

## Ⅱ 各論

### 1 エネルギー・栄養素

各論では、エネルギー及び栄養素について、食事摂取基準として設定した指標とその基準（数値）及び策定方法を示す。

各論で使われている用語、指標等についての基本的事項や本章で設定した各指標の数値の活用方法は、全て総論で解説されているので、各論では説明しない。したがって、総論を十分に理解した上で各論を理解し、活用することが重要である。

なお、各論で設定した各指標の基準は、全て当該性・年齢区分における参照体位を想定した値である。参照体位と大きく異なる体位を持つ個人又は集団に用いる場合には注意を要する。また、栄養素については、身体活動レベルⅡ（ふつう）を想定した値である。この身体活動レベルと大きく異なる身体活動レベルを持つ個人又は集団に用いる場合には、注意を要する。

#### 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 を用いることが实际的であり、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<sup>1)</sup> に従い、1 kcal=4.184 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 (姿勢の保持や筋肉の維持など) の三つに分けられる。

エネルギー出納バランスは、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 (正のエネルギー出納バランス) が続けば体重は増加し、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 (負のエネルギー出納バランス) では体重が減少する。したがって、短期的なエネルギー出納のアンバランスは、体重の変化で評価可能である。一方、エネルギー出納のアンバランスは、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、長期にわたってエネルギー制限を続けると、体重減少に伴いエネルギー消費量やエネルギー摂取量が変化し、体重減少は一定量で頭打ちとなり、エネルギー出納バランスがゼロになる新たな状態に移行する (図 1)。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、エネルギー出納バランスがほぼゼロに保たれた状態にある。肥満者もやせの者も、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、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。

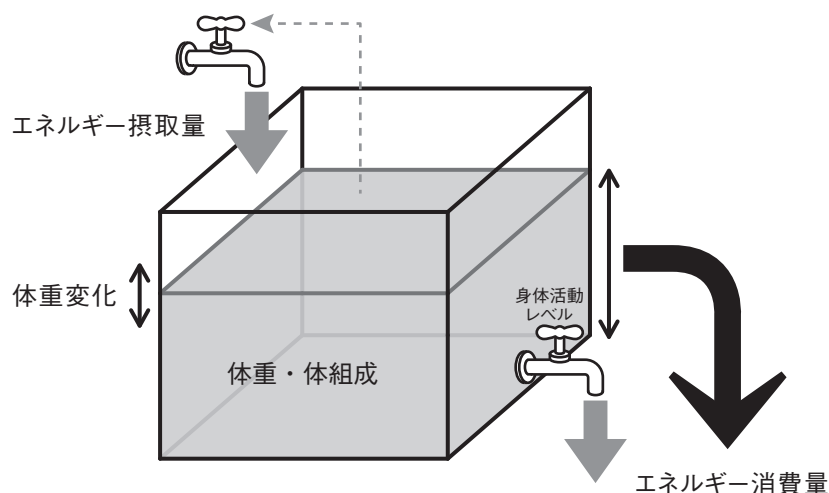


図1 エネルギー出納バランスの基本概念

体重とエネルギー出納の関係は、水槽に水が貯まったモデルで理解される。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、体格（BMI）は一定に保たれる。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が減少し、やせにつながる。しかし、長期的には、体重変化によりエネルギー消費量やエネルギー摂取量が変化し、エネルギー出納はゼロとなり、体重が安定する。肥満者もやせの者も体重に変化がなければ、エネルギー摂取量とエネルギー消費量は等しい。

## 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）の測定値や性、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2）。特に、二重標識水法は、2週間程度の（ある程度習慣的な）総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が提供される<sup>2)</sup>。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は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<sup>3)</sup>。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<sup>4)</sup>。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、エネルギー出納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、エネルギー出納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 もエネルギー出納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。

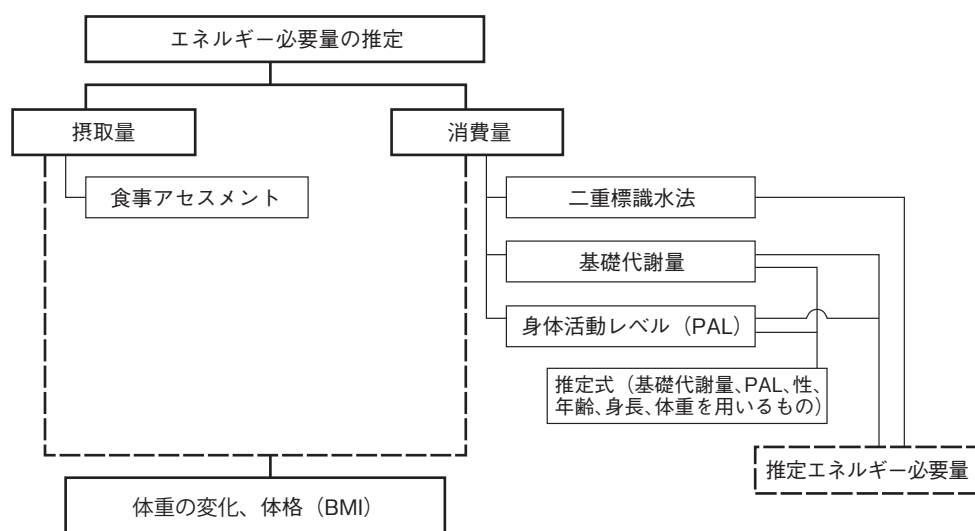


図2 エネルギー必要量を推定するための測定法と体重変化、体格 (BMI)、推定エネルギー必要量との関連

### 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も、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、また、エネルギー摂取量や供給量を測るのでもなく、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、糖尿病及び循環器疾患の発症率や循環器疾患及び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<sup>5,6)</sup>。しかし、研究成果の蓄積の豊富さや、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。

なお、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<sup>7)</sup>、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<sup>8)</sup>。また、高い身体活動は、体重とは独立して総死亡率の低下に関連することも明らかにされている<sup>9,10)</sup>。体重増加に伴う生活習慣病の発症予防及び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出納のバランスを図る必要がある。一方、高齢者については、低い身体活動レベルは摂取できるエネルギー量の減少を招き、栄養素の不足を来しやすくする<sup>11,12)</sup>。身体活動量の増加により、高いレベルのエネルギー消費量と摂取量の出納バランスを維持することが望ましい。

## 3-2 発症予防

### 3-2-1 基本的な考え方

健康的な体重を考えるためには、何をもって健康と考えるかをあらかじめ定義して、それへの体重の影響を検討しなくてはならない。「理想 (ideal) 体重」、「望ましい (desirable) 体重」、「健康 (healthy) 体重」、「適正 (optimal) 体重」、「標準 (standard) 体重」、「普通 (normal) 体重」など、健康的な体重を表す用語は定義の異なる種々のものがあるが、同一の用語でも定義は必ずしも一定でない場合もある<sup>13,14)</sup>。ここでは、死因を問わない死亡率（総死亡率）が最低になる体重（以下、成人では BMI を用いる）をもって最も健康的であると考えたこととした。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ことに注意を要する。

また、総死亡率は乳児や小児に用いるのは適切ではなく、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（歴史的経緯）

総死亡率を指標にした健康的な体重の検討は、アメリカのメトロポリタン生命保険会社が保険契約者のデータを基に発表した理想体重表<sup>15,16)</sup>に端を発する。これは体格 (body frame) が大、中、小の三つの表からなり、それぞれ同一の身長に対し総死亡率の最も低い体重の「幅」が示されたもので、適用は 20 歳以上の全ての成人であった。しかし、表が三つあり体重幅で示されていて煩雑なため、体格・中の表の体重幅の中間値をとった表が提唱され<sup>17)</sup>、肥満度の計算に用いられるようになる。

我が国では、上記の表<sup>17)</sup>から靴の厚さ、着衣の重量を補正した松木の標準体重表<sup>18)</sup>、保険契約者の最低死亡率を基にした明治生命標準体重表<sup>19,20)</sup>などが提唱された。これらはいずれも身長に対し最適な一つの体重を呈示していた。

なお、現在、我が国で使われる標準体重 ( $=22 \times [\text{身長 (m)}]^2$ ) は、職域健診の異常所見の合計数が最も少なくなる BMI に基づくものである<sup>21,22)</sup>。すなわち、30~59 歳の男性 3,582 人、女性 983 人を対象に、健診データ 10 項目〔胸部 X 線、心電図、上部消化管透視、高血圧、血尿・



蛋白尿、AST (GOT)・ALT (GPT)、総コレステロール・トリグリセライドなど、高尿酸血症、血糖 (空腹時、糖負荷後)、貧血] の異常所見の合計数を BMI で層別に平均し、BMI との関係は二次回帰したものである。なお、この論文では、被験者集団の年齢範囲から、データの適応範囲を 30~59 歳と限定している<sup>22)</sup>。

### 3-2-3 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、男女ともに 22.5~25.0 kg/m<sup>2</sup> の群で最も低い総死亡率を認めた<sup>23)</sup>。一方、健康な者を中心とした我が国の代表的な二つのコホート研究及び七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<sup>2</sup>) とその後の総死亡率との関連を図 3 に示す<sup>24-26)</sup>。また、近隣東アジア諸国からの代表的な報告を図 4 にまとめた<sup>27-29)</sup>。

図 3 及び図 4 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 は男女ともに高くなる傾向がある。図 4 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<sup>2</sup> を超えても総死亡率に明確な増加は観察されていない<sup>29)</sup>。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 を検討した我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<sup>2</sup>、50~55 歳で 23.4 と 21.6 kg/m<sup>2</sup>、60~69 歳で 25.1 と 22.8 kg/m<sup>2</sup>、70~79 歳で 25.5 と 24.1 kg/m<sup>2</sup> であった<sup>30)</sup>。

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、22.5~24.9 kg/m<sup>2</sup> 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 18.5~24.9 kg/m<sup>2</sup>、50~59 歳では 20.0~24.9 kg/m<sup>2</sup>、60~69 歳と 70~84 歳では 20.0~27.4 kg/m<sup>2</sup> であった<sup>31)</sup>。同様に、システマティック・レビューにより検索された世界 239 のコホート研究で、20~90 歳の研究参加者のプール解析<sup>32)</sup> における、東アジア地域コホート (61 コホート、追跡期間の中央値 13.9 年) の年齢階層別の BMI と総死亡率の関連を図 5 に示す。最も低い総死亡率を示す BMI は、35~49 歳では 18.5~25、50~69 歳では 20~25、70~89 歳では 20~27.5 であった。高齢者を対象に、フレイルとそれに関連する死亡のリスクを検討した研究でも、死亡リスクの低い BMI は、ほぼ同様の結果であった<sup>33-36)</sup>。なお、70 歳以上では死亡率が最も低くなる BMI に男女差があることを示唆する報告<sup>37)</sup> もある。

この種の研究では、ベースライン調査時に、喫煙の影響や潜在的な疾患、健康障害が存在していたため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 で最低の総死亡率が観察されている可能性を否定できない。喫煙による体重減少と死亡率の上昇の影響については、喫煙の有無で総死亡率が最低となる BMI には差を認めないとする研究<sup>38)</sup> がある一方、非喫煙者では、最低死亡率を示す BMI がやや低めの値を示す研究もある<sup>31)</sup>。コホート研究のシステマティック・レビュー<sup>39)</sup> では、喫煙歴の有無、ベースライン時の健康状態や疾病の有無、追跡直後の死亡の除外によって、BMI と総死亡率の U 字型の関連がどのように変化するかが検討され、こうした因果の逆転を引き起こす可能性のある因子を考慮しないと、やや高めの BMI で総死亡率が低く示されることを示唆している。

高いBMIが死亡リスクの低下に関連する現象は、高齢者のみならず種々の疾患を有する者で観察され、obesity paradox（肥満のパラドックス）と呼ぶ<sup>40)</sup>。こうした現象に関連するもう一つの要因として、体重が体組成（体脂肪量、除脂肪体重）を必ずしも反映しないことも挙げられる。しかし一方で、obesity paradoxを疑問視する考えもあり、結論はまだ得られていない<sup>41)</sup>。

肥満者では、合併する種々の生活習慣病の結果として、脳心血管病により中年期から死亡リスクが増加する。例えば、我が国の糖尿病患者の平均死亡年齢（2001～2010年）は男性71.4歳、女性75.1歳である<sup>42)</sup>。したがって、高齢者では、生活習慣病の死亡リスクを有する者が少ない集団を見ていることになる（サバイバー効果）。上記のコホート研究は、高齢者で肥満や糖尿病などの生活習慣病の合併を放置してよいことを必ずしも意味しない。

百寿者（年齢100歳以上の者）は、多くの者が90歳代初めまで自立した生活を営んでいたことが明らかにされており、サクセスフル・エイジングの例と考えられる。百寿者のBMIは男性22.8、女性20.8（沖縄）<sup>43)</sup>、19.3（東京）<sup>44)</sup>などと報告されており、糖尿病<sup>45)</sup>や高コレステロール血症<sup>46)</sup>の合併が少ないことも報告されている。また、平均72.4（66～81）歳の女性を14～19年追跡し、調査開始時のBMIで層別化し、85歳までの疾患や運動制限の発生についてのリスクを比較した研究<sup>47)</sup>では、BMI18.5～25よりもそれ以上の者で、疾患を発症したり、身体活動に制限が生じる割合が高いことが示されている。したがって、後期高齢者においても、特に糖尿病や高コレステロール血症などを合併する場合、肥満（BMI $\geq$ 25）は好ましくない状態と考えられる。なお、百寿者には肥満が少ないと報告されている<sup>46)</sup>が、過去の体重経過を明らかにした研究はない。今後、70歳代、80歳代からの体重経過に関する前向き研究が必要である。

ところで、高齢者を対象に、体重変化と総死亡率の関連を見たメタ・アナリシスでは、体重減少、体重増加、体重変動のいずれかを認めた者は、体重が維持されていた者に比べて、総死亡率が増加していた<sup>48)</sup>。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<sup>49)</sup>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<sup>50)</sup>、これについて結論はまだ得られていない。体重変動が総死亡率に及ぼす影響についても、今後更に検討が必要である。

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<sup>23,24,26,32)</sup>。我が国の七つのコホート研究のプール解析の結果を一例として図6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<sup>51,52)</sup>、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。ただし、BMIと総死亡率の関連性が明らかに変化する年齢については不明である。

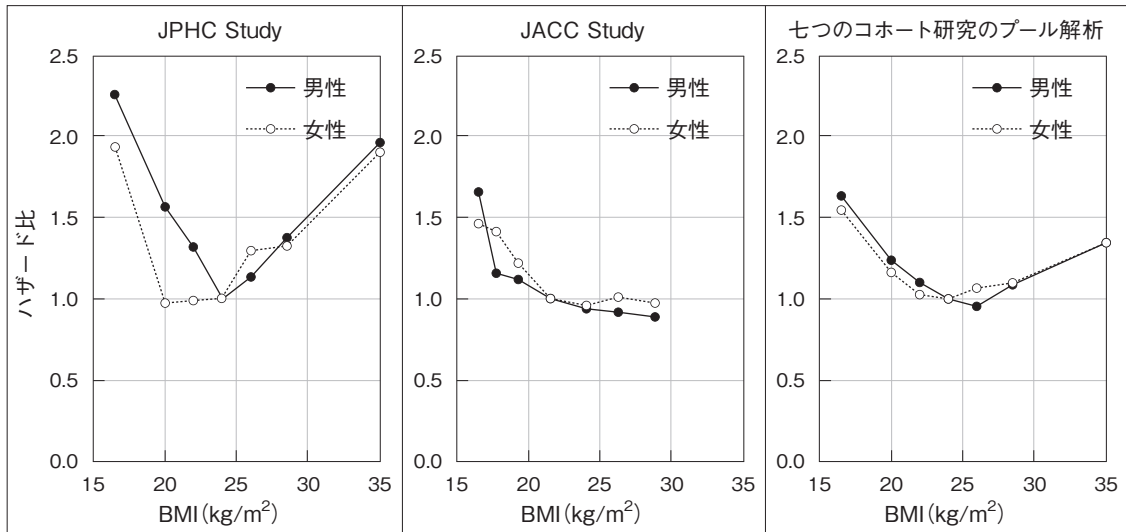


図3 健康な者を中心とした我が国の代表的な二つのコホート研究並びに七つのコホート研究のプール解析における、追跡開始時のBMI (kg/m<sup>2</sup>) とその後の総死亡率との関連<sup>24-26)</sup>

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/m<sup>2</sup>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/m<sup>2</sup>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。

七つのコホート研究のプール解析：BMI=23.0~24.9 kg/m<sup>2</sup>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。

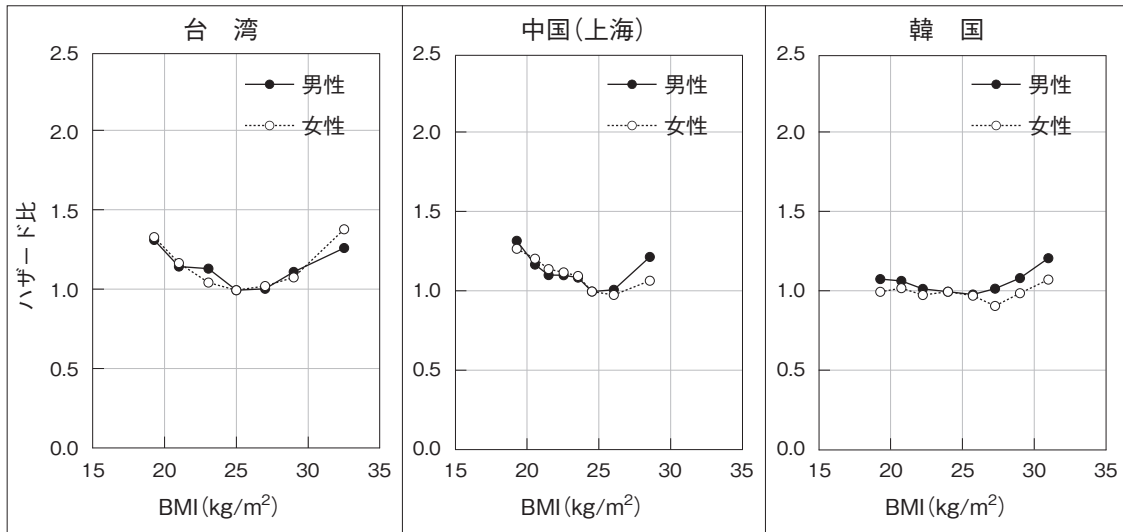


図4 健康な者を中心とした東アジアの代表的な三つのコホート研究における、追跡開始時のBMI (kg/m<sup>2</sup>) とその後の総死亡率との関連<sup>27-29)</sup>

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<sup>2</sup>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、ベテルナッツの使用。

中国(上海)：BMI=24.0~24.9 kg/m<sup>2</sup>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、居住地の都市化。

韓国：BMI=23.0~24.9 kg/m<sup>2</sup>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。

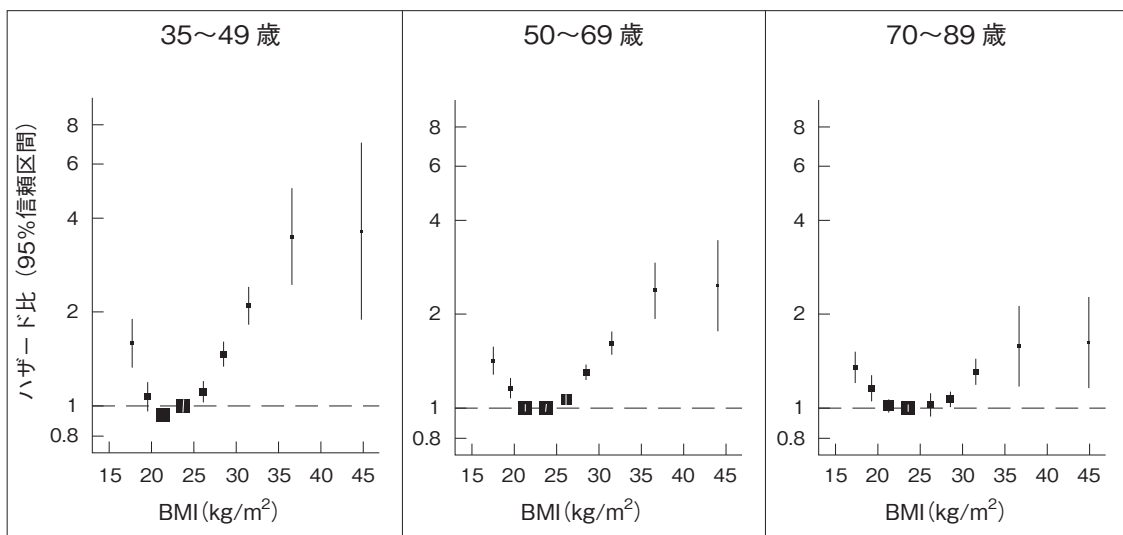


図5 東アジアの61コホート研究のデータをまとめたプール解析における年齢階級(歳)別にみたハザード比：生涯非喫煙者を対象とした解析<sup>32)</sup>

BMI=22.5~24.9 kg/m<sup>2</sup>の群に比較したハザード比。追跡開始時年齢=35~89歳(平均52.4歳)、追跡年数の中央値=13.9年、対象者数=1,055,636人(男性60.0%)、死亡者数=100,310人。慢性疾患のない生涯非喫煙者を対象に、初期段階(追跡開始5年間)で追跡が終了した者を除いた解析。



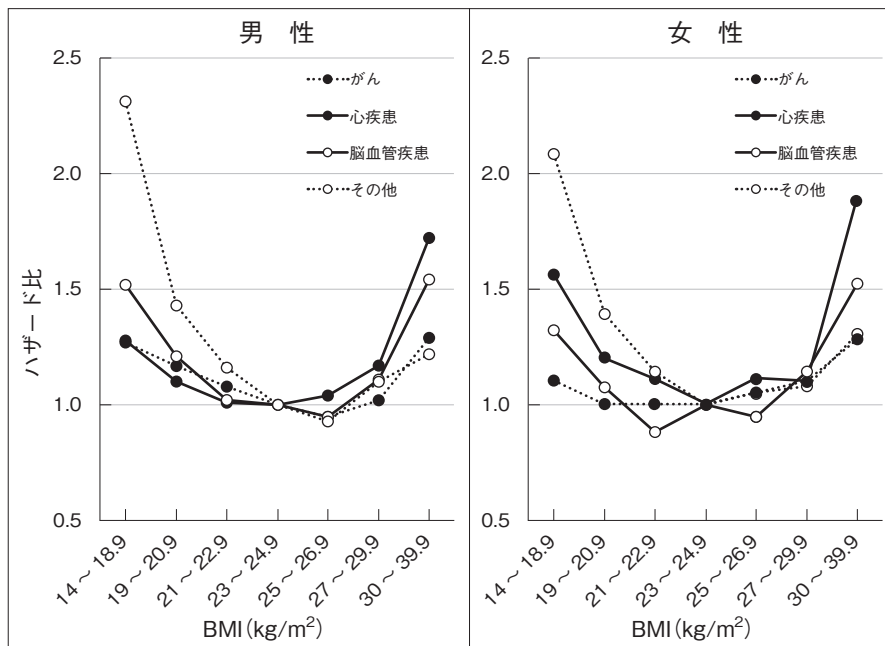


図6 主要死因別にみたBMI (kg/m<sup>2</sup>) と死亡率の関連：BMIが23.0～24.9の群に比べたハザード比：我が国における七つのコホート研究のプール解析<sup>26)</sup>

BMI=23.0～24.9 kg/m<sup>2</sup> 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。

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)<sup>1</sup>

年齢(歳)	総死亡率が最も低かったBMI(kg/m <sup>2</sup> )
18～49	18.5～24.9
50～64	20.0～24.9
65～74	22.5～27.4
75以上	22.5～27.4

<sup>1</sup> 男女共通。

しかし、図7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、範囲を下回る者、範囲内の者、範囲を上回る者の割合を見ると、65歳以上の高齢者で実態との乖離が見られる。

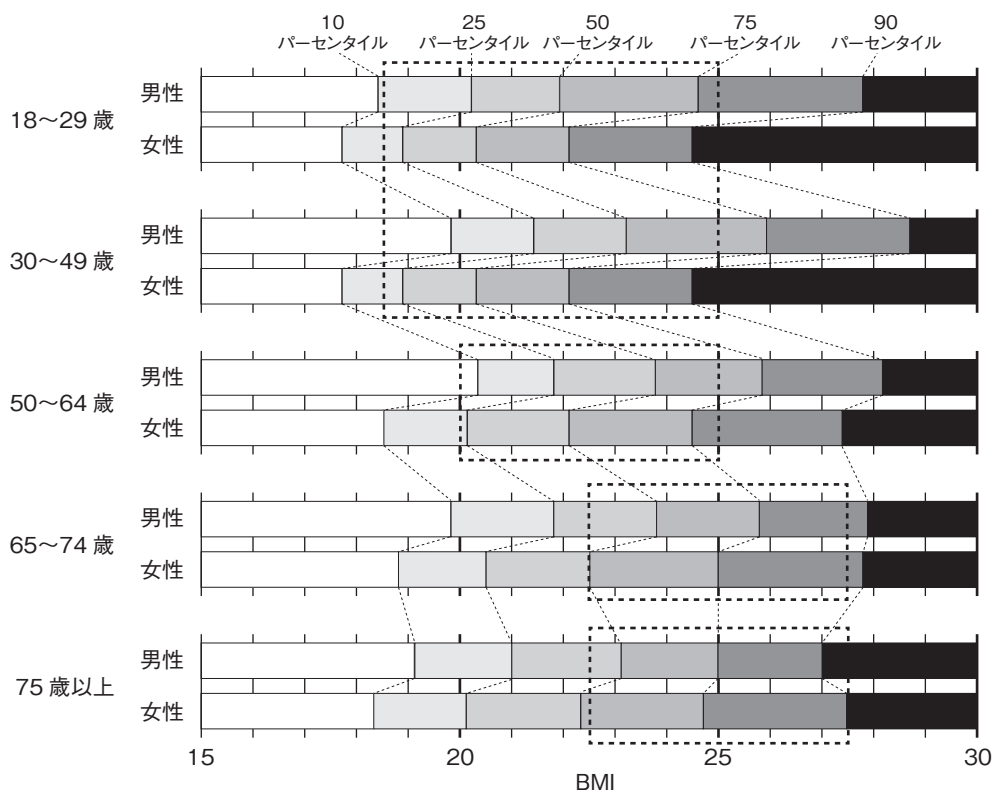


図7 性・年齢階級別 BMI の分布

平成 28 年国民健康・栄養調査による。点線四角内が、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。

### 3-2-4 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 2 のとおりとした。特に 65 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、フレイルの予防及び生活習慣病の発症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 21.5~24.9 kg/m<sup>2</sup> とした。しかしながら、総死亡率に関する要因（生活習慣を含む環境要因、遺伝的要因等）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<sup>7)</sup>、かつ、高い身体活動は体重とは独立して総死亡率の低下に関連することも明らかにされている<sup>9,10)</sup>。したがって、BMI は、あくまでも健康を維持し、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、65 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ともに、低栄養との関連が深い高齢によるフレイル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及び参照身長を用い、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、50~64 歳でそれぞれ、男性で 2,450~2,900、2,450~2,900、2,350~2,800 kcal/日、女性で 1,800~2,100、1,850~2,200、1,800~2,100 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2 目標とするBMIの範囲（18歳以上）<sup>1,2</sup>

年齢（歳）	目標とするBMI（kg/m <sup>2</sup> ）
18～49	18.5～24.9
50～64	20.0～24.9
65～74 <sup>3</sup>	21.5～24.9
75以上 <sup>3</sup>	21.5～24.9

<sup>1</sup> 男女共通。あくまでも参考として使用すべきである。

<sup>2</sup> 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の関連、死因とBMIとの関連、喫煙や疾患の合併によるBMIや死亡リスクへの影響、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。

<sup>3</sup> 高齢者では、フレイルの予防及び生活習慣病の発症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21.5～24.9 kg/m<sup>2</sup>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 減量や肥満の是正への考え方

高血圧、高血糖、脂質異常の改善・重症化予防に、減量や肥満の是正が推奨されている。生活習慣修正（食事や運動）の介入研究においては、一般に体重減少率と生活習慣病関連指標の改善率がよく関連する<sup>53)</sup>。必要な減量の程度は高血圧では4 kgと指摘されており<sup>54,55)</sup>、これは対象集団の平均体重が80～92 kgなので約5%の減量に相当する。血圧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<sup>56)</sup>。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、血圧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<sup>57)</sup>。さらに、特定保健指導の終了者3,480人を対象にした検討では、指導後6か月で3%以上の体重減少を認めた者では、特定健診の全ての健診項目の改善が認められた<sup>58)</sup>。肥満者では、発症予防を目標とするBMIの範囲まで減量しなくても、上記の程度の軽度の減量を達成し、それを維持することが重症化予防の観点では望ましい。

### 3-3-4 エネルギー摂取制限と体重減少（減量）との関係（理論的なモデルの考察）

エネルギー出納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<sup>59)</sup>。

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

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、両辺の指数を取り、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、 $\Delta W$ ：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 (%)、  
 $\Delta E$ ：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及び平均エネルギー消費量である<sup>59)</sup>）。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<sup>3)</sup>。また、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、一つには、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。

さらに、体重の減少に伴ってエネルギー摂取量が増加する（食事制限が緩む）可能性も指摘されている<sup>60,61)</sup>。したがって、現実的には以下の点に留意が必要である。まず、大きな減量を目指して食事制限を開始しても、減量に伴ってエネルギー消費量と消費量の両方が変化するため、少ない体重減少で平衡状態となることである。厳しい食事制限が減量とともに緩んで約 100 kcal/日の食事制限となり、2 kg 程度の減量に落ち着くものと考えられる。また、現実的にはその他の種々の行動学的な要因の影響を受けて計画どおりには減量できないことも多い。そのため、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<sup>62)</sup>。運動で体重減



少を試みた介入試験のメタ・アナリシスでも、4か月間以下では、運動量に応じた体重減少が得られるが、6か月以上では減量が頭打ちになる現象が観察されている<sup>63)</sup>。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いくかを定めるに当たり、以上のことが参考になるかもしれない。

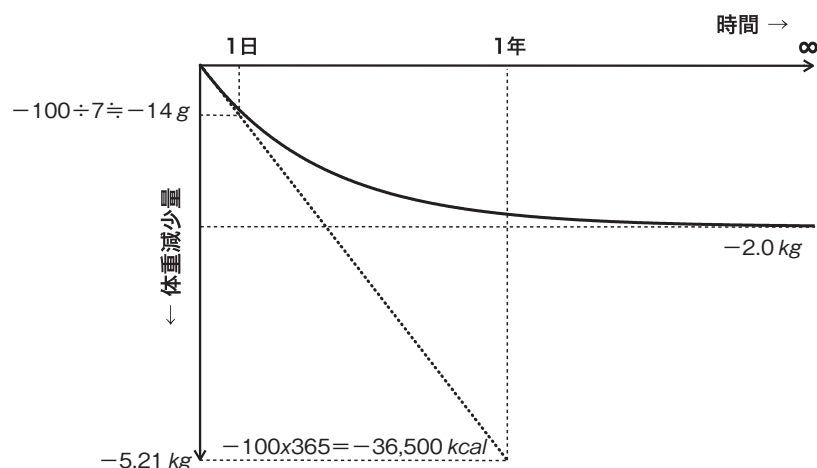


図8 エネルギー摂取量を減少させたときの体重の変化（理論計算結果）

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<sup>59)</sup>）。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。

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

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

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

脂肪細胞1 gがおおよそ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が減少するため、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、ある時点（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。実際には、体重の変化（減少）に伴い、食事制限も緩んでいく<sup>58,59)</sup>ため、図8よりも体重減少の曲線はより急激に緩徐となる。当初は、100 kcal/日以上エネルギー摂取量の制限で開始しても、最終的に100 kcal/日の制限まで増加して、2 kgの減量が達成、維持されることになる。

### 3-4 特別の配慮を必要とする集団

高齢者、乳児、小児、妊婦などでは、それぞれ特有の配慮が必要となる。また、若年女性はやせの者の割合が高く、平成29年国民健康・栄養調査では18～29歳の女性で20.9%となっている。若年女性のやせ対策として、より早い年齢からの栄養状況の精査と対応が必要である。

#### 3-4-1 高齢者

高齢者では、基礎代謝量、身体活動レベルの低下により、エネルギー必要量が減少する。同じBMI（体重）を維持する場合でも、身体活動レベルが低いとエネルギー摂取量は更に少なくなり（参考表2）、たんぱく質や他の栄養素の充足がより難しくなる<sup>11,12)</sup>。身体活動量を増加させ、多いエネルギー消費量と摂取量のバランスにより望ましいBMIを維持することが重要である。身体活動量の低下は、フレイルの表現型であり<sup>64)</sup>原因でもある。

なお、高齢者では、BMIの評価に当たり、脊柱や関節の変形による身長短縮<sup>65)</sup>が影響すること

も考慮しておく。体組成評価の必要性も指摘される<sup>66-68)</sup>が、近年では筋力などを重視する考え方<sup>69)</sup>もあり、現場で評価可能な指標について更に検討が必要である。

### 3-4-2 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ということや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。

### 3-4-3 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、『2 対象特性、2-1 妊婦・授乳婦、2-3 妊娠期の適正体重増加量』を参照のこと。

### 3-4-4 若年女性

我が国の若年女性は、やせの者の割合が高い。国民健康・栄養調査によれば、20歳代女性のやせの者（BMI<18.5）の割合は、1990年代初頭に20%台前半に達し、以降はばらつきがあるものの横ばい傾向である（図9）。若年女性の低体重は骨量低下を来しやすく、将来の骨粗鬆症のリスクとなる<sup>70-72)</sup>。また、20歳代以降は、女性も男性と同様に平均BMIが増加し、肥満者（BMI≥25）の割合が増加し、やせの者の割合が減少している（図9）。平均BMIの増加は、高齢期において死亡率の低いBMIの範囲に移行する望ましい変化の可能性もあるが、やせの体重増加は、サルコペニア肥満を招き、インスリン抵抗性と関連する代謝異常<sup>73)</sup>や高齢期のADL低下<sup>74)</sup>の原因となる可能性もある。若年女性のやせは、出生コホートの影響<sup>75)</sup>（図9）や小児から思春期のBMIの増加不良（図10）など、より早い年齢からの栄養状況の精査と対応が必要である。また、原因についても更に研究が必要である。

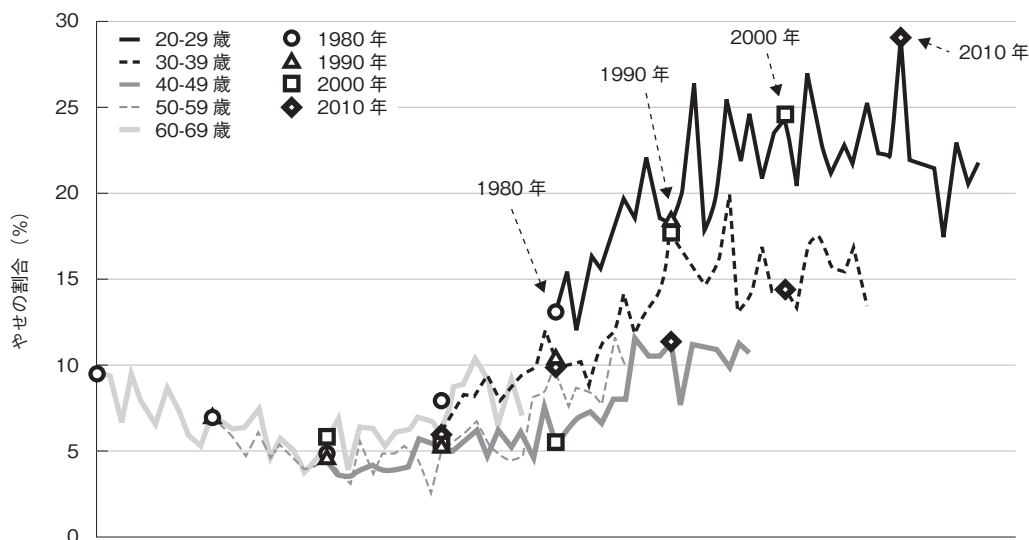


図9 女性のやせの者の割合の推移（1980～2017年国民健康・栄養調査、20～69歳）

国民健康・栄養調査の各年齢階級のやせの者の割合のデータを、10年ずつずらして、出生年が同じ範囲の集団（出生コホート）が縦に並ぶようプロットした（折れ線グラフの途中に、測定年を表わすマークを10年ごとにしている）。やせの者の割合は各年齢階級で同時に変化しておらず、出生年で揃えたとやせの者の割合の変化パターンがよく一致する。なお、同じ出生コホートで見ると、年齢階級が上がるにつれやせの者の割合は減少している。

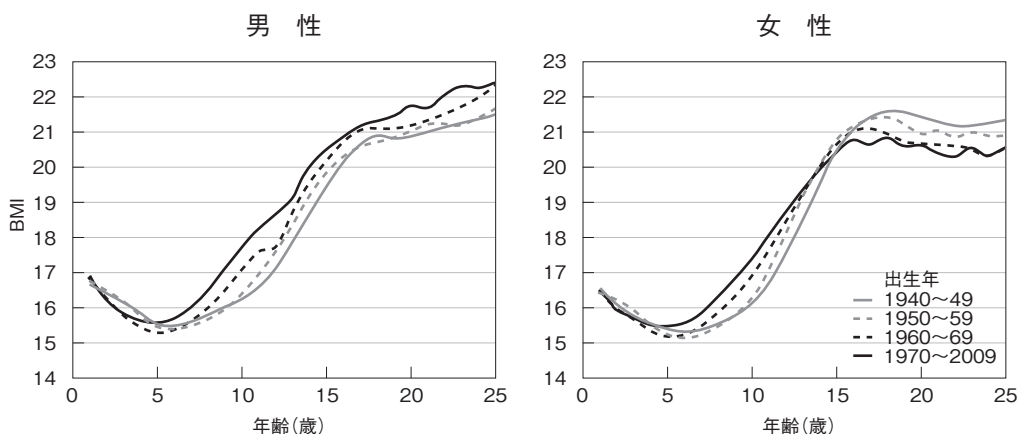


図10 出生コホート別にみた adiposity rebound とその後の BMI の推移

国民健康・栄養調査における1～25歳の平均身長と体重からBMIを計算した。ある出生年のコホートは毎年1歳ずつ年齢が上がるので、毎年の国民健康・栄養調査データから、1歳ずつ上の年齢のBMIのデータをつないでいき、出生コホート別にBMIの成長曲線を描いた<sup>76)</sup>。

小児期の加齢に伴う皮脂厚の変化とBMIは同じ経過で変化する。そこで、個人の成長に伴う体脂肪量の変化を同年齢の集団の中の位置（パーセンタイル）で見ると、BMIの成長曲線が小児で用いられることがある。BMIは生後1年間増加し、その後は減少する。そして、6歳頃（3～8歳）より再び急速に増加する。このBMIの再上昇を adiposity rebound（体脂肪リバウンド）と呼ぶ<sup>77)</sup>。Adiposity reboundが早い年齢で起きた者は、その後は成長が終わるまでほとんど同じパーセンタイルの曲線に沿って変化し、成長し終わった時点で高いBMIになるとされる<sup>77)</sup>。実際に、国民健康・栄養調査のデータから求めた1～25歳男性のBMIの成長曲線は、出生年が後の集団ほど adiposity rebound が早期に出現し、その後は高いBMIで推移している。しかし女性では、adiposity rebound が早期化しているにもかかわらず、10歳前後からBMI増加が鈍化し、10歳代後半以降は低いBMIとなり、若年女性のやせにつながっている<sup>76,78)</sup>。

## 4 今後の課題

エネルギーについて、健康の保持・増進、生活習慣病の発症予防の観点から、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、BMIを採用しているが、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、生活習慣病の発症予防の観点からは、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とき、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<sup>79)</sup>。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ばず要因は性・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単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値

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<sup>2)</sup>。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11のようになる<sup>80-85)</sup>。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/m<sup>2</sup>未満か30 kg/m<sup>2</sup>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11のエネルギー消費量は、体重1 kg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<sup>86,87)</sup>。

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 11 のように、年齢との間に比較的強い関連が認められる。

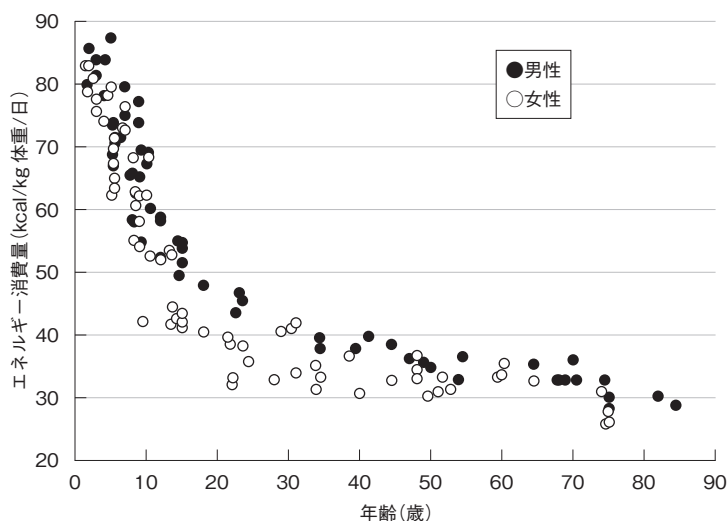


図 11 年齢別に見たエネルギー消費量 (kcal/kg 体重/日) (集団代表値)

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<sup>2</sup> 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

## 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<sup>2</sup> 以上かつ 25.0 kg/m<sup>2</sup> 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<sup>3)</sup>。これは、BMI が 25.0 kg/m<sup>2</sup> 以上の集団でもほぼ同じ値であった<sup>3)</sup>。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<sup>3)</sup>。

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 ± 200 kcal/日 (幅として 400 kcal/日) の中に存在する者は全体の 7 割程度に留まり、残りの 3 割の者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<sup>88)</sup>。

### 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（『I 総論、4 活用に関する基本的事項』の4-2を参照）。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<sup>87)</sup>。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<sup>87,89-168)</sup>では、第三者が摂取量を観察した場合を除き、通常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12）。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<sup>169)</sup>。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。

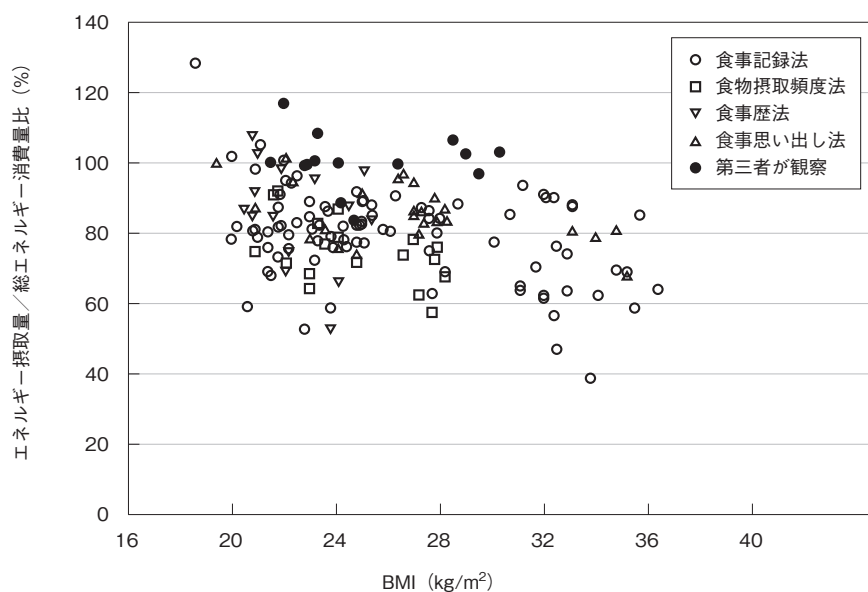


図 12 食事アセスメントの過小評価

健康な者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 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) とエネルギー摂取量/総エネルギー消費量 (%) 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、

推定エネルギー必要量 = (性、年齢、体重、身長、身体活動レベル) 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 ÷ 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

基礎代謝量 = (性、年齢、体重、身長) 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<sup>3)</sup>。



2歳未満 :  $TEE=89 \times H - 100$

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

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

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

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

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3による分類を用いる）、W：体重（kg）、H：身長（m）。

表3 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 <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> 代表値（範囲）。

上記の式は、19歳以上ではBMIが18.5 kg/m<sup>2</sup>以上かつ25.0 kg/m<sup>2</sup>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。

### 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源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4に示す<sup>170)</sup>。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、国立健康・栄養研究所の式<sup>171)</sup>は広い年齢範囲で比較的妥当性が高く（表4）、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<sup>4)</sup>。

表4 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(Ganpuleの式)	20~74 <sup>1</sup> (18~29)	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times A - 0.4235) \times 1,000 / 4.186$ $(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times A - 0.9708) \times 1,000 / 4.186$
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)。

<sup>1</sup> 推定式は20~74歳の集団で作成され<sup>171)</sup>、18~79歳の集団で妥当性が確認されている<sup>4)</sup>。

## ●身体活動レベル

身体活動レベル=エネルギー消費量÷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±9% (平均±標準偏差) (負の値は過小見積もりであることを示す) と報告されている<sup>80)</sup>。

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」の人と「低」の人を分別することは難しいとの報告がある<sup>88)</sup>。また、更に大雑把に、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<sup>172)</sup>。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

体重が不変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（妊婦、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）×参照体重（kg）×身体活動レベル

また、小児、乳児、及び妊婦、授乳婦では、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 2 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、1980 年以降我が国で測定された 50 研究における基礎代謝測定値（図 13）<sup>4,171,173-220</sup> を踏まえて表 5 とした。具体的には、各年齢層で重みづけをせずに平均値を求め、65～74 歳男性は前後の年齢層から内挿して算出した。また、75 歳以上男性は 21.5 kcal/kg 体重/日、50 歳以上の女性は 20.7 kcal/kg とした。これは、70 歳以上の測定値が、高齢者施設に入所している全身状態のよい者を対象とした成績が主であるためである。今後、この年齢層、特に 75 歳以上男性の基礎代謝量に関するデータの収集が必要である。

この基礎代謝基準値は、参照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<sup>221</sup>。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、やせの者では体重が減少する確率が高くなる。

年齢、性別、身長、体重を用いた日本人の基礎代謝量の国立健康・栄養研究所の推定式（表 4）<sup>171</sup> は、BMI が 30 kg/m<sup>2</sup> 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<sup>4</sup>、BMI が 25～29.9 kg/m<sup>2</sup> 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。

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<sup>171,185,195</sup>、今後、適切な身体組成の評価により、精度高く基礎代謝量が推定できる可能性がある。

表5 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		23.7	64.5	1,530	22.1	50.3	1,110
30~49		22.5	68.1	1,530	21.9	53.0	1,160
50~64		21.8	68.0	1,480	20.7	53.8	1,110
65~74		21.6	65.0	1,400	20.7	52.1	1,080
75以上		21.5	59.6	1,280	20.7	48.8	1,010

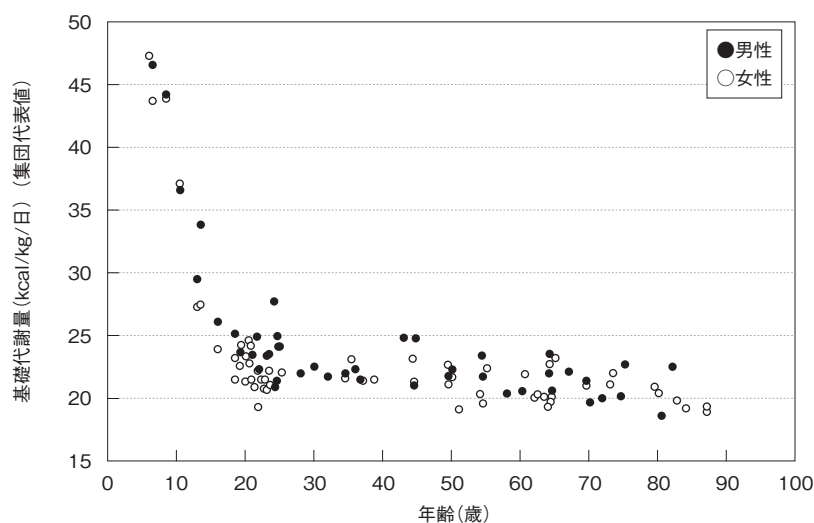


図13 日本人における基礎代謝量の報告例（集団代表値）

集団ごとに、基礎代謝量の平均値が 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、基礎代謝量を体重の平均値で除して基礎代謝量 (kcal/kg 体重/日) の代表値とした。早朝空腹時に臥位で測定したことが明記された研究とし、次の研究は除外した：有症患者、運動選手、集団の BMI の平均値が 18.5 未満又は 25 kg/m<sup>2</sup> 以上、妊婦、授乳婦を対象とした研究、例数 5 人未満、男女を合わせたデータ、16.7 kcal/kg/日以下の値を報告している研究。



## 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<sup>88)</sup>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 $1.72 \pm 0.26$ となり、レベルⅡに相当する63人では $1.74 \pm 0.26$ であった（いずれも平均値±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6）。

身体活動の強度を示す指標には、メッツ値（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<sup>222, 223)</sup>、メッツ値 $\times 1.1 \div Af$ 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ッツ値は、一覧表<sup>224)</sup>としてまとめられている。

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 $50.4 \pm 17.1$ 歳）の集団の検討では、三つの身体活動レベル間で、中等度の強度（3～5.9メッツ）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6）<sup>175)</sup>。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<sup>3, 222)</sup>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<sup>225)</sup>。

表6 身体活動レベル別に見た活動内容と活動時間の代表例

身体活動レベル <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	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、職場内での移動や立位での作業・接客等、通勤・買い物での歩行、家事、軽いスポーツ、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メッツ) の身体活動の1日当たりの合計時間 (時間/日) <sup>3</sup>	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) <sup>3</sup>	0.25	0.54	1.00

<sup>1</sup> 代表値。( )内はおよその範囲。

<sup>2</sup> Black, *et al.*<sup>172)</sup>、Ishikawa-Takata, *et al.*<sup>88)</sup> を参考に、身体活動レベル (PAL) に及ぼす仕事時間中の労作の影響が大きいことを考慮して作成。

<sup>3</sup> Ishikawa-Takata, *et al.*<sup>175)</sup> 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。平均年齢75歳前後までの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7)から、前期高齢者の体活動レベルの代表値を1.70とし、身体活動量で集団を3群に分けた検討<sup>240)</sup>も参考にし、レベルI、レベルII、レベルIIIを決定した(表8)。

70歳代後半以降の後期高齢者に関する報告は、自立している者と外出できない者の二つに大別され、身体活動レベルが「高い」に相当する者が想定しづらい年齢層でもある。このため、後期高齢者についてはレベルI、レベルIIのみを決定した(表8)。レベルIは、自宅にいてほとんど外出しない者を念頭に置いているが、高齢者施設で自立に近い状態で過ごしている者にも適用できる値である。

表7 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 <sup>2</sup> )	身体活動レベル
226)	健康な地域在住者を身体活動レベルで3群に分けた	61±6	男性 (6) 女性 (22)	25.1±2.7	2.03±0.14
		65±5	男性 (7) 女性 (4)	25.9±1.9	1.82±0.04
		67±8	男性 (2) 女性 (7)	26.2±1.5	1.62±0.09
227)	運動習慣のない健康な者	65.5±4.3	女性 (72)	25.6±3.5	1.69
228)	肥満者	65~96	男性 (61)	28.4±2.77	1.54
		65~96	女性 (50)	28.2±2.90	1.47
229)	健康な者	60~≥80	女性 (450)		1.66
230)	自立生活者	68±4	男性 (21)	26±4	1.65
		67±3	女性 (20)	29±5	1.61
231)	健常高齢者	68.9±6.4	男性 (12)	26.7±5.3	1.80±0.19
		68.8±6.4	女性 (17)	26±4.7	1.73±0.31
232)	自立生活者	72.8±6.1	男性 (8)	22.4±2.5	1.4±0.1
233)	健康な者	73±3	女性 (10)		1.80±0.19
129)	健康な者	73	男性 (3) 女性 (9)	25±3	1.73±0.25
234)	健康な者	73.4±4.1	男性 (19)		1.71±0.32
235)	健康な者	74±6	男性 (14) 女性 (18)	22.5±2.5	2.05
236)	退職者	74.0±4.4	女性 (10)	24.1±2.8	1.59±0.19
237)	自立歩行可能で疾患のない者	74.7±6.5	男性 (12) 女性 (44)	25.8±4.2	1.72 (1.63~1.92) <sup>1</sup>
238)	自立した地域在住者, 7.5年後の活動レベルが維持 or 減少で2群に分けた	73.7±3.1	男性 (27) 女性 (22)	27.8±4.4	1.77
		75.5±3.0	男性 (18) 女性 (16)	27.8±4.8	1.69
239)	黒人 白人 黒人 白人	74.8±2.9	男性 (72)	27.1±4.5	1.71±0.24
		75.1±3.2	男性 (72)	27.6±4.2	1.74±0.22
		74.6±3.2	女性 (67)	28.6±5.9	1.69±0.24
		74.6±3.2	女性 (77)	26.2±5.3	1.65±0.21
240)	文献239)の集団を身体活動のエネルギー消費で3群に分けた	75.2±2.7	男性 (43)	26.4±4.7	1.49
		75.1±3.1	男性 (43)	27.9±3.9	1.69
		74.5±3.3	男性 (43)	27.6±4.1	1.95
		75.5±3.2	女性 (40)	25.5±4.8	1.45
		74.6±3.1	女性 (40)	27.9±5.8	1.64
		74.2±2.7	女性 (39)	27.0±5.5	1.90
241)	文献129)のフォローアップ, 比較的健康的な者	78	男性 (2) 女性 (9)	24.3±2.6	1.74±0.25
242)	文献239)の集団の一部 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
243)	在宅者 <sup>2</sup>	82±3	男性 (17)	24.8±3.0	1.6±0.2
244)	地域在住者	83±12	男性 (51)		1.72
		83±11	女性 (58)		1.60
245)	老人ホーム入所者	84±8	男性 (8) 女性 (8)	22.4±4.6	1.54±0.24
220)	介護老人保健施設入所者, 要介護度1~3	80.4±8.3	男性 (18)	19.4±1.6	1.38±0.09
		87.0±5.4	女性 (46)	20.0±2.6	1.38±0.16
246)	自立しているが外出できない者も含む	91-96	男性 (8) 女性 (13)	23.2±2.4 24.2±4.4	1.36±0.21 1.19±0.19

平均±標準偏差

<sup>1</sup> ( ) 内は25~75パーセンタイル。

<sup>2</sup> 年齢、BMIは23人のデータ。

### 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してシステマティック・レビューを行い、身体活動レベルについて、運動選手のデータを除き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<sup>111,247-279)</sup>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<sup>280-287)</sup>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、年齢とともに増加する傾向を示した(図14)。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、年齢とともに増加するとしている<sup>288)</sup>。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8)。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、運動選手の報告<sup>279)</sup>も認められ、また、平成29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だけ増加又は減少させた値とした。

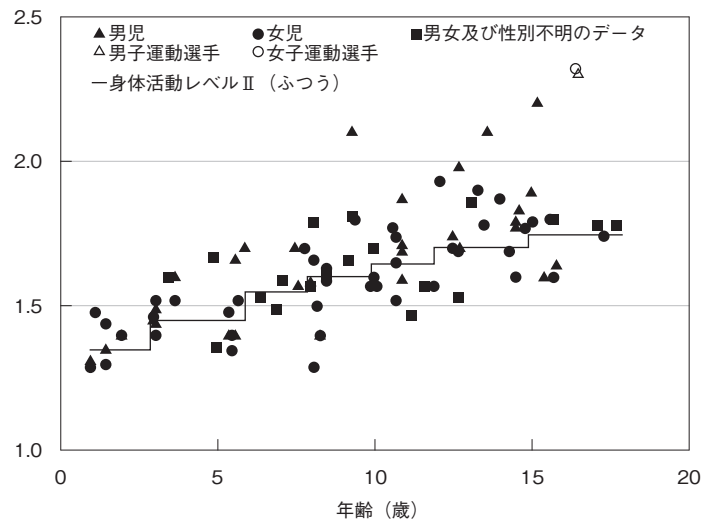


図14 年齢別に見た小児における身体活動レベル

表8 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	I（低い）	II（ふつう）	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
50～64（歳）	1.50	1.75	2.00
65～74（歳）	1.45	1.70	1.95
75以上（歳）	1.40	1.65	—

## 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。18～29歳女性の参照体重は15～17歳より少ないため、15～17歳の参照体重を用いて算出した。

なお、生活習慣病の食事指導では、体重当たりの推定エネルギー必要量（kcal/kg 体重/日）が用いられることが多いので、参考表2を基に、18歳以上の年齢層について以下の表にまとめた。この表からも、体重当たりの総エネルギー必要量は、成人ではおおむね30～40 kcal/kg 体重/日の範囲にある（図11）ことが分かる。

参考表1 体重当たりの推定エネルギー必要量

性別	男性			女性		
	I（低い）	II（ふつう）	III（高い）	I（低い）	II（ふつう）	III（高い）
18～29（歳）	35.5	41.5	47.4	33.2	38.7	44.2
30～49（歳）	33.7	39.3	44.9	32.9	38.4	43.9
50～64（歳）	32.7	38.2	43.6	31.1	36.2	41.4
65～74（歳）	31.3	36.7	42.1	30.0	35.2	40.4
75以上（歳）	30.1	35.5	—	29.0	34.2	—

### 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増加分のエネルギー（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。

組織増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、これと組織増加分エネルギー密度<sup>222)</sup>との積とした。算出方法の詳細は表9を参照されたい。

表9 成長に伴う組織増加分のエネルギー (エネルギー蓄積量)

性別 年齢等	男 児				女 児			
	(A) 参照 体重 (kg)	(B) 体重 増加量 (kg/年)	組織増加分		(A) 参照 体重 (kg)	(B) 体重 増加量 (kg/年)	組織増加分	
			(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か月の女児における体重増加量 (kg/年)

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

体重増加量 = X / 2

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

$$\doteq 2.4$$

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<sup>220)</sup>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か月の女児における組織増加分のエネルギー (kcal/日)

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

$$= 14.8$$

$$\doteq 15$$

#### 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、

$$\text{推定エネルギー必要量 (kcal/日)} = \text{総エネルギー消費量 (kcal/日)} + \text{エネルギー蓄積量 (kcal/日)}$$

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<sup>289,290)</sup>。

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

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<sup>280)</sup>との積とした(表9)。

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に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<sup>243)</sup>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<sup>289,290)</sup>。

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

#### 4-4-4 妊婦

妊婦の推定エネルギー必要量は、

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

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、妊婦が、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<sup>141,289-294)</sup>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、妊婦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<sup>289,290)</sup>は、妊婦の最終体重増加量11 kg<sup>295)</sup>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<sup>289,290)</sup>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、

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

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<sup>290)</sup>。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<sup>291)</sup>、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<sup>292, 293, 296)</sup>。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<sup>290, 292, 293, 296)</sup>、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)<sup>297, 298)</sup>と同じとみなし、また母乳中のエネルギー含有量は、663 kcal/L<sup>299)</sup>とすると、

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

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<sup>289, 290)</sup>とすると、

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

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  $517 - 173 = 344$  kcal/日となり、丸め処理を行って 350 kcal/日とした。

#### 4-4-6 低体重者、肥満者における活用の注意点

総エネルギー消費量や基礎代謝量を体重で直線回帰すると、回帰直線は原点を通らず Y 切片がプラスになる。したがって、体重当たりの総エネルギー消費量や基礎代謝量は、低体重者では普通体重の者よりも大きく、過体重者では逆に小さくなることに注意が必要である。低体重者、肥満者のエネルギー必要量の推定では基礎代謝基準値を用いず、国立健康・栄養研究所の式<sup>171)</sup> (表 4) から直接、基礎代謝量を算出する。

一方、加速度計等の動作センサーで評価した身体活動量は、肥満者では一般に低く、肥満が活動量低下の原因となることが指摘されている<sup>300)</sup>。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<sup>301, 302)</sup>。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<sup>303, 304)</sup>。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<sup>305, 306)</sup>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

レベルは普通体重者と同じ値を用いてよいと考えられる。

低体重者、肥満者では、国立健康・栄養研究所の式<sup>171)</sup>(表4)を用いて算出した基礎代謝量に、普通体重者と同じ身体活動レベルを乗じて推定エネルギー必要量を算出する。

#### 4-4-7 疾患を有する者について

糖尿病患者の基礎代謝量は、体組成で補正した場合、耐糖能正常者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)<sup>307-315)</sup>。保健指導レベルの高血糖者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経時的変化も耐糖能正常<IGT(+4%)<糖尿病(+3%)であった<sup>315)</sup>。したがって、保健指導レベルの高血糖の者(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。二重標識水法により糖尿病患者の総エネルギー消費量を見た研究によれば、糖尿病患者と耐糖能正常者で、PAL及び総エネルギー消費量に有意差を認めていない<sup>307-309,316,317)</sup>(図15)。

したがって、保健指導レベルの高血糖者のエネルギー必要量は、健康な者とほぼ同じと考えて体重管理に当たってよいものと考えられる。一方、糖尿病を含む種々の疾患を有する者のエネルギー摂取量の設定は、それぞれの診療ガイドラインを参照する。

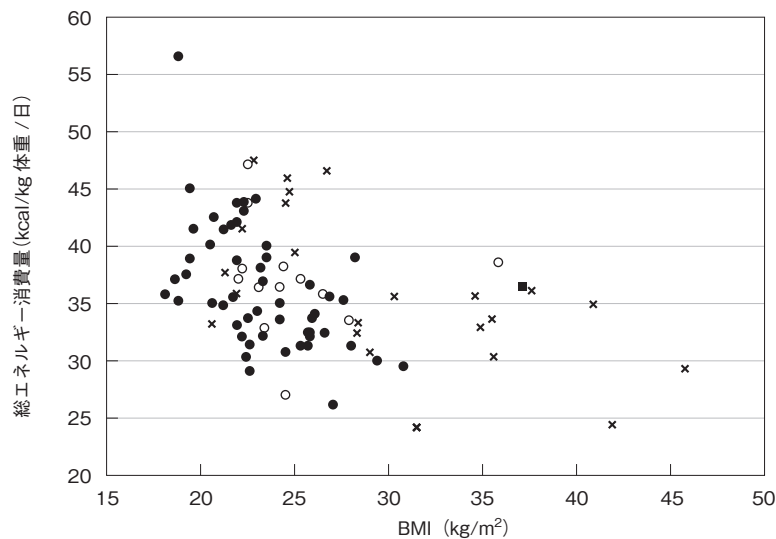


図15 二重標識水法による糖尿病患者の体重当たりの総エネルギー消費量

×と■(集団代表値)は文献308), 310)による。○と●[文献317), 318)]は日本人のデータ。

参考表 2 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 <sup>1</sup>						
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	2,800	3,150	2,050	2,300	2,550
18～29 (歳)	2,300	2,650	3,050	1,700	2,000	2,300
30～49 (歳)	2,300	2,700	3,050	1,750	2,050	2,350
50～64 (歳)	2,200	2,600	2,950	1,650	1,950	2,250
65～74 (歳)	2,050	2,400	2,750	1,550	1,850	2,100
75以上 (歳) <sup>2</sup>	1,800	2,100	-	1,400	1,650	-
妊婦 (付加量) <sup>3</sup> 初期 中期 後期	/			+50	+50	+50
				+250	+250	+250
				+450	+450	+450
授乳婦 (付加量)				+350	+350	+350

<sup>1</sup> 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。

<sup>2</sup> レベルⅡは自立している者、レベルⅠは自宅にいてほとんど外出しない者に相当する。レベルⅠは高齢者施設で自立に近い状態で過ごしている者にも適用できる値である。

<sup>3</sup> 妊婦個々の体格や妊娠中の体重増加量及び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。



〈概要〉

- エネルギーの摂取量及び消費量のバランス（エネルギー収支バランス）の維持を示す指標として BMI 及び体重の変化を用いる。
- BMI については目標とする範囲を定めた。これは、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する考えに基づき、日本人の BMI の実態、生活習慣病の発症予防等（高齢者においてはフレイルの発症予防を含む）を総合的に判断して設定した。ただし、BMI は健康の保持・増進、生活習慣病の予防の要素の一つとして扱うことに留めるべきである。
- エネルギー必要量は重要な概念である。しかし、無視できない個人間差が存在し、そのため、性・年齢区分・身体活動レベル別に単一の値として示すのは困難である。そこで、エネルギー必要量については、基本的事項、測定方法及び推定方法を記述し、推定エネルギー必要量を参考表として示した。

## 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) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) Savva SC, Lamnisos D, Kafatos AG. Predicting cardiometabolic risk: waist-to-height ratio or BMI. A meta-analysis. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2013; **6**: 403-19.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) U.S. Departments of Health and Human Services. Discretionary calories. *In*: Report of the Dietary Guidelines Advisory Committee on Dietary Guidelines for Americans, 2005. Available at [https://health.gov/DIETARYGUIDELINES/dga2005/report/PDF/D3\\_DiscCalories.pdf](https://health.gov/DIETARYGUIDELINES/dga2005/report/PDF/D3_DiscCalories.pdf)
- 12) Nicklas TA, Weaver C, Britten P, *et al.* The 2005 Dietary guidelines advisory committee: developing a key message. *J Am Diet Assoc* 2005; **105**: 1418-24.
- 13) 日本腎臓学会 : CKD における適正な体重に関する検討報告. 日腎会誌 2014; **56**: 586-99.
- 14) Simopoulos AP. Body weight reference standards. *In*: VanItalie T, Simopoulos A, editors. Obesity: new directions in assessment and management. Charles Press, 1995.
- 15) Metropolitan Life Insurance Company. Ideal weights for women. *Stat Bull Metrop Insur Co.* 1942; **23**: 6-8.
- 16) Metropolitan Life Insurance Company. Ideal weights for men. *Stat Bull Metrop Insur Co.* 1943; **24**: 6-8.

- 17) Walker WJ. Relationship of adiposity to serum cholesterol and lipoprotein levels and their modification by dietary means. *Ann Intern Med* 1953; **39**: 705-16.
- 18) 松木 駿. 肥満の判定基準. 日本医師会雑誌 1972; **98**: 916-9.
- 19) 塚本 宏. 保険医学からみた体格の諸問題. 日本保険医学会誌 1985; **83**: 36-64.
- 20) 塚本 宏, 田村 誠. 死亡率からみた日本人の体格. 厚生指標 1986; **33**: 3-14.
- 21) Matsuzawa Y, Tokunaga K, Kotani K, *et al.* Simple estimation of ideal body weight from body mass index with the lowest morbidity. *Diabetes Res Clin Pract* 1990; **10**: S159-64.
- 22) Tokunaga K, Matsuzawa Y, Kotani K, *et al.* Ideal body weight estimated from the body mass index with the lowest morbidity. *Int J Obes* 1991; **15**: 1-5.
- 23) 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.
- 24) Tsugane S, Sasaki S, Tsubono Y. Under- and overweight impact on mortality among middleaged Japanese men and women: a 10-y follow-up of JPHC study cohort I. *Int J Obesity* 2002; **26**: 529-7.
- 25) 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* 2010; **18**: 362-9.
- 26) 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.
- 27) 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.
- 28) Gu D, He J, Duan X, *et al.* Body weight and mortality among men and women in China. *JAMA* 2006; **295**: 776-83.
- 29) 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.
- 30) 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.
- 31) 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.
- 32) The Global BMI Mortality Collaboration, Di Angelantonio E, Bhupathiraju ShN, Wormser D, *et al.* Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *Lancet* 2016; **388**: 776-86.
- 33) Nakazawa A, Nakamura K, Kitamura K. Association between body mass index and mortality among institutionalized elderly adults in Japan. *Environ Health Prev Med* 2013; **18**: 502-6.
- 34) Boutin E, Natella PA, Schott AM, *et al.* Interrelations between body mass index, frailty, and clinical adverse events in older community-dwelling women: The EPIDOS cohort study. *Clin Nutr* 2018; **37**: 1638-44.

- 35) Hamer M, O'Donovan G. Sarcopenic obesity, weight loss, and mortality: the English Longitudinal Study of Ageing. *Am J Clin Nutr* 2017; **106**: 125-9.
- 36) Lee Y, Kim J, Han, ES. Frailty and body mass index as predictors of 3-year mortality in older adults living in the community. *Gerontology* 2014; **60**: 475-82.
- 37) Peter RS, Mayer B, Concin H, *et al*. The effect of age on the shape of the BMI-mortality relation and BMI associated with minimum all-cause mortality in a large Austrian cohort. *Int J Obes* 2015; **39**: 530-4.
- 38) Hozawa A, Hirata T, Yatsuya H, *et al*. Association between body mass index and all-cause death in Japanese population: pooled individual participant data analysis of 13 cohort studies. *J Epidemiol* doi: 10.2188/jea.JE20180124
- 39) Aune D, Sen A, Prasad M, *et al*. BMI and all cause mortality: systematic review and non-linear dose-response meta-analysis of 230 cohort studies with 3.74 million deaths among 30.3 million participants. *BMJ* 2016; **353**: i2156. doi: 10.1136/bmj.i2156.
- 40) Hainer V, Aldhoon-Hainerova I. Obesity paradox does exist. *Diabetes Care* 2013; **36** Suppl 2: S276-81.
- 41) Standl E, Erbach M, Schnell O. Defending the con side: obesity paradox does not exist. *Diabetes Care* 2013; **36**: S282-6.
- 42) Nakamura J, Kamiya H, Haneda M, *et al*. Causes of death in Japanese patients with diabetes based on the results of a survey of 45,708 cases during 2001-2010: Report of the Committee on Causes of Death in Diabetes Mellitus. *J Diabetes Investig* 2017; **8**: 397-410.
- 43) Akisaka M, Asato L, Chan YC, *et al*. Energy and nutrient intakes of Okinawan centenarians. *J Nutr Sci Vitaminol* 1996; **42**: 241-8.
- 44) 広瀬信, 新井康通, 川村昌嗣, 他. Tokyo centenarian study 5百寿者における栄養指標と栄養状態の検討. *日本老年医学会雑誌* 1997; **34**: 324-30.
- 45) Takayama M, Hirose N, Arai Y, *et al*. Morbidity profile of Tokyo-area centenarians and its relationship to functional status. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007; **62**: 774-82.
- 46) Willcox BJ, Willcox DC, Suzuki M. Demographic, phenotypic, and genetic characteristics of centenarians in Okinawa and Japan: Part 1-centenarians in Okinawa. *Mech Ageing Dev* 2017; **165** (Pt B): 75-9.
- 47) Rillamas-Sun E, LaCroix AZ, Waring ME, *et al*. Obesity and late-age survival without major disease or disability in older women. *JAMA Intern Med* 2014; **174**: 98-106.
- 48) Cheng FW, Gao X, Jensen GL. Weight change and all-cause mortality in older adults: a meta-analysis. *J Nutr Gerontol Geriatr* 2015; **34**: 343-68.
- 49) 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.
- 50) 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.
- 51) 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.

- 52) 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.
- 53) Zomer E, Gurusamy K, Leach R, *et al.* Interventions that cause weight loss and the impact on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 2016; **17**: 1001-11.
- 54) 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.
- 55) 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.
- 56) Mertens IL, Van Gaal LF. Overweight, obesity, and blood pressure: the effects of modest weight reduction. *Obes Res* 2000; **8**: 270-8.
- 57) 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.
- 58) Muramoto A, Matsushita M, Kato A, *et al.* Three percent weight reduction is the minimum requirement to improve health hazards in obese and overweight people in Japan. *Obes Res Clin Pract* 2014; **8**: e466-75.
- 59) 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.
- 60) Polidori D, Sanghvi A, Seeley RJ, *et al.* How strongly does appetite counter weight loss? quantification of the feedback control of human energy intake. *Obesity* 2016; **24**: 2289-95.
- 61) Hall KD, Guo J. Obesity energetics: body weight regulation and the effects of diet composition. *Gastroenterology* 2017; **152**: 1718-27.
- 62) 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.
- 63) Ross R, Janssen I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2001; **33**: S521-7.
- 64) Fried LP, Tangen CM, Walston J, *et al.* Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001; **56**: M146-56.
- 65) Takasaki Y, Kaneko S, Anzai S. The effect of aging on stature and body weight for the aged. *J Anthropol Soc Nippon* 1984; **92**: 79-86.
- 66) Schutz Y, Kyle UUG, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98. *Int J Obes* 2002; **26**: 953-60.
- 67) Hull HR, Thornton J, Wang J, *et al.* Fat-free mass index: changes and race/ethnic differences in adulthood. *Int J Obes* 2011; **35**: 121-7.
- 68) 谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野 令, 他. 日本人筋肉量の加齢による特徴. *日本老年医学会雑誌* 2010; **47**: 52-7.
- 69) Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, *et al.* Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 2019; **48**: 16-31.
- 70) Ho AY, Kung AW. Determinants of peak bone mineral density and bone area in young women. *J Bone Miner Metab* 2005; **23**: 470-5.



- 71) Tatsumi Y, Higashiyama A, Kubota Y, *et al.* Underweight young women without later weight gain are at high risk for osteopenia after midlife: The KOBE Study. *J Epidemiol* 2016; **26**: 572-8.
- 72) Lim J, Park HS. Relationship between underweight, bone mineral density and skeletal muscle index in premenopausal Korean women. *Int J Clin Pract* 2016; **70**: 462-8.
- 73) Srikanthan P, Hevener AL, Karlamangla AS. Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *PLoS One* 2010; **5**: e10805.
- 74) Baumgartner RN, Wayne SJ, Waters DL, *et al.* Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. *Obes Res* 2004; **12**: 1995-2004.
- 75) Olsen LW, Baker JL, Holst C, *et al.* Birth cohort effect on the obesity epidemic in Denmark. *Epidemiology* 2006; **17**: 292-5.
- 76) Funatogawa I, Funatogawa T, Yano E. Do overweight children necessarily make overweight adults? Repeated cross sectional annual nationwide survey of Japanese girls and women over nearly six decades. *BMJ* 2008; **337**: a802.
- 77) Rolland-Cachera MF. Prediction of adult body composition from infant and child measurements. *In*: Davies PSW, Cole TJ, editor. *Body composition techniques in health and diseases*. Cambridge Univ Press, Cambridge, 1995; 101-45.
- 78) Funatogawa I, Funatogawa T, Nakao M, *et al.* Changes in body mass index by birth cohort in Japanese adults: results from the National Nutrition Survey of Japan 1956-2005. *Int J Epidemiol* 2009; **38**: 83-92.
- 79) World Health Organization. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. WHO, 1985: 206.
- 80) Torun B. Energy requirements of children and adolescents. *Public Health Nutr* 2005; **8**: 968-93.
- 81) 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.
- 82) 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.
- 83) 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.
- 84) Shetty P. Energy requirements of adults. *Public Health Nutr* 2005; **8**: 994-1009.
- 85) McCrory MA, Hajduk CL, Roberts SB. Procedures for screening out inaccurate reports of dietary energy intake. *Public Health Nutr* 2002; **5**: 873-82.
- 86) 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.
- 87) 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.

- 88) 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.
- 89) 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.
- 90) 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.
- 91) 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.
- 92) 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.
- 93) Jones PJ, Leitch CA. Validation of doubly labeled water for measurement of caloric expenditure in collegiate swimmers. *J Appl Physiol* 1993; **74**: 2909-14.
- 94) 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.
- 95) 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.
- 96) 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.
- 97) 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.
- 98) Prentice AM, Black AE, Coward WA, *et al.* High levels of energy expenditure in obese women. *BMJ* 1986; **292**: 983-7.
- 99) Livingstone MBE, Prentice AM, Strain JJ, *et al.* Accuracy of weighed dietary records in studies of diet and health. *BMJ* 1990; **300**: 708-12.
- 100) Schulz S, Westerterp KR, Bruck 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.
- 101) 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.
- 102) 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.
- 103) Goran MI, Poehlman ET. Total energy expenditure and energy requirements in healthy elderly persons. *Metabolism* 1992; **7**: 744-53.
- 104) 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.
- 105) Clark D, Tomas F, Withers RT, *et al.* Energy metabolism in free-living, 'large-eating' and 'small-eating' women: studies using  $^2\text{H}_2^{(18)}\text{O}$ . *Br J Nutr* 1994; **72**: 21-31.

- 106) 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.
- 107) 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.
- 108) 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.
- 109) 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.
- 110) 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.
- 111) 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**: 905-911.
- 112) Gretebeck RJ, Boileau RA. Self-reported energy intake and energy expenditure in elderly women. *J Am Diet Assoc* 1998; **98**: 574-6.
- 113) 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.
- 114) 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.
- 115) Tomoyasu NJ, Toth MJ, Poehlman ET. Misreporting of total energy intake in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 1999; **47**: 710-5.
- 116) Goris AH, Westerterp-Plantenga MS, Westerterp KR. Undereating and underreporting of habitual food intake in obese men: selective underreporting of fat intake. *Am J Clin Nutr* 2000; **71**: 130-4.
- 117) 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.
- 118) 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.
- 119) 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.
- 120) 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.

- 121) 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.
- 122) 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.
- 123) 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.
- 124) 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.
- 125) 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.
- 126) 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.
- 127) 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.
- 128) Tran KM, Johnson RK, Soultanakis RP, *et al.* In-person vs telephone-administered multiplepass 24-hour recalls in women: Validation with doubly labeled water. *J Am Diet Assoc* 2000; **100**: 777-80.
- 129) 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.
- 130) 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.
- 131) 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.
- 132) 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.
- 133) 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.
- 134) 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.

- 135) 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**: 279-84.
- 136) 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.
- 137) 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.
- 138) 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.
- 139) 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.
- 140) 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.
- 141) 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.
- 142) 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.
- 143) 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.
- 144) 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.
- 145) 彭雪英, 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.
- 146) 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.
- 147) 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.
- 148) 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.
- 149) 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.
- 150) 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.



- 151) 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.
- 152) Svendsen M, Tonstad S. Accuracy of food intake reporting in obese subjects with metabolic risk factors. *Br J Nutr* 2006; **95**: 640-9.
- 153) 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.
- 154) 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.
- 155) 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.
- 156) 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.
- 157) 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.
- 158) 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.
- 159) 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.
- 160) 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.
- 161) 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.
- 162) 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; **17**: 1256-65.
- 163) 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.
- 164) 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.
- 165) 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.

- 166) 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.
- 167) Martin CK, Correa JB, Han H, *et al.* Validity of the Remote Food Photography Method (RFBM) for estimating energy and nutrient intake in near real-time. *Obesity* 2012; **20**: 891-9.
- 168) 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.
- 169) 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.
- 170) 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.
- 171) 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.
- 172) 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.
- 173) 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* 2013; **59**: 299-309.
- 174) 山村千晶, 柏崎 浩. 早朝空腹時安静代謝量の変動要因: 公表された個人別測定値の再検討より. *栄養学雑誌* 2002; **60**: 75-83.
- 175) 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.
- 176) Okura T, Koda M, Ando F, *et al.* Relationships of resting energy expenditure with body fat distribution and abdominal fatness in Japanese population. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2003; **22**: 47-52.
- 177) Usui C, Takahashi E, Gando Y, *et al.* Resting energy expenditure can be assessed by dual-energy X-ray absorptiometry in women regardless of age and fitness. *Eur J Clin Nutr* 2009; **63**: 529-35.
- 178) 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* 2007; **53**: 529-35.
- 179) Matsuo T, Saitoh S, Suzuki M. Effects of the menstrual cycle on excess postexercise oxygen consumption in healthy young women. *Metabolism* 1999; **48**: 275-7.
- 180) Matsuo T, Saitoh S, Suzuki M. Resting metabolic rate and diet-Induced thermogenesis during each phase of the menstrual cycle in healthy young women. *J Clin Biochem Nutr* 1998; **25**: 97-107.
- 181) 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変動. *日本栄養・食糧学会誌* 1983; **36**: 255-63.

- 182) 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.
- 183) 藤林真美, 山田陽介, 安藤創一, 他. 女子長距離選手における気分状態と自律神経活動との関連. スポーツ精神医学 2012; **9**: 54-8.
- 184) 島田美恵子, 西牟田守, 児玉直子, 他. 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.
- 185) 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.
- 186) 荒川恭子. 若年女子エネルギー代謝の変動要因の検討. 埼玉県立大学短期大学部紀要 2002; **4**: 89-93.
- 187) 平川文江, 松本義信, 小野章史, 他. 若年女性のレジスタンストレーニングが体組成と安静時代謝量に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌 1998; **8**: 353-9.
- 188) Nagai N, Sakane N, Tsuzaki K, *et al.* UCP1 genetic polymorphism (-3826 A/G) diminishes resting energy expenditure and thermoregulatory sympathetic nervous system activity in young females. *Int J Obes* 2011; **35**: 1050-5.
- 189) 田口素子, 辰田和佳子, 樋口 満. 競技特性の異なる女子スポーツ選手の安静時代謝量. 栄養学雑誌 2010; **68**: 289-97.
- 190) 山田哲雄, 倉沢新一, 松崎政三, 他. 増食と付加運動を併用した体重増量による血中の糖と脂質成分の変動. 日本臨床栄養学会雑誌 2010; **31**: 84-9
- 191) Taguchi M, Tatsuta W, Nagasaka S, *et al.* The relation between menstrual disturbance and basal metabolic rate in Japanese female athletes. *J Exerc Sci* 2007; **17**: 12-9.
- 192) Midorikawa T1, Kondo M, Beekley MD, *et al.* High REE in Sumo wrestlers attributed to large organ-tissue mass. *Med Sci Sports Exerc* 2007; **39**: 688-93.
- 193) 武田秀勝, 渡邊 綾, 角田和彦, 他. 若年女性の運動習慣が基礎代謝量, および体組成に及ぼす影響. 北星学園大学社会福祉学部北星論集 2013; **50**: 173-80.
- 194) Oba M, Lee JS, Kawakubo K, *et al.* Effects of 20 days of bed rest and concomitant resistance training on basal energy expenditure and body composition. *Jpn J Health & Human Ecology* 2010; **76**: 120-9.
- 195) 高橋恵理, 樋口 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; **5**: 241-7.
- 196) Sun G. Re-examination of Basal Metabolism and Its Seasonal Variation on Residents in the Northeast Heavy Snowy District of Japan. 弘前医学 1993; **45**: 146-53.
- 197) Hasegawa A, Usui C, Kawano H, *et al.* Characteristics of body composition and resting energy expenditure in lean young women. *J Nutr Sci Vitaminol* 2011; **57**: 74-9.
- 198) 高橋恵理, 薄井澄誉子, 田畑 泉, 他. 若年女性の基礎代謝量は除脂肪量から簡便に高い精度で推定できる スポーツ選手と運動習慣のない女性を対象とした研究. トレーニング科学 2008; **20**: 25-31.
- 199) 海老根直之, 島田美恵子, 田中宏暁, 他. 二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価 生活時間調査法, 心拍数法, 加速度計法について. 体力科学 2002; **51**: 151-63.

- 200) Satomura S, Yokota I, Tatara K, *et al.* Paradoxical weight loss with extra energy expenditure at brown adipose tissue in adolescent patients with Duchenne muscular dystrophy. *Metabolism* 2001; **50**: 1181-5.
- 201) Kashiwazaki H, Dejima Y, Suzuki T. Influence of upper and lower thermoneutral room temperatures (20°C and 25°C) in fasting and post-prandial resting metabolism under different outdoor temperatures. *Eur J Clin Nutr* 1990; **44**: 405-13.
- 202) Ogata H, Kobayashi F, Hibi M, *et al.* A novel approach to calculating the thermic effect of food in a metabolic chamber. *Physiol Rep* 2016; **4**: e12717.
- 203) 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.
- 204) 増田利隆, 松枝秀二, 喜多河佐知子, 他. 車椅子バスケットボール選手の DEXA 法による体組成と基礎代謝量. 川崎医療福祉学会誌 2007; **17**: 121-7.
- 205) 田中茂穂, 田中千晶, 二見 順, 他. ヒューマンカロリメーターを用いて測定した座位中心の生活における1日当りのエネルギー消費量. 日本栄養・食糧学会誌 2003; **56**: 291-6.
- 206) 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* 2003; **49**: 262-9.
- 207) Kashiwazaki H. Heart rate monitoring as a field method for estimating energy expenditure as evaluated by the doubly labeled water method. *J Nutr Sci Vitaminol* 1999; **45**: 79-94.
- 208) 廣瀬昌博. 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**: 192-210.
- 209) 彭 雪英, 齊藤慎一, 引原有輝, 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消費量, 体組成および最大酸素摂取量. 体力科学 2005; **54**: 237-48.
- 210) Rafamantanantsoa HH, Ebine N, Yoshioka M, *et al.* The role of exercise physical activity in varying the total energy expenditure in healthy Japanese men 30 to 69 years of age. *J Nutr Sci Vitaminol* 2003; **49**: 120-4.
- 211) 松枝秀二, 小野章史, 武政睦子, 他. 血液透析患者の消費エネルギーと食事管理. 日本透析療法学会雑誌 1991; **24**: 527-32.
- 212) 松枝秀二, 松本義信, 平川文江, 他. 健康スポーツ教室に参加した中高年者の基礎代謝量. 栄養学雑誌 2000; **58**: e131-5.
- 213) Okamoto H, Sasaki M, Johtatsu T, *et al.* Resting energy expenditure and nutritional status in patients undergoing transthoracic esophagectomy for esophageal cancer. *J Clin Biochem Nutr* 2011; **49**: 169-73.
- 214) 薄井澄誉子, 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.
- 215) 薄井澄誉子, 金子香織, 岡 純, 他. 中高年男女スポーツ愛好者の身体組成と基礎代謝量. 栄養学雑誌 2005; **63**: 21-5.
- 216) Ozeki O, Ebisawa L, Ichikawa M, *et al.* Physical activities and energy expenditures of institutionalized Japanese elderly women. *J Nutr Sci Vitaminol* 2000; **46**: 188-92.
- 217) 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.
- 218) 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.



- 219) Yamada Y, Hashii-Arishima Y, Yokoyama K, *et al.* Validity of a triaxial accelerometer and simplified physical activity record in older adults aged 64-96 years: a doubly labeled water study. *Eur J Appl Physiol* 2018; **118**: 2133-46.
- 220) Nishida Y, Nakae S, Yamada Y, *et al.* Validity of one-day physical activity recall for estimating total energy expenditure in elderly residents at long-term care facilities: CLinical EVALuation of Energy Requirements Study (CLEVER Study). *J Nutr Sci Vitaminol* 2019; **65**: 148-56.
- 221) 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.
- 222) 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.
- 223) Taguri E, Tanaka S, Ohkawara K, *et al.* Validity of physical activity indices for adjusting energy expenditure for body size: do the indices depend on body size? *J Physiol Anthropol*. 2010; **29**: 109-17.
- 224) 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.
- 225) 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.
- 226) Valenti G, Bonomi AG, Westerterp KR. Diurnal patterns of physical activity in relation to activity induced energy expenditure in 52 to 83 years-old adults. *PLoS One* 2016; **11**: e0167824.
- 227) Wang X, Bowyer KP, Porter RR, *et al.* Energy expenditure responses to exercise training in older women. *Physiol Rep* 2017; **5**: e13360.
- 228) Brochu P, Bouchard M, Haddad S. Physiological daily inhalation rates for health risk assessment in overweight/obese children, adults, and elderly. *Risk Anal* 2014; **34**: 567-82.
- 229) Neuhouser ML, Di C, Tinker LF, *et al.* Physical activity assessment: biomarkers and self-report of activity-related energy expenditure in the WHI. *Am J Epidemiol* 2013; **177**: 576-85.
- 230) Pfrimer K, Vilela M, Resende CM, *et al.* Under-reporting of food intake and body fatness in independent older people: a doubly labelled water study. *Age Ageing* 2015; **44**: 103-8.
- 231) Calabro MA, Kim Y, Franke WD, *et al.* Objective and subjective measurement of energy expenditure in older adults: a doubly labeled water study. *Eur J Clin Nutr* 2015; **69**: 850-5.
- 232) Baarends 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.
- 233) Reilly JJ, Lord A, Bunker VW, *et al.* Energy balance in healthy elderly women. *Br J Nutr* 1993; **69**: 21-7.



- 234) Bonnefoy M, Normand S, Pachiardi 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.
- 235) 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.
- 236) 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.
- 237) 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.
- 238) Valiani V, Sourdet S, Schoeller DA, *et al.* Surveying predictors of late-life longitudinal change in daily activity energy expenditure. *PLoS One* 2017; **12**: e0186289.
- 239) Blanc S, Schoeller DA, Bauer D, *et al.* Energy requirements in the eighth decade of life. *Am J Clin Nutr* 2004; **79**: 303-10.
- 240) 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.
- 241) Rothenberg EM, Bosaeus IG, Steen BC. Energy expenditure at age 73 and 78—a five year follow-up. *Acta Diabetol* 2003; **40**: S134-8.
- 242) 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.
- 243) Fuller NJ, Sawyer MB, Coward WA, *et al.* Components of total energy expenditure in freelifing elderly men (over 75 years of age): measurement, predictability and relationship to quality-of-life indices. *Br J Nutr* 1996; **75**: 161-73.
- 244) Kim S, Welsh DA, Ravussin E, *et al.* An elevation of resting metabolic rate with declining health in nonagenarians may be associated with decreased muscle mass and function in women and men, respectively. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2014; **69**: 650-6.
- 245) Yamada Y, Hashii-Arishima Y, Yokoyama K, *et al.* Validity of a triaxial accelerometer and simplified physical activity record in older adults aged 64-96 years: a doubly labeled water study. *Eur J Appl Physiol* 2018; **118**: 2133-46.
- 246) Rothenberg EM, Bosaeus IG, Westerterp KR, *et al.* Resting energy expenditure, activity energy expenditure and total energy expenditure at age 91-96 years. *Br J Nutr* 2000; **84**: 319-24.
- 247) 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.
- 248) 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.
- 249) 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.

- 250) 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.
- 251) 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 ( $2\text{H}_2$  ( $^{18}\text{O}$ ) method. *Am J Clin Nutr* 1992; **56**: 343-52.
- 252) 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.
- 253) 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.
- 254) 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.
- 255) 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.
- 256) 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.
- 257) Maffeis 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 ( $^2\text{H}_2$  ( $^{18}\text{O}$ ) method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; **19**: 671-7.
- 258) 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.
- 259) Anderson SE, Bandini LG, Dietz WH, *et al.* Relationship between temperament, nonrusting energy expenditure, body composition, and physical activity in girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; **28**: 300-6.
- 260) 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.
- 261) 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.
- 262) 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**: 347-55.
- 263) Perks SM, Roemmich JN, Sadow-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.
- 264) 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.

- 265) Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res* 1990; **27**: 198-203.
- 266) Arvidsson D, Slinde F, Hulthen L. Physical activity questionnaire for adolescents validated against doubly labelled water. *Eur J Clin Nutr* 2005; **59**: 376-83.
- 267) 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.
- 268) 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.
- 269) 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**: 567-973.
- 270) 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.
- 271) 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.
- 272) 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**: 313-919.
- 273) 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.
- 274) 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.
- 275) Butte NF, Ekelund U, Westerterp KR. Assessing physical activity using wearable monitors: measures of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2012; **44**: S5-12.
- 276) 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.
- 277) 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.
- 278) Arvidsson D, Slinde F, Hulthen L. Free-living energy expenditure in children using multisensory activity monitors. *Clin Nutr* 2009; **28**: 305-12.
- 279) Santos DA, Silva AM, Matias CN, *et al.* Validity of a combined heart rate and motion sensor for the measurement of free-living energy expenditure in very active individuals. *J Sci Med Sport* 2014; **17**: 387-93.
- 280) 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.
- 281) 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.

- 282) 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.
- 283) Atkin LM, Davies PSW. Diet composition and body composition in preschool children. *Am J Clin Nutr* 2000; **72**: 15-21.
- 284) 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.
- 285) 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.
- 286) 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.
- 287) Henriksson H, Forsum E, Lof M. Evaluation of Actiheart and a 7d activity diary for estimating free-living total and activity energy expenditure using criterion methods in 1 center dot 5- and 3-year-old children. *Br J Nutr* 2014; **111**: 1830-40.
- 288) 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.
- 289) FAO. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Technical Report Series No.1. FAO, 2004.
- 290) Butte NF, King JC. Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public Health Nutr* 2005; **8**: 1010-27.
- 291) 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.
- 292) 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.
- 293) 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.
- 294) 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.
- 295) 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.
- 296) 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.
- 297) 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.
- 298) 廣瀬潤子, 遠藤美佳, 柴田克己, 他. 日本人母乳栄養児 (0~5 ヲ月) の哺乳量. 日本母乳哺育学会雑誌 2008; **2**: 23-8.

- 299) 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.
- 300) 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**: E715-20.
- 301) 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.
- 302) 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.
- 303) 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.
- 304) 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.
- 305) 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.
- 306) Hulens M, Vansant G, Lysens R, *et al.* Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand J Med Sci Sports* 2001; **11**: 305-9.
- 307) 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.
- 308) 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.
- 309) Salle A, Ryan M, Ritz P. Underreporting of food intake in obese diabetic and non-diabetic patients. *Diabetes Care* 2006; **29**: 2726-7.
- 310) 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.
- 311) Bitz C, Toubro S, Larsen TM, *et al.* Increased 24-h energy expenditure in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004; **27**: 2416-21.
- 312) 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 sulphonylurea therapy. *Diabetes* 1986; **35**: 1-5.
- 313) 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.
- 314) 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.
- 315) 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.



- 316) Yoshimura E, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, *et al.* Assessment of energy expenditure using doubly-labeled water, physical activity by accelerometer, and reported dietary intake in male Japanese patients with type 2 diabetes: a preliminary study. *Diabetes Investig* 2018; **10**: 318-21.
- 317) Morino K, Kondo K, Tanaka S, *et al.* Total energy expenditure is comparable between patients with and without diabetes mellitus: Clinical Evaluation of Energy Requirements in Patients with Diabetes Mellitus (CLEVER-DM) Study. *BMJ Open Diabetes Research and Care* 2019; **7**: e000648. doi: 10.1136/bmjdr-2019-000648