - (6\text{～}8\text{か月 (7.5か月時)}\text{の参照体重})] / [0.875\text{ (歳)} - 0.625\text{ (歳)}] \\ + [(1\text{～}2歳の参照体重}) - (9\text{～}11\text{か月の参照体重})] / [2\text{ (歳)} - 0.875\text{ (歳)}]$$

$$\text{体重増加量} = X/2$$

$$= [(8.4 - 7.8) / 0.25 + (11.0 - 8.4) / 1.125] / 2$$

$$\approx 2.4$$

組織増加分のエネルギー密度（C）は、アメリカ・カナダの食事摂取基準¹⁸¹⁾より計算。

組織増加分のエネルギー蓄積量（D）は、組織増加量（B）と組織増加分のエネルギー密度（C）の積として求めた。

例：9～11か月の女性における組織増加分のエネルギー（kcal/日）

$$= [(2.4\text{ (kg/年)} \times 1,000 / 365\text{ 日})] \times 2.3\text{ (kcal/g)}$$

$$= 14.8$$

$$\approx 15$$

4-4-3. 乳児

乳児も小児と同様に、身体活動に必要なエネルギーに加えて、組織合成に要するエネルギーとエネルギー蓄積量相当分を摂取する必要がある。そのうち、組織の合成に消費されたエネルギーは総エネルギー消費量に含まれるため、推定エネルギー必要量は、

推定エネルギー必要量 (kcal/日) = 総エネルギー消費量 (kcal/日) + エネルギー蓄積量 (kcal/日)
として求められる。

乳児の総エネルギー消費量に関して、FAO/WHO/UNU は、二重標識水法を用いた先行研究で報告された結果に基づき、性及び年齢（月齢）、体重、身長、総エネルギー消費量との関係を種々検討した結果、母乳栄養児の乳児期の総エネルギー消費量は、体重だけを独立変数とする次の回帰式で説明できたと報告している^{243, 244)}。

$$\text{総エネルギー消費量 (kcal/日)} = 92.8 \times \text{参照体重 (kg)} - 152.0$$

日本人の乳児について二重標識水法によって総エネルギー消費量を測定した報告は存在しない。そのため、これらの回帰式に日本人の参照体重を代入して総エネルギー消費量 (kcal/日) を求めた。

エネルギー蓄積量は、小児と同様に、参照体重から 1 日当たりの体重増加量を計算し、これと組織増加分のエネルギー密度²¹⁷⁾との積とした（表 10）。

推定エネルギー必要量を乳児の月齢別（0～5 か月、6～8 か月、9～11 か月）に示した。なお、体重変化が大きい 0～5 か月において、前半と後半で推定エネルギー必要量に大きな差があることも留意すべきである。

また、一般的に人工栄養児は、母乳栄養児よりも総エネルギー消費量が多い²⁴³⁾ ことも留意する必要がある。なお、FAO/WHO/UNU は人工栄養児については、下記の回帰式で総エネルギー消費量を推定できるとしている^{243, 244)}。

$$\text{総エネルギー消費量 (kcal/日)} = 82.6 \times \text{体重 (kg)} - 29.0$$

4-4-4. 妊婦

妊娠の推定エネルギー必要量は、

妊娠の推定エネルギー必要量 (kcal/日) = 妊娠前の推定エネルギー必要量 (kcal/日) + 妊婦のエネルギー付加量 (kcal/日)

として求められる。

女性の妊娠（可能）年齢が、推定エネルギー必要量の複数の年齢区分にあることを鑑み、妊娠が、妊娠中に適切な栄養状態を維持し正常な分娩をするために、妊娠前と比べて余分に摂取すべきと考えられるエネルギー量を、妊娠期別に付加量として示す必要がある。

二重標識水法を用いた縦断的研究によると、妊娠中は身体活動レベルが妊娠初期と後期に減少するが、基礎代謝量は逆に、妊娠による体重増加により後期に大きく増加する^{134, 243-248)} 結果、総エネルギー消費量の増加率は妊娠初期、中期、後期とも、妊娠の体重の増加率とほぼ一致しており、全妊娠期において体重当たりの総エネルギー消費量は、ほとんど差がない。したがって、妊娠前の総エネルギー消費量（推定エネルギー必要量）に対する妊娠による各時期の総エネルギー消費量の変化分^{243, 244)} は、妊娠の最終体重増加量 11 kg²⁴⁹⁾ に対応するように補正すると、初期：+19 kcal/日、中期：+77 kcal/日、後期：+285 kcal/日と計算される。

また、妊娠期別のたんぱく質の蓄積量と体脂肪の蓄積量^{243, 244)} から、最終的な体重増加量が 11

kg に対応するようにたんぱく質及び脂肪としてのエネルギー蓄積量をそれぞれ推定し、それらの和としてエネルギー蓄積量を求めた。その結果、各妊娠期におけるエネルギー蓄積量は初期：44 kcal/日、中期：167 kcal/日、後期：170 kcal/日となる。

したがって、最終的に各妊娠期におけるエネルギー付加量は、

$$\text{妊娠のエネルギー付加量 (kcal/日)} = \text{妊娠による総消費エネルギーの変化量 (kcal/日)} + \text{エネルギー蓄積量 (kcal/日)}$$

として求められ、50 kcal 単位で丸め処理を行うと、初期：50 kcal/日、中期：250 kcal/日、後期：450 kcal/日と計算される。

4-4-5. 授乳婦

授乳婦の推定エネルギー必要量は

$$\text{授乳婦の推定エネルギー必要量 (kcal/日)} = \text{妊娠前の推定エネルギー必要量 (kcal/日)} + \text{授乳婦のエネルギー付加量 (kcal/日)}$$

として求められる。

出産直後は、妊娠前より体重が大きく、さらに母乳の合成のために消費するエネルギーが必要であることは、基礎代謝量が増加する要因となる。しかし、実際の基礎代謝量に明らかな増加は見られない²⁴⁴⁾。一方、二重標識水法を用いて縦断的に検討した四つの研究のうち一つでは、身体活動によるエネルギーが有意に減少しているが²⁴⁵⁾、他の三つにおいては、絶対量が約 10% 減少しているものの有意な差ではない^{246, 247, 250)}。その結果、授乳期の総エネルギー消費量は妊娠前と同様であり^{244, 246, 247, 250)}、総エネルギー消費量の変化という点からは授乳婦に特有なエネルギーの付加量を設定する必要はない。一方、総エネルギー消費量には、母乳のエネルギー量そのものは含まれないので、授乳婦はその分のエネルギーを摂取する必要がある。

母乳のエネルギー量は、泌乳量を哺乳量 (0.78 L/日)^{251, 252)} と同じとみなし、また母乳中のエネルギー含有量は、663 kcal/L²⁵³⁾ とすると、

$$\text{母乳のエネルギー量 (kcal/日)} = 0.78 \text{ L/日} \times 663 \text{ kcal/L} = 517 \text{ kcal/日}$$

と計算される。

一方、分娩（出産）後における体重の減少（体組織の分解）によりエネルギーが得られる分、必要なエネルギー摂取量が減少する。体重減少分のエネルギーを体重 1 kg 当たり 6,500 kcal、体重減少量を 0.8 kg/月^{243, 244)} とすると、

$$\text{体重減少分のエネルギー量 (kcal/日)} = 6,500 \text{ kcal/kg} \times 0.8 \text{ kg/月} \div 30 \text{ 日} = 173 \text{ kcal/日}$$

となる。

したがって、正常な妊娠・分娩を経た授乳婦が、授乳期間中に妊娠前と比べて余分に摂取すべきと考えられるエネルギーを授乳婦のエネルギー付加量とすると、

$$\text{授乳婦のエネルギー付加量 (kcal/日)} = \text{母乳のエネルギー量 (kcal/日)} - \text{体重減少分のエネルギー量 (kcal/日)}$$

として求めることができる。その結果、付加量は $517 - 173 = 344 \text{ kcal/日}$ となり、丸め処理を行つて 350 kcal/日とした。

参考表 推定エネルギー必要量 (kcal/日)

性 別	男 性			女 性		
	I	II	III	I	II	III
身体活動レベル ¹						
0～5 (月)	-	550	-	-	500	-
6～8 (月)	-	650	-	-	600	-
9～11 (月)	-	700	-	-	650	-
1～2 (歳)	-	950	-	-	900	-
3～5 (歳)	-	1,300	-	-	1,250	-
6～7 (歳)	1,350	1,550	1,750	1,250	1,450	1,650
8～9 (歳)	1,600	1,850	2,100	1,500	1,700	1,900
10～11 (歳)	1,950	2,250	2,500	1,850	2,100	2,350
12～14 (歳)	2,300	2,600	2,900	2,150	2,400	2,700
15～17 (歳)	2,500	2,850	3,150	2,050	2,300	2,550
18～29 (歳)	2,300	2,650	3,050	1,650	1,950	2,200
30～49 (歳)	2,300	2,650	3,050	1,750	2,000	2,300
50～69 (歳)	2,100	2,450	2,800	1,650	1,900	2,200
70 以上 (歳) ²	1,850	2,200	2,500	1,500	1,750	2,000
妊婦 (付加量) ³				+ 50	+ 50	+ 50
初期				+ 250	+ 250	+ 250
中期				+ 450	+ 450	+ 450
後期				+ 350	+ 350	+ 350
授乳婦 (付加量)						

¹ 身体活動レベルは、低い、ふつう、高いの三つのレベルとして、それぞれ I、II、III で示した。

² 主として 70～75 歳並びに自由な生活を営んでいる対象者に基づく報告から算定した。

³ 妊婦個々の体格や妊娠中の体重増加量、胎児の発育状況の評価を行うことが必要である。

注 1：活用に当たっては、食事摂取状況のアセスメント、体重及び BMI の把握を行い、エネルギーの過不足は、体重の変化又は BMI を用いて評価すること。

注 2：身体活動レベル I の場合、少ないエネルギー消費量に見合った少ないエネルギー摂取量を維持することになるため、健康の保持・増進の観点からは、身体活動量を増加させる必要があること。

参考文献

- 1) FAO/WHO. Energy and protein requirements, Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. WHO Technical Report Series, No. 522. FAO Nutrition Meetings Report Series, No. 52, 1973.
- 2) Prentice AM. Manipulation of dietary fat and energy density and subsequent effects on substrate flux and food intake. *Am J Clin Nutr* 1998; **67** (suppl) : 535S-41S.
- 3) Drewnowski A, Almiron-Roig E, Marmonier C, *et al*. Dietary energy density and body weight: is there a relationship? *Nutr Rev* 2004; **62**: 403-13.
- 4) Shikany JM, Vaughan LK, Baskin ML, *et al*. Is dietary fat “fattening”? A comprehensive research synthesis. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2010; **50**: 699-715.
- 5) Astrup A, Grunwald GK, Melanson EL, *et al*. The role of low-fat diets in body weight control: a meta-analysis of ad libitum dietary intervention studies. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; **24**: 1545-52.
- 6) Fromentin G, Darcel N, Chaumontet C, *et al*. Peripheral and central mechanisms involved in the control of food intake by dietary amino acids and proteins. *Nutr Res Rev* 2012; **25**: 29-39.
- 7) Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB. Dietary fiber and weight regulation. *Nutr Rev* 2001; **59**: 129-39.
- 8) McCrory MA, Burke A, Roberts SB. Dietary (sensory) variety and energy balance. *Physiol Behav* 2012; **107**: 576-83.
- 9) Stubbs RJ, Whybrow S. Energy density, diet composition and palatability: influences on overall food energy intake in humans. *Physiol Behav* 2004; **81**: 755-64.
- 10) Ello-Martin JA, Ledikwe JH, Rolls BJ. The influence of food portion size and energy density on energy intake: implications for weight management. *Am J Clin Nutr* 2005; **82** (1 Suppl) : 236S-41S.
- 11) Karl JP, Young AJ, Rood JC, *et al*. Independent and combined effects of eating rate and energy density on energy intake, appetite, and gut hormones. *Obesity* 2013; **21**: E244-52.
- 12) Wilborn C, Kerksick CM. The impact of nutrient timing considerations on weight loss and body composition. In: Kerksick CM, editor. Nutrient timing: metabolic optimization for health, performance, and recovery. Boca Raton: CRC Press; 2012, 273-87.
- 13) Levitsky DA. The control of food intake and the regulation of body weight in humans. In: Harris RBS, Mattes RD, editor. Appetite and food intake: behavioral and physiological considerations. Boca Raton: CRC Press. 2008; 21-42.
- 14) Cohen DA. Neurophysiological pathways to obesity: below awareness and beyond individual control. *Diabetes* 2008; **57**: 1768-73.
- 15) Larson N, Story M. A review of snacking patterns among children and adolescents: what are the implications of snacking for weight status ? *Child Obes* 2013; **9**: 104-15.
- 16) Crespo CJ, Smit E, Troiano RP, *et al*. Television watching, energy intake, and obesity in US children: results from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2001; **155**: 360-5.
- 17) Levitsky DA, Pacanowski CR. Free will and the obesity epidemic. *Public Health Nutr* 2012; **15**: 126-41.
- 18) Eyles H, Ni Mhurchu C, Nghiem N, *et al*. Food pricing strategies, population diets, and non-communicable disease: a systematic review of simulation studies. *PLoS Med* 2012; **9**:

e1001353.

- 19) Torres SJ, Nowson CA. Relationship between stress, eating behavior, and obesity. *Nutrition* 2007; **23**: 887-94.
- 20) Dulloo AG. Energy balance and body weight homeostasis. In: Kopelman PG, Caterson ID, Dietz WH, editor. Clinical obesity in adults and children. 3rd ed. Wiley-Blackwell, Chichester, 2010; 67-81.
- 21) Woods SC, Lutz TA, Geary N, *et al.* Pancreatic signals controlling food intake; insulin, glucagon and amylin. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2006; **361**: 1219-35.
- 22) Kadowaki T, Yamauchi T, Kubota N. The physiological and pathophysiological role of adiponectin and adiponectin receptors in the peripheral tissues and CNS. *FEBS Lett* 2008; **582**: 74-80.
- 23) Pannain S, Beccuti G, Van Cauter E. The connection between sleep loss, obesity, and type 2 diabetes. In: Shiromani PJ, Horvath T, Redline S, Van Cauter E, editor. Sleep loss and obesity: intersecting epidemics. New York: Springer, 2012; 133-68.
- 24) King NA, Caudwell P, Hopkins M, *et al.* Metabolic and behavioral compensatory responses to exercise interventions: barriers to weight loss. *Obesity* 2007; **15**: 1373-83.
- 25) Blundell JE, Stubbs RJ, Hughes DA, *et al.* Cross talk between physical activity and appetite control: does physical activity stimulate appetite? *Proc Nutr Soc* 2003; **62**: 651-61.
- 26) Westerterp KR, Meijer GA, Janssen EM, *et al.* Long-term effect of physical activity on energy balance and body composition. *Br J Nutr* 1992; **68**: 21-30.
- 27) McNeil J, Doucet E. Possible factors for altered energy balance across the menstrual cycle: a closer look at the severity of PMS, reward driven behaviors and leptin variations. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2012; **163**: 5-10.
- 28) Bouchard C. The Biological predisposition to obesity: beyond the thrifty genotype scenario. *Int J Obes* 2007; **31**: 1337-9.
- 29) Westerterp-Plantenga MS, Nieuwenhuizen A, Tome D, *et al.* Dietary protein, weight loss, and weight maintenance. *Annu Rev Nutr* 2009; **29**: 21-41.
- 30) Levine JA, Eberhardt NL, Jensen MD. Role of nonexercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans. *Science* 1999; **283**: 212-4.
- 31) Weyers C1, Walford RL, Harper IT, *et al.* Energy metabolism after 2 y of energy restriction: the biosphere 2 experiment. *Am J Clin Nutr* 2000; **72**: 946-53.
- 32) Levine JA, Vander Weg MW, Hill JO, *et al.* Non-exercise activity thermogenesis: the crouching tiger hidden dragon of societal weight gain. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2006; **26**: 729-36.
- 33) 田中茂穂. エネルギー消費量とその測定方法. *静脈経腸栄養* 2009; **24**: 1013-9.
- 34) Brooks GA, Butte NF, Rand WM, *et al.* Chronicle of the Institute of Medicine physical activity recommendation: how a physical activity recommendation came to be among dietary recommendations. *Am J Clin Nutr* 2004; **79** (Suppl): 921S-30S.
- 35) Miyake R, Tanaka S, Ohkawara K, *et al.* Validity of predictive equations for basal metabolic rate in Japanese adults. *J Nutr Sci Vitaminol* 2011; **57**: 224-32.
- 36) Kodama S, Horikawa C, Fujihara K, *et al.* Comparisons of the strength of associations with future type 2 diabetes risk among anthropometric obesity indicators, including waist-to-height ratio: a meta-analysis. *Am J Epidemiol* 2012; **176**: 959-69.
- 37) Savva SC, Lannis D, Kafatos AG. Predicting cardiometabolic risk: waist-to-height ratio or

BMI. A meta-analysis. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2013; **6**: 403-19.

38) Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, *et al.*; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; **41**: 459-71.

39) Saris WH, Blair SN, van Baak MA, *et al.* How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev* 2003; **4**: 101-14.

40) Samitz G, Egger M, Zwahlen M. Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 2011; **40**: 1382-400.

41) Inoue M, Iso H, Yamamoto S, *et al.*; Japan Public Health Center-Based Prospective Study Group. Daily total physical activity level and premature death in men and women: results from a large-scale population-based cohort study in Japan (JPHC study). *Ann Epidemiol* 2008; **18**: 522-30.

42) Prospective Studies Collaboration, Whitlock G, Lewington S, Sherliker P, *et al.* Body-mass index and cause-specific mortality in 900000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet* 2009; **373**: 1083-96.

43) Berrington de Gonzalez A, Hartge P, Cerhan JR, *et al.* Body-mass index and mortality among 1.46 million white adults. *N Engl J Med* 2010; **363**: 2211-9.

44) Tsugane S, Sasaki S, Tsubono Y. Under- and overweight impact on mortality among middle-aged Japanese men and women: a 10-y follow-up of JPHC study cohort i. *Int J Obesity* 2002; **26**: 529-37.

45) Tamakoshi A, Yatsuya H, Lin Y, *et al.*; JACC Study Group. BMI and all-cause mortality among Japanese older adults: findings from the Japan collaborative cohort study. *Obesity (Silver Spring)* 2010; **18**: 362-9.

46) Sasazuki S, Inoue M, Tsuji I, *et al.*; Research Group for the Development and Evaluation of Cancer Prevention Strategies in Japan. Body mass index and mortality from all causes and major causes in Japanese: results of a pooled analysis of 7 large-scale cohort studies. *J Epidemiol* 2011; **21**: 417-30.

47) Lin WY, Tsai SL, Albu JB, *et al.* Body mass index and all-cause mortality in a large Chinese cohort. *CMAJ* 2011; **183**: E329-36.

48) Gu D, He J, Duan X, *et al.* Body weight and mortality among men and women in China. *JAMA* 2006; **295**: 776-83.

49) Jee SH, Sull JW, Park J, *et al.* Body-mass index and mortality in Korean men and women. *N Engl J Med* 2006; **355**: 779-87.

50) Matsuo T, Sairenchi T, Iso H, *et al.* Age- and gender-specific BMI in terms of the lowest mortality in Japanese general population. *Obesity (Silver Spring)* 2008; **16**: 2348-55.

51) Hainer V, Aldhooon-Hainerova I. Obesity paradox does exist. *Diabetes Care* 2013; **36** Suppl 2: S276-81.

52) Standl E, Erbach M, Schnell O. Defending the con side: obesity paradox does not exist. *Diabetes Care* 2013; **36** (Suppl 2): S282-6.

53) Nanri A, Mizoue T, Takahashi Y, *et al.* Weight change and all-cause, cancer and cardiovascular disease mortality in Japanese men and women: the Japan Public Health Center-Based

Prospective Study. *Int J Obesity* 2010; **34**: 348-56.

- 54) Wannamethee SG, Shaper AG, Lennon L. Reasons for intentional weight loss, unintentional weight loss, and mortality in older men. *Arch Intern Med* 2005; **165**: 1035-40.
- 55) Harrington M, Gibson S, Cottrell RC. A review and meta-analysis of the effect of weight loss on all-cause mortality risk. *Nutr Res Rev* 2009; **22**: 93-108.
- 56) Asia Pacific Cohort Studies Collaboration, Ni Mhurchu C, Parag V, Nakamura M, *et al.* Body mass index and risk of diabetes mellitus in the Asia-Pacific region. *Asia Pac J Clin Nutr* 2006; **15**: 127-33.
- 57) Narayan KM, Boyle JP, Thompson TJ, *et al.* Effect of BMI on lifetime risk for diabetes in the U. S. *Diabetes Care* 2007; **30**: 1562-6.
- 58) Whelton PK, Appel LJ, Espeland MA, *et al.* Sodium reduction and weight loss in the treatment of hypertension in older persons: a randomized controlled trial of nonpharmacologic interventions in the elderly (TONE). TONE Collaborative Research Group. *JAMA* 1998; **279**: 839-46.
- 59) Siebenhofer A, Jeitler K, Berghold A, *et al.* Long-term effects of weight-reducing diets in hypertensive patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2011; **7**: CD008274.
- 60) Mertens IL, Van Gaal LF. Overweight, obesity, and blood pressure: the effects of modest weight reduction. *Obes Res* 2000; **8**: 270-8.
- 61) 勝川史憲. 介入試験における内臓脂肪減少にともなう代謝指標の改善効果. 肥満研究 2009; **15**: 162-9.
- 62) Chong PK, Jung RT, Rennie MJ, *et al.* Energy expenditure in lean and obese diabetic patients using the doubly labelled water method. *Diabet Med* 1993; **10**: 729-35.
- 63) Chong PK, Jung RT, Rennie MJ, *et al.* Energy expenditure in type 2 diabetic patients on metformin and sulphonylurea therapy. *Diabet Med* 1995; **12**: 401-8.
- 64) Salle A, Ryan M, Ritz P. Underreporting of food intake in obese diabetic and nondiabetic patients. *Diabetes Care* 2006; **29**: 2726-7.
- 65) Fontvieille AM, Lillioja S, Ferraro RT, *et al.* Twenty-four-hour energy expenditure in Pima Indians with type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus. *Diabetologia* 1992; **35**: 753-9.
- 66) Bitz C, Toubro S, Larsen TM, *et al.* Increased 24-h energy expenditure in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004; **27**: 2416-21.
- 67) Bogardus C, Taskinen MR, Zawadzki J, *et al.* Increased resting metabolic rates in obese subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus and the effect of sulfonylurea therapy. *Diabetes* 1986; **35**: 1-5.
- 68) Nair KS, Webster J, Garrow JS. Effect of impaired glucose tolerance and type II diabetes on resting metabolic rate and thermic response to a glucose meal in obese women. *Metabolism* 1986; **35**: 640-4.
- 69) Miyake R, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, *et al.* Obese Japanese adults with type 2 diabetes have higher basal metabolic rates than non-diabetic adults. *J Nutr Sci Vitaminol* 2011; **57**: 348-54.
- 70) Weyer C, Bogardus C, Pratley RE. Metabolic factors contributing to increased resting metabolic rate and decreased insulin-induced thermogenesis during the development of type 2 diabetes. *Diabetes* 1999; **48**: 1607-14.
- 71) Swinburn BA, Sacks G, Lo SK, *et al.* Estimating the changes in energy flux that characterize the rise in obesity prevalence. *Am J Clin Nutr* 2009; **89**: 1723-8.

72) Miller WC, Koceja DM, Hamilton EJ. A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *Int J Obesity* 1997; **21**: 941-7.

73) World Health Organization. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Geneva: WHO, 1985: 206.

74) Torun B. Energy requirements of children and adolescents. *Public Health Nutr* 2005; **8**: 968-93.

75) Dugas LR, Harders R, Merrill S, *et al*. Energy expenditure in adults living in developing compared with industrialized countries: a meta-analysis of doubly labeled water studies. *Am J Clin Nutr* 2011; **93**: 427-41.

76) Gaillard C, Alix E, Salle A, *et al*. Energy requirements in frail elderly people: a review of the literature. *Clin Nutr* 2007; **26**: 16-24.

77) Speakman JR, Westerterp KR. Associations between energy demands, physical activity, and body composition in adult humans between 18 and 96 y of age. *Am J Clin Nutr* 2010; **92**: 826-34.

78) Shetty P. Energy requirements of adults. *Public Health Nutr* 2005; **8**: 994-1009.

79) McCrory MA, Hajduk CL, Roberts SB. Procedures for screening out inaccurate reports of dietary energy intake. *Public Health Nutr* 2002; **5**: 873-82.

80) Rafamantanantsoa HH, Ebine N, Yoshioka M, *et al*. Validation of three alternative methods to measure total energy expenditure against the doubly labeled water method for older Japanese men. *J Nutr Sci Vitaminol* 2002; **48**: 517-23.

81) Okubo H, Sasaki S, Rafamantanantsoa HH, *et al*. Validation of self-reported energy intake by a self-administered diet history questionnaire using the doubly labeled water method in 140 Japanese adults. *Eur J Clin Nutr* 2008; **62**: 1343-50.

82) Ishikawa-Takata K, Tabata I, Sasaki S, *et al*. Physical activity level in healthy free-living Japanese estimated by doubly labelled water method and International Physical Activity Questionnaire. *Eur J Clin Nutr* 2008; **62**: 885-91.

83) Schoeller DA, van Santen E. Measurement of energy expenditure in humans by doubly labeled water method. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1982; **53**: 955-9.

84) Seale JL, Rumpler WV, Conway JM, *et al*. Comparison of doubly labeled water, intake-balance, and direct- and indirect-calorimetry methods for measuring energy expenditure in adult men. *Am J Clin Nutr* 1990; **52**: 66-71.

85) Diaz EO, Prentice AM, Goldberg GR, *et al*. Metabolic response to experimental overfeeding in lean and overweight healthy volunteers. *Am J Clin Nutr* 1992; **56**: 641-55.

86) Jones PJ, Leitch CA. Validation of doubly labeled water for measurement of caloric expenditure in collegiate swimmers. *J Appl Physiol* 1993; **74**: 2909-14.

87) Sjodin AM, Andersson AB, Hogberg JM, *et al*. Energy balance in cross-country skiers: a study using doubly labeled water. *Med Sci Sports Exerc* 1994; **26**: 720-4.

88) Branth S, Hambraeus L, Westerterp K, *et al*. Energy turnover in a sailing crew during offshore racing around the world. *Med Sci Sports Exerc* 1996; **28**: 1272-6.

89) Persson M, Elmstahl S, Westerterp KR. Validation of a dietary record routine in geriatric patients using doubly labelled water. *Eur J Clin Nutr* 2000; **54**: 789-96.

90) Hise ME, Sullivan DK, Jacobsen DJ, *et al*. Validation of energy intake measurements determined from observer-recorded food records and recall methods compared with the doubly labeled water method in overweight and obese individuals. *Am J Clin Nutr* 2002; **75**: 263-7.

91) Prentice AM, Black AE, Coward WA, *et al.* High levels of energy expenditure in obese women. *BMJ* 1986; **292**: 983-7.

92) Livingstone MBE, Prentice AM, Strain JJ, *et al.* Accuracy of weighed dietary records in studies of diet and health. *BMJ* 1990; **300**: 708-12.

93) Schulz S, Westerterp KR, Brück K. Comparison of energy expenditure by the doubly labeled water technique with energy intake, heart rate, and activity recording in man. *Am J Clin Nutr* 1989; **49**: 1146-54.

94) Bandini LG, Schoeller DA, Cyr HN, *et al.* Validity of reported energy intake in obese and nonobese adolescents. *Am J Clin Nutr* 1990; **52**: 421-5.

95) Tuschl RJ, Platte P, Laessle RG, *et al.* Energy expenditure and everyday eating behavior in healthy young women. *Am J Clin Nutr* 1990; **52**: 81-6.

96) Goran MI, Poehlman ET. Total energy expenditure and energy requirements in healthy elderly persons. *Metabolism* 1992; **7**: 744-53.

97) Lichtman SW, Pisarska K, Berman ER, *et al.* Discrepancy between self-reported and actual caloric intake and exercise in obese subjects. *N Engl J Med* 1992; **327**: 1893-8.

98) Clark D, Tomas F, Withers RT, *et al.* Energy metabolism in free-living, 'large-eating' and 'small-eating' women: studies using $^{2}\text{H}_2$ (18) O. *Br J Nutr* 1994; **72**: 21-31.

99) Buhl KM, Gallagher D, Hoy K, *et al.* Unexplained disturbance in body weight regulation: diagnostic outcome assessed by doubly labeled water and body composition analyses in obese patients reporting low energy intakes. *J Am Diet Assoc* 1995; **95**: 1393-400.

100) Warwick PM, Baines J. Energy expenditure in free-living smokers and nonsmokers: comparison between factorial, intake-balance, and doubly labeled water measures. *Am J Clin Nutr* 1996; **63**: 15-21.

101) Black AE, Bingham SA, Johansson G, *et al.* Validation of dietary intakes of protein and energy against 24 hour urinary N and DLW energy expenditure in middle-aged women, retired men and post-obese subjects: comparisons with validation against presumed energy requirements. *Eur J Clin Nutr* 1997; **51**: 405-13.

102) Seale JL, Rumpler WV. Comparison of energy expenditure measurements by diet records, energy intake balance, doubly labeled water and room calorimetry. *Eur J Clin Nutr* 1997; **51**: 856-63.

103) Carpenter WH, Fonong T, Toth MJ, *et al.* Total daily energy expenditure in free-living older African-Americans and Caucasians. *Am J Physiol* 1998; **274**: E96-101.

104) Bratteby LE, Sandhagen B, Fan H, *et al.* Total energy expenditure and physical activity as assessed by the doubly labeled water method in Swedish adolescents in whom energy intake was underestimated by 7-d diet records. *Am J Clin Nutr* 1998; **67**: 905-11.

105) Gretebeck RJ, Boileau RA. Self-reported energy intake and energy expenditure in elderly women. *J Am Diet Assoc* 1998; **98**: 574-6.

106) Withers RT, Smith DA, Tucker RC, *et al.* Energy metabolism in sedentary and active 49- to 70-yr-old women. *J Appl Physiol* 1998; **84**: 1333-40.

107) Taren DL, Tobar M, Hill A, *et al.* The association of energy intake bias with psychological scores of women. *Eur J Clin Nutr* 1999; **53**: 570-8.

108) Tomoyasu NJ, Toth MJ, Poehlman ET. Misreporting of total energy intake in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 1999; **47**: 710-5.

109) Goris AH, Westerterp-Plantenga MS, Westerterp KR. Undereating and underrecording of

habitual food intake in obese men: selective underreporting of fat intake. *Am J Clin Nutr* 2000; **71**: 130-4.

110) Kaczkowski CH, Jones PJ, Feng J, *et al.* Four-day multimedia diet records underestimate energy needs in middle-aged and elderly women as determined by doubly-labeled water. *J Nutr* 2000; **130**: 802-5.

111) Tomoyasu NJ, Toth MJ, Poehlman ET. Misreporting of total energy intake in older African Americans. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; **24**: 20-6.

112) Goris AH, Meijer EP, Kester A, *et al.* Use of a triaxial accelerometer to validate reported food intakes. *Am J Clin Nutr* 2001; **73**: 549-53.

113) Weber JL, Reid PM, Greaves KA, *et al.* Validity of self-reported energy intake in lean and obese young women, using two nutrient databases, compared with total energy expenditure assessed by doubly labeled water. *Eur J Clin Nutr* 2001; **55**: 940-50.

114) Seale JL, Klein G, Friedmann J, *et al.* Energy expenditure measured by doubly labeled water, activity recall, and diet records in the rural elderly. *Nutrition* 2002; **18**: 568-73.

115) Champagne CM, Bray GA, Kurtz AA, *et al.* Energy intake and energy expenditure: a controlled study comparing dietitians and non-dietitians. *J Am Diet Assoc* 2002; **102**: 1428-32.

116) Bandini LG, Must A, Cyr H, *et al.* Longitudinal changes in the accuracy of reported energy intake in girls 10-15 y of age. *Am J Clin Nutr* 2003; **78**: 480-4.

117) Black AE, Jebb SA, Bingham SA, *et al.* The validation of energy and protein intakes by doubly labelled water and 24-hour urinary nitrogen excretion in post-obese subjects. *J Hum Nutr Diet* 1995; **8**: 51-64.

118) Livingstone MB, Prentice AM, Coward WA, *et al.* Validation of estimates of energy intake by weighed dietary record and diet history in children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 1992; **56**: 29-35.

119) Sawaya AL, Tucker K, Tsay R, *et al.* Evaluation of four methods for determining energy intake in young and older women: comparison with doubly labeled water measurements of total energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 1996; **63**: 491-9.

120) Johnson RK, Soultanakis RP, Matthews DE. Literacy and body fatness are associated with underreporting of energy intake in US low-income women using the multiple-pass 24-hour recall: a doubly labeled water study. *J Am Diet Assoc* 1998; **98**: 1136-40.

121) Tran KM, Johnson RK, Soultanakis RP, *et al.* In-person vs telephone-administered multiple-pass 24-hour recalls in women: Validation with doubly labeled water. *J Am Diet Assoc* 2000; **100**: 777-80.

122) Rothenberg E, Bosaeus I, Lernfelt B, *et al.* Energy intake and expenditure: validation of a diet history by heart rate monitoring, activity diary and doubly labeled water. *Eur J Clin Nutr* 1998; **52**: 832-8.

123) Bathalon GP, Tucker KL, Hays NP, *et al.* Psychological measures of eating behavior and the accuracy of 3 common dietary assessment methods in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2000; **71**: 739-45.

124) Black AE, Welch AA, Bingham SA. Validation of dietary intakes measured by diet history against 24 h urinary nitrogen excretion and energy expenditure measured by the doubly-labelled water method in middle-aged women. *Br J Nutr* 2000; **83**: 341-54.

125) Barnard JA, Tapsell LC, Davies PS, *et al.* Relationship of high energy expenditure and variation in dietary intake with reporting accuracy on 7 day food records and diet histories in a

group of healthy adult volunteers. *Eur J Clin Nutr* 2002; **56**: 358-67.

126) Hebert JR, Ebbeling CB, Matthews CE, *et al.* Systematic errors in middle-aged women's estimates of energy intake: comparing three self-report measures to total energy expenditure from doubly labeled water. *Ann Epidemiol* 2002; **12**: 577-86.

127) Larsson CL, Westerterp KR, Johansson GK. Validity of reported energy expenditure and energy and protein intakes in Swedish adolescent vegans and omnivores. *Am J Clin Nutr* 2002; **75**: 268-74.

128) Andersen LF, Tomten H, Haggarty P, *et al.* Validation of energy intake estimated from a food frequency questionnaire: a doubly labelled water study. *Eur J Clin Nutr* 2003; **57** (2): 279-84.

129) Sjoberg A, Slinde F, Arvidsson D, *et al.* Energy intake in Swedish adolescents: validation of diet history with doubly labelled water. *Eur J Clin Nutr* 2003; **57**: 1643-52.

130) Lof M, Forsum E. Validation of energy intake by dietary recall against different methods to assess energy expenditure. *J Hum Nutr Diet* 2004; **17**: 471-80.

131) Riumallo JA, Schoeller D, Barrera G, *et al.* Energy expenditure in underweight free-living adults: impact of energy supplementation as determined by doubly labeled water and indirect calorimetry. *Am J Clin Nutr* 1989; **49**: 239-46.

132) Velthuis-te Wierik EJ, Westerterp KR, van den Berg H. Impact of a moderately energy-restricted diet on energy metabolism and body composition in non-obese men. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; **19**: 318-24.

133) Van Etten LM, Westerterp KR, Verstappen FT, *et al.* Effect of an 18-wk weight-training program on energy expenditure and physical activity. *J Appl Physiol* 1997; **82**: 298-304.

134) Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA, *et al.* Longitudinal assessment of energy expenditure in pregnancy by the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr* 1993; **57**: 494-505.

135) Kempen KP, Saris WH, Westerterp KR. Energy balance during an 8-wk energy-restricted diet with and without exercise in obese women. *Am J Clin Nutr* 1995; **62**: 722-9.

136) Martin LJ, Su W, Jones PJ, *et al.* Comparison of energy intakes determined by food records and doubly labeled water in women participating in a dietary-intervention trial. *Am J Clin Nutr* 1996; **63**: 483-90.

137) Ross R, Dagnone D, Jones PJ, *et al.* Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 2000; **133**: 92-103.

138) 彰 雪英, 柴田 麗, 吉武 裕, 他. 長期の運動習慣を有する中年女性におけるエネルギーバランスおよび栄養素等の摂取状況. 日本栄養・食糧学会誌 2005; **58**: 329-35.

139) 高田和子, 別所京子, 田中茂穂, 他. 日本人成人における秤量法によるエネルギー摂取量の推定精度. 栄養学雑誌 2011; **69**: 57-66.

140) Paul DR, Novotny JA, Rumpler WV. Effects of the interaction of sex and food intake on the relation between energy expenditure and body composition. *Am J Clin Nutr* 2004; **79**: 385-9.

141) Westerterp KR, Plasqui G, Goris AH. Water loss as a function of energy intake, physical activity and season. *Br J Nutr* 2005; **93**: 199-203.

142) Paul DR, Rhodes DG, Kramer M, *et al.* Validation of a food frequency questionnaire by direct measurement of habitual ad libitum food intake. *Am J Epidemiol* 2005; **162**: 806-14.

143) Mahabir S, Baer DJ, Giffen C, *et al.* Calorie intake misreporting by diet record and food frequency questionnaire compared to doubly labeled water among postmenopausal women. *Eur*

J Clin Nutr 2006; **60**: 561–5.

- 144) Kimm SY, Glynn NW, Obarzanek E, *et al.* Racial differences in correlates of misreporting of energy intake in adolescent females. *Obesity* 2006; **14**: 156–64.
- 145) Svendsen M, Tonstad S. Accuracy of food intake reporting in obese subjects with metabolic risk factors. *Br J Nutr* 2006; **95**: 640–9.
- 146) Blanton CA, Moshfegh AJ, Baer DJ, *et al.* The USDA Automated Multiple-Pass Method accurately estimates group total energy and nutrient intake. *J Nutr* 2006; **136**: 2594–9.
- 147) Fuller Z, Horgan G, O'Reilly LM, *et al.* Comparing different measures of energy expenditure in human subjects resident in a metabolic facility. *Eur J Clin Nutr* 2008; **62**: 560–9.
- 148) Moshfegh AJ, Rhodes DG, Baer DJ, *et al.* The US Department of Agriculture Automated Multiple-Pass Method reduces bias in the collection of energy intakes. *Am J Clin Nutr* 2008; **88**: 324–32.
- 149) Scagliusi FB, Ferrioli E, Pfrimer K, *et al.* Underreporting of energy intake in Brazilian women varies according to dietary assessment: a cross-sectional study using doubly labeled water. *J Am Diet Assoc* 2008; **108**: 2031–40.
- 150) Ma Y, Olendzki BC, Pagoto SL, *et al.* Number of 24-hour diet recalls needed to estimate energy intake. *Ann Epidemiol* 2009; **19**: 553–9.
- 151) Karelis AD, Lavoie ME, Fontaine J, *et al.* Anthropometric, metabolic, dietary and psychosocial profiles of underreporters of energy intake: a doubly labeled water study among overweight/obese postmenopausal women—a Montreal Ottawa New Emerging Team study. *Eur J Clin Nutr* 2010; **64**: 68–74.
- 152) Pietilainen KH, Korkeila M, Bogl LH, *et al.* Inaccuracies in food and physical activity diaries of obese subjects: complementary evidence from doubly labeled water and co-twin assessments. *Int J Obesity* 2010; **34**: 437–45.
- 153) Preis SR, Spiegelman D, Zhao BB, *et al.* Application of a repeat-measure biomarker measurement error model to 2 validation studies: examination of the effect of within-person variation in biomarker measurements. *Am J Epidemiol* 2011; **173**: 683–94.
- 154) Raymond NC, Peterson RE, Bartholome LT, *et al.* Comparisons of energy intake and energy expenditure in overweight and obese women with and without binge eating disorder. *Obesity* 2012; **20**: 765–72.
- 155) Arab L, Tseng CH, Ang A, *et al.* Validity of a multipass, web-based, 24-hour self-administered recall for assessment of total energy intake in blacks and whites. *Am J Epidemiol* 2011; **174**: 1256–65.
- 156) Racette SB, Das SK, Bhapkar M, *et al.*; CALERIE Study Group. Approaches for quantifying energy intake and% calorie restriction during calorie restriction interventions in humans: the multicenter CALERIE study. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2012; **302**: E441–8.
- 157) Cameron JD, Riou ME, Tesson F, *et al.* The TaqIA RFLP is associated with attenuated intervention-induced body weight loss and increased carbohydrate intake in post-menopausal obese women. *Appetite* 2013; **60**: 111–6.
- 158) Judice PB, Matias CN, Santos DA, *et al.* Caffeine intake, short bouts of physical activity, and energy expenditure: a double-blind randomized crossover trial. *PLoS One* 2013; **8**: e68936.
- 159) Champagne CM, Han H, Bajpeyi S, *et al.* Day-to-Day Variation in Food Intake and Energy Expenditure in Healthy Women: The Dietitian II Study. *J Acad Nutr Diet* 2013; **113**: 1532–8.

160) Martin CK, Correa JB, Han H, *et al.* Validity of the Remote Food Photography Method (RFPM) for estimating energy and nutrient intake in near real-time. *Obesity* 2012; **20**: 891-9.

161) Christensen SE, Moller E, Bonn SE, *et al.* Two new meal- and web-based interactive food frequency questionnaires: validation of energy and macronutrient intake. *J Med Internet Res* 2013; **15**: e109.

162) Fukumoto A, Asakura K, Murakami K, *et al.* Within-and between-individual variation in energy and nutrient intake in Japanese adults: effect of age and sex difference on the group size and number of records required for adequate dietary assessment. *J Epidemiol* 2013; **23**: 178-86.

163) 三宅理江子, 田中茂穂. エネルギーを知る・運動を知る—その関係と仕組みを学ぶ—基礎代謝の推定式について. *臨床栄養* 2012; **121**: 786-90.

164) Black AE, Coward WA, Cole TJ, *et al.* Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur J Clin Nutr* 1996; **50**: 72-92.

165) 柳井玲子, 増田利隆, 喜多河佐知子, 他. 若年男女における食事量の過小・過大評価と身体的, 心理的要因および生活習慣との関係. *川崎医療福祉学会誌* 2006; **16**: 109-19.

166) 島田美恵子, 西牟田守, 児玉直子. 血漿トリヨードサイロニン (T3) は低値者が存在し, しかも早朝空腹仰臥位安静時代謝 (PARM) と正相関する—T3 は基礎代謝基準値策定のための PARM 測定時の必須測定項目である—. *体力科学* 2006; **55**: 295-305.

167) 田口素子, 樋口 満, 岡 純, 他. 女性持久性競技者の基礎代謝量. *栄養学雑誌* 2001; **59**: 127-34.

168) Usui C, Takahashi E, Gando Y, *et al.* Relationship between blood adipocytokines and resting energy expenditure in young and elderly women. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2007; **53**: 529-35.

169) Yamamura C, Tanaka S, Futami J, *et al.* Activity diary method for predicting energy expenditure as evaluated by a whole-body indirect human calorimeter. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2003; **49**: 262-9.

170) Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, *et al.* Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr* 2007; **61**: 1256-61.

171) 広瀬昌博. 現在の日本人中高年者における基礎代謝に関する研究. *愛媛医学* 1989; **8** (2): 192-210.

172) Hioki C, Arai M. Bofutsushosan use for obesity with IGT: search for scientific basis and development of effective therapy with Kampo medicine. *Journal of Traditional Medicines* 2007; **24**: 115-27.

173) 薄井澄子, 岡 純, 山川 純, 他. 閉経後中高年女性の基礎代謝量に及ぼす身体組成の影響. *体力科学* 2003; **52**: 189-98.

174) 横関利子. 高齢者の基礎代謝量と身体活動量. *日本栄養・食糧学会誌* 1993; **46**: 451-8.

175) 横関利子. 寝たきり老人の基礎代謝量とエネルギー所要量. *日本栄養・食糧学会誌* 1993; **46**: 459-66.

176) 田原靖昭. 基礎代謝および寒冷暴露時における身体組成別産熱量の季節的変動. *日本栄養・食糧学会誌* 1983; **36**: 255-263.

177) Maeda T, Fukushima T, Ishibashi K, *et al.* Involvement of basal metabolic rate in determination of type of cold tolerance. *J Physiol Anthropol* 2007; **26**: 415-8.

178) Kaneko K, Ito C, Koizumi K, *et al.* Resting energy expenditure (REE) in six- to seventeen-year-old Japanese children and adolescents. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2013; **59**: 299-309.

179) Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, *et al.* Accuracy of predictive equations for basal metabolic rate and contribution of abdominal fat distribution to basal metabolic rate in obese Japanese People. *Anti-Aging Med* 2008; **5**: 17-21.

180) 高橋恵理, 橋口 満, 細川 優, 他. 若年成人女性の基礎代謝量と身体組成. 栄養学雑誌 2007; **65**: 241-7.

181) Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. National Academies Press, Washington D. C. 2005; 107-264.

182) Ohkawara K, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, *et al.* Twenty-four-hour analysis of elevated energy expenditure after physical activity in a metabolic chamber: models of daily total energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 2008; **87**: 1268-76.

183) Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, *et al.* Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; **32**: S498-504.

184) Ishikawa-Takata K, Naito Y, Tanaka S, *et al.* Use of doubly labeled water to validate a physical activity questionnaire developed for the Japanese population. *J Epidemiol* 2011; **21**: 114-21.

185) Fontvieille AM, Harper IT, Ferraro RT, *et al.* Daily energy expenditure by five-year-old children, measured by doubly labeled water. *J Pediatr* 1993; **123**: 200-7.

186) Bunt JC, Salbe AD, Harper IT, *et al.* Weight, adiposity, and physical activity as determinants of an insulin sensitivity index in pima Indian children. *Diabetes Care* 2003; **26**: 2524-30.

187) Franks PW, Ravussin E, Hanson RL, *et al.* Habitual physical activity in children: the role of genes and the environment. *Am J Clin Nutr* 2005; **82**: 901-8.

188) Hoos MB, Plasqui G, Gerver WJ, Westerterp KR. Physical activity level measured by doubly labeled water and accelerometry in children. *Eur J Appl Physiol* 2003; **89**: 624-6.

189) Livingstone MB, Coward WA, Prentice AM, *et al.* Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water (2H2 (18) O) method. *Am J Clin Nutr* 1992; **56**: 343-52.

190) Dugas LR, Ebersole K, Schoeller D, *et al.* Very low levels of energy expenditure among pre-adolescent Mexican-American girls. *Int J Pediatr Obes* 2008; **3**: 123-6.

191) Luke A, Roizen NJ, Sutton M, *et al.* Energy expenditure in children with Down syndrome: correcting metabolic rate for movement. *J Pediatr* 1994; **125**: 829-38.

192) Ramirez-Marrero FA, Smith BA, Sherman WM, *et al.* Comparison of methods to estimate physical activity and energy expenditure in African American children. *Int J Sports Med* 2005; **26**: 363-71.

193) Treuth MS, Figueroa-Colon R, Hunter GR, *et al.* Energy expenditure and physical fitness in overweight vs non-overweight prepubertal girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; **22**: 440-7.

194) Treuth MS, Butte NF, Wong WW. Effects of familial predisposition to obesity on energy expenditure in multiethnic prepubertal girls. *Am J Clin Nutr* 2000; **71**: 893-900.

195) Maffei C, Pinelli L, Zaffanello M, *et al.* Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labelled water (2H2 (18) O) method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; **19**: 671-7.

196) Spadano JL, Bandini LG, Must A, *et al.* Longitudinal changes in energy expenditure in girls from late childhood through midadolescence. *Am J Clin Nutr* 2005; **81**: 1102-9.

197) Anderson SE, Bandini LG, Dietz WH, *et al.* Relationship between temperament, nonresting

energy expenditure, body composition, and physical activity in girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; **28**: 300–6.

198) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, *et al.* Energy expenditure and substrate oxidation predict changes in body fat in children. *Am J Clin Nutr* 2006; **84**: 862–70.

199) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, *et al.* Energy expenditure in preadolescent African American and white boys and girls: the Baton Rouge Children's Study. *Am J Clin Nutr* 2002; **75**: 705–13.

200) 足立 稔, 笹山健作, 引原有輝, 他. 小学生の日常生活における身体活動量の評価: 二重標識水法と加速度計法による検討. *体力科学* 2007; **56**: 347–355.

201) Perks SM, Roemmich JN, Sandow-Pajewski M, *et al.* Alterations in growth and body composition during puberty. IV. Energy intake estimated by the youth-adolescent food-frequency questionnaire: validation by the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr* 2000; **72**: 1455–60.

202) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, *et al.* Energy expenditure in African American and white boys and girls in a 2-y follow-up of the Baton Rouge Children's Study. *Am J Clin Nutr* 2004; **79**: 268–73.

203) Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res* 1990; **27**: 198–203.

204) Arvidsson D, Slinde F, Hulthen L. Physical activity questionnaire for adolescents validated against doubly labelled water. *Eur J Clin Nutr* 2005; **59**: 376–83.

205) Slinde F, Arvidsson D, Sjoberg A, *et al.* Minnesota leisure time activity questionnaire and doubly labeled water in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2003; **35**: 1923–8.

206) Ekelund U, Aman J, Yngve A, *et al.* Physical activity but not energy expenditure is reduced in obese adolescents: a case-control study. *Am J Clin Nutr* 2002; **76**: 935–41.

207) Eriksson B, Henriksson H, Lof M, *et al.* Body-composition development during early childhood and energy expenditure in response to physical activity in 1.5-y-old children. *Am J Clin Nutr* 2012; **96**: 567–73.

208) Sijtsma A, Schierbeek H, Goris AH, *et al.* Validation of the TracmorD triaxial accelerometer to assess physical activity in preschool children. *Obesity* 2013; **21**: 1877–83.

209) Corder K, van Sluijs EM, Wright A, *et al.* Is it possible to assess free-living physical activity and energy expenditure in young people by self-report? *Am J Clin Nutr* 2009; **89**: 862–70.

210) Bell KL, Davies PS. Energy expenditure and physical activity of ambulatory children with cerebral palsy and of typically developing children. *Am J Clin Nutr* 2010; **92**: 313–9.

211) Zinkel SR, Moe M 3rd, Stern EA, *et al.* Comparison of total energy expenditure between school and summer months. *Pediatr Obes* 2013; **8**: 404–10.

212) Bandini LG, Lividini K, Phillips SM, *et al.* Accuracy of Dietary Reference Intakes for determining energy requirements in girls. *Am J Clin Nutr* 2013; **98**: 700–4.

213) Butte NF, Ekelund U, Westerterp KR. Assessing physical activity using wearable monitors: measures of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2012; **44**: S5–12.

214) Ishikawa-Takata K, Kaneko K, Koizumi K, *et al.* Comparison of physical activity energy expenditure in Japanese adolescents assessed by EW4800P triaxial accelerometry and the doubly labelled water method. *Br J Nutr* 2013; **110**: 1347–55.

215) Foley LS, Maddison R, Rush E, *et al.* Doubly labeled water validation of a computerized use-of-time recall in active young people. *Metabolism* 2013; **62**: 163–9.

216) Arvidsson D, Slinde F, Hulthen L. Free-living energy expenditure in children using multi-sensor activity monitors. *Clin Nutr* 2009; **28**: 305–12.

217) Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM, *et al.* Energy requirements derived from total energy expenditure and energy deposition during the first 2 y of life. *Am J Clin Nutr* 2000; **72**: 1558–69.

218) Tennefors C, Coward WA, Hernell O, *et al.* Total energy expenditure and physical activity level in healthy young Swedish children 9 or 14 months of age. *Eur J Clin Nutr* 2003; **57**: 647–53.

219) Davies PS, Gregory J, White A. Physical activity and body fatness in pre-school children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; **19**: 6–10.

220) Atkin LM, Davies PSW. Diet composition and body composition in preschool children. *Am J Clin Nutr* 2000; **72**: 15–21.

221) Reilly JJ, Jackson DM, Montgomery C, *et al.* Total energy expenditure and physical activity in young Scottish children: mixed longitudinal study. *Lancet* 2004; **363**: 211–2.

222) Salbe AD, Weyer C, Harper I, *et al.* Assessing risk factors for obesity between childhood and adolescence: II. Energy metabolism and physical activity. *Pediatrics* 2002; **110**: 307–14.

223) Montgomery C, Reilly JJ, Jackson DM, *et al.* Relation between physical activity and energy expenditure in a representative sample of young children. *Am J Clin Nutr* 2004; **80**: 591–6.

224) Hoos MB, Gerver WJ, Kester AD, *et al.* Physical activity levels in children and adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; **27**: 605–9.

225) Yamada Y, Yokoyama K, Noriyasu R, *et al.* Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. *Eur J Appl Physiol* 2009; **105**: 141–52.

226) Baarens EM, Schols AM, Pannemans DL, *et al.* Total free living energy expenditure in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; **155**: 549–54.

227) Sawaya AL, Saltzman E, Fuss P, *et al.* Dietary energy requirements of young and older women determined by using the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr* 1995; **62**: 338–44.

228) Reilly JJ, Lord A, Bunker VW, *et al.* Energy balance in healthy elderly women. *Br J Nutr* 1993; **69**: 21–7.

229) Bonnefoy M, Normand S, Pachiaudi C, *et al.* Simultaneous validation of ten physical activity questionnaires in older men: a doubly labeled water study. *J Am Geriatr Soc* 2001; **49**: 28–35.

230) Blanc S, Schoeller DA, Bauer D, *et al.* Energy requirements in the eighth decade of life. *Am J Clin Nutr* 2004; **79**: 303–10.

231) Rothenberg EM, Bosaeus IG, Steen BC. Energy expenditure at age 73 and 78—a five year follow-up. *Acta Diabetol* 2003; **40**: S134–8.

232) Fuller NJ, Sawyer MB, Coward WA, *et al.* Components of total energy expenditure in free-living elderly men (over 75 years of age): measurement, predictability and relationship to quality-of-life indices. *Br J Nutr* 1996; **75**: 161–73.

233) Colbert LH, Matthews CE, Havighurst TC, *et al.*: Comparative validity of physical activity measures in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2011; **43**: 867–76.

234) Manini TM, Everhart JE, Patel KV, *et al.*; Health, Aging and Body Composition Study. Activity energy expenditure and mobility limitation in older adults: differential associations by

sex. *Am J Epidemiol* 2009; **169**: 1507-16.

235) Cooper JA, Manini TM, Paton CM, *et al.* Longitudinal change in energy expenditure and effects on energy requirements of the elderly. *Nutr J* 2013; **12**: 73.

236) Tucker JM, Tucker LA, Lecheminant J, *et al.* Obesity increases risk of declining physical activity over time in women: a prospective cohort study. *Obesity* 2013; **21**(12):E715-20.

237) Park J, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, *et al.* Relation of body composition to daily physical activity in free-living Japanese adult women. *Br J Nutr* 2011; **106**: 1117-27.

238) Park J, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, *et al.* The relationship of body composition to daily physical activity in free-living Japanese adult men. *Br J Nutr* 2013; **10**: 1-7.

239) Amatruda JM, Statt MC, Welle SL. Total and resting energy expenditure in obese women reduced to ideal body weight. *J Clin Invest* 1993; **92**: 1236-42.

240) Weinsier RL, Hunter GR, Zuckerman PA, *et al.* Energy expenditure and free-living physical activity in black and white women: comparison before and after weight loss. *Am J Clin Nutr* 2000; **71**: 1138-46.

241) Salvadori A, Fanari P, Mazza P, *et al.* Work capacity and cardiopulmonary adaptation of the obese subject during exercise testing. *Chest* 1992; **101**: 674-9.

242) Hulens M, Vansant G, Lysens R, *et al.* Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand J Med Sci Sports* 2001; **11**: 305-9.

243) FAO. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Technical Report Series No. 1. FAO, Rome 2004.

244) Butte NF, King JC. Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public Health Nutr* 2005; **8**: 1010-27.

245) Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA, *et al.* Longitudinal assessment of the components of energy balance in well-nourished lactating women. *Am J Clin Nutr* 1991; **54**: 788-98.

246) Forsum E, Kabir N, Sadurskis A, *et al.* Total energy expenditure of healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1992; **56**: 334-42.

247) Kopp-Hoolihan LE, van Loan MD, Wong WW, *et al.* Longitudinal assessment of energy balance in well-nourished, pregnant women. *Am J Clin Nutr* 1999; **69**: 697-704.

248) Butte NF, Wong WW, Treuth MS, *et al.* Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *Am J Clin Nutr* 2004; **79**: 1078-87.

249) Takimoto H, Sugiyama T, Fukuoka H, *et al.* Maternal weight gain ranges for optimal fetal growth in Japanese women. *Int J Gynaecol Obstet* 2006; **92**: 272-8.

250) Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM. Energy requirements of lactating women derived from doubly labeled water and milk energy output. *J Nutr* 2001; **131**: 53-8.

251) 鈴木久美子, 佐々木晶子, 新澤佳代, 他. 離乳前乳児の哺乳量に関する研究. 栄養学雑誌 2004; **62**: 369-72.

252) 廣瀬潤子, 遠藤美佳, 柴田克己, 他. 日本人母乳栄養児（0～5ヵ月）の哺乳量. 日本母乳哺育学会雑誌 2008; **2**: 23-8.

253) Yamawaki N, Yamada M, Kan-no T, *et al.* Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women. *J Trace Elem Med Biol* 2005; **19**: 171-81.