

#9	Search "dietary record" Filters: Humans	392
#10	Search "food record" Filters: Humans	662
#11	Search "food diary" Filters: Humans	340
#12	Search "food frequency questionnaire" Filters: Humans	4,933
#13	Search "diet history" Filters: Humans	577
#14	Search "dietary recall" Filters: Humans	1,088
#15	Search #9 or #10 or #11 or #12 or #13 or #14	7,642
#16	Search #8 or #15	50,590
#17	Search #3 and #16	395

(検索日：2013年9月30日)

RQ3

No	Search Strategy	Results
#1	Search "doubly labeled water" Filters: Humans	639
#2	Search "doubly labelled water" Filters: Humans	244
#3	Search #1 or #2	875
#4	Search #3 Filters: Humans; Child: birth-18 years	332
#5	Search #3 Filters: published in the last 5 years; Humans; Child: birth-18 years	51
#6	Search #3 Filters: Humans; Aged: 65+ years	187
#7	Search #3 Filters: published in the last 5 years; Humans; Aged: 65+ years	42

(検索日：2013年9月30日)

(倫理面への配慮) 文献学的研究のため該当しない。

C. 研究結果

RQ1) 耐糖能異常を呈する者(糖尿病, 境界型や impaired glucose tolerance を含む)で, TEE, BMR, PAL を評価した成績は9研究¹⁻⁹⁾認められた(表1)。

糖尿病患者のBMRは, 体組成で補正した場合, 健常者に比べて差がないか5~7%程度高いとする報告が多かった(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)。耐糖能異常(impaired glucose tolerance; IGT)者で検討した成績⁵⁾では, 横断研究で睡眠時代謝量は耐糖能正常<IGT<糖尿病, 同一個人のBMRの継時的変化も耐糖能正常<IGT(+4%)<糖尿病(+3%)であった。したがって, IGTでは, 耐糖能正常者と大きな差はないと考えられた。

一方, 糖尿病患者においてDLW法でTEEを評価した研究では, 糖尿病患者と耐糖能正常者のあいだでPALおよびTEEに差を認めなかった^{1,3)}。

RQ2) DLW法によるTEE測定と同時期に食事アセスメントを行った研究を, 以下の条件で抽出した。

- 1) 対象は, 健常人とし, 疾患を有する者での検討は除外した。ただし, 肥満者は含めた。授乳婦は, 身体活動量が少なくDLWの測定期間が長いのと, 水のturnoverが大きくDLW法の測定誤差が大きくなるので除外した。
- 2) 自己申告の食事アセスメントの妥当性を見る目的から, 年齢はひとまず14歳以上とした。小児(14歳未満)や認知症老人の検討は, 親や周囲の者が食事アセスメントに協力することが予想され, 除外した。一方で, 第三者が食事摂取量を観察した研究は, 自己申告のアセスメントと比較するため別に扱い, 含めた。
- 3) 先進国で, 自由摂食, あるいはそれに近い

状況で食事が摂取されているデータに限定した。登山や軍隊等の野外活動、スポーツ選手、開発途上国のデータは除外した。

- 4) 食事アセスメントによるエネルギー摂取量の測定と DLW 法によるエネルギー消費量の測定が（原則的に）同時期に行われているデータとした。
- 5) DLW によるエネルギー消費量測定を行った者が、食事アセスメントを行った症例のごく一部で、食事調査データとの比較が困難なもの（DLW の測定がたとえば全症例 83 名中 7 名¹⁰⁾、91 名中 39 名¹¹⁾の場合）は除外した。

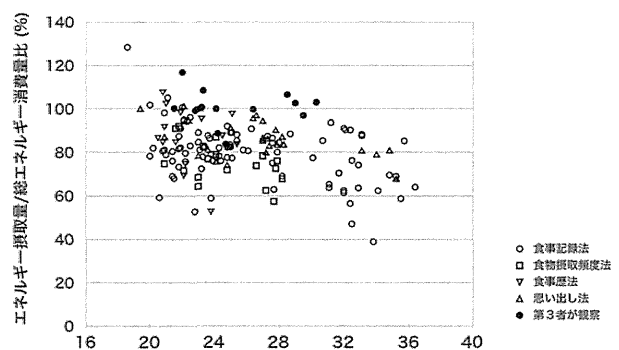
こうして抽出された 88 研究¹²⁻⁹⁹⁾は、以下のよう

- 1) 第三者が摂取量を観察した研究¹²⁻²¹⁾：これらの研究では、観察されたエネルギー摂取量と DLW 法の TEE は比較的良好に一致した。
- 2) 食事記録法 (FD) による自己申告のエネルギー摂取量 (rEI) をみた研究²²⁻⁵⁸⁾：これらの研究では、rEI は一般に TEE より小さく、食事アセスメントが通常のエネルギー摂取量を過小評価する傾向が認められた。
- 3) 食物摂取頻度法 (FFQ)、食事歴法 (DH)、思い出し法 (DR) など、FD 以外の食事アセスメント法を用いた研究⁵⁹⁻⁹⁰⁾：2) と同様の研究デザインだが、近年は FFQ や DR が用いられることが増えている。FD を含む複数の食事アセスメントを同時に行い比較した研究も認められる。また、携帯のデジタル端末を用いた食事アセスメントなども用いられている^{89,90)}。結果は、2) と同様、過小評価が一般的であった。
- 4) その他：食事アセスメントと DLW 法の単純な比較ではないが、2, 3) と同様、食事アセスメントの妥当性を評価できると考えられる研究である。初めに食事アセスメントを行い、その後そのエネルギー量を実際に摂取させる状況で DLW 法を行った研究

(DLW 法の測定期間中、当然、体重は減少傾向となるはずだが、短期間のため必ずしも有意な変化はない)^{91,92)}、同一個人で食事アセスメントと DLW 法の測定を行い、その後の運動介入中^{93,94)}、妊娠中⁹⁵⁾と比較した研究(前値のみ用いた)、対照群と運動や食事介入群のそれぞれで、食事アセスメントと DLW 法の測定を行った研究⁹⁶⁻⁹⁹⁾(対照群のみ用いた)、である。結果は、2), 3) と同様、過小評価が一般的であった。

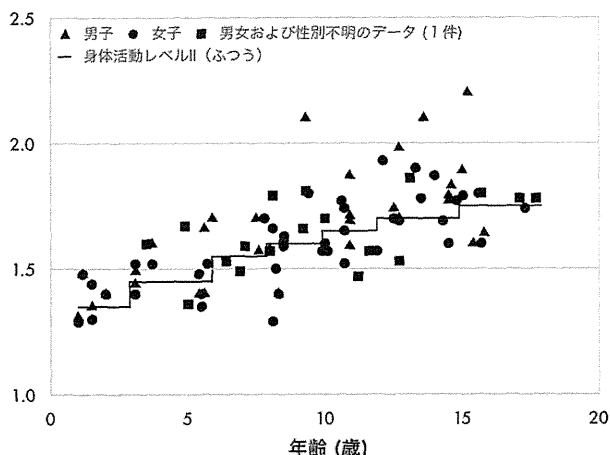
これらの研究で、BMI のデータがある 81 研究^{12-28, 30-60, 62-65, 67-73, 75-87, 90-97, 99)}で、食事アセスメントの過小評価の指標として rEI/ TEE 比を求め、BMI に対してプロットしたのが図 1 である(点は各被験者集団の平均値)。第三者が摂取量を観察した場合を除き、rEI/ TEE 比は総じて 1 より小さく、食事アセスメントが通常のエネルギー摂取量を過小評価すること、肥満者で過小評価の程度が甚だしくなることが明らかとなった。

図 1. 食事アセスメントのエネルギー摂取量 (rEI) /DLW 法の総エネルギー消費量 (TEE) 比と BMI の関係



RQ3) 小児の PAL を評価した成績は新たに 10 研究¹⁰⁰⁻¹⁰⁹⁾認められた(表 2)。日本人の食事摂取基準(2010 年版)に引用された成績¹¹⁰⁻¹⁴⁰⁾のうち、開発途上国のデータ^{139,140)}を除き、表 2 の研究と合わせて小児の PAL と年齢の関係を図 2 にまとめた。PAL は年齢とともに増加する傾向を示した。

図2. 小児におけるPALと年齢の関係



一方、高齢者のPALを評価した成績は新たに3研究¹⁴¹⁻¹⁴³認められた。このうち、Maniniら¹⁴²は、日本人の食事摂取基準（2010年版）に引用されているBlancら¹⁴⁴と同じ集団を身体活動のエネルギー消費で3群に分けたもの、同様に、Cooperら¹⁴³は、Blancら¹⁴⁴の一部の対象を8年後にフォローアップして比較したものである。日本人の食事摂取基準（2010年版）に引用された成績^{29, 144-152}を含め、高齢者のPALの成績を表3にまとめた。

D. 考察

今回の検討で、糖尿病患者のBMRは健常者に比べて差がないか5~7%程度高いこと、TEE、PALも明らかな差を認めないことが明らかとなった。ただし、こうした検討の多くは肥満を有する糖尿病（およびIGT）患者を対象にしたものであり、日本人で認められる非肥満の糖尿病については検討が必要である。

わが国では、糖尿病患者の摂取エネルギー量は、標準体重×25~30 kcalで計算されることが多い。25~30 kcal/kgは、デスクワークが多い職業など軽労作の身体活動量として、日本糖尿病学会「食品交換表」第1回作成委員会（1963）で策定されたものである。健常人に比し糖尿病患者の所要熱量が約10%低いことから設定されたとされるが、データは公表されていない。

30歳以上の成人の基礎代謝基準値は20.7~22.3 kcal/kg 体重/日であり、これにPALを乗じた体重当りのエネルギー必要量は、上記の軽労作に対応する身体活動レベルII（ふつう）のPAL=1.75で36~39 kcal/kg、レベルI（ひくい）の1.5でも31~34 kcal/kgとなり、上記の25~30 kcalは明らかに過小であると考えられる。健診がなく、体重減少等を主訴に医療機関を受診した50年前の糖尿病患者と、健診で早期に発見される現在の糖尿病患者では、病状が異なっている可能性もあり、わが国における糖尿病患者のエネルギー消費量のデータの蓄積が急務である。

次に、種々の食事アセスメント法のrEIの妥当性を、DLW法のTEEをgold standardに用いた多数の研究データを用いて評価したところ、食事アセスメントのrEIが通常エネルギー摂取量を大きく過小評価し、しかも、肥満者で過小評価が著しいことが明らかとなった。

生活習慣病を有する者やその前段階の保健指導の対象者に、標準体重×25~30 kcalのエネルギー摂取量が指示されるにもかかわらず、深刻な体重減少をきたさないのは、食事指導を受ける側の食事量の過小評価、食事療法の遵守不良によると考えられる。過小評価や遵守不良に慣れた現場指導者のエネルギー摂取量の実感には、エネルギー消費量から得られる所見と乖離している可能性があり、是正が必要である。そのうえで、食事指導では、指導される側の食事の過小評価を考慮し、エネルギー処方を含むさまざまな指導方法の開発と検証が今後必要である。

ところで、小児では、PALは年齢とともに増加する傾向を示した（図2）。10歳代前半では、PALは特に高い値を示したが、この年齢層は学校のクラブ活動等で運動・スポーツに参加する者が多い。たとえば、体力・運動能力調査（平成24年度）¹⁵³では、1日の運動・スポーツ実施時間別に体格測定・テストの結果を示しているが、あわせて運動・スポーツ実施時間別に標本数も

示している。それによれば、運動時間が2時間以上の者の割合は、12～14歳の各年齢では男女それぞれ60%以上、40%以上であるのに対し、25～39歳の各年齢層ではそれぞれ6～3%、2%、65～69歳ではそれぞれ9%、5%である。単に学校のクラブ活動等に参加している者の方が被験者として集めやすいということかもしれないが、各年齢層の身体活動の状況を正確に反映するものではないであろうが、DLW測定の対象者を選定する場合にも、こうした状況は当然反映されることが考えられる。したがって、10歳代前半については、得られたPALの値からそのまま身体活動レベルⅡに相当する代表値を決めるのではなく、前後の年齢層のPALの値から推移を判断するのが妥当ではないかと考えた。その上で、身体活動の状況から個人のPALを推測することが望ましいと考えた。

なお、近年の小児のDLWの成績は、幅広い年齢層を対象に多人数を測定したものが認められる(表2)。PALは年齢とともに増加傾向なので、こうした成績ではPALの値のばらつき(標準偏差)が大きくなる。年齢の平均値に該当する年齢層で区分して症例数で重み付けの平均をとると、こうした多人数のデータが重視され、とくに、各年齢層のPALのばらつきから身体活動レベルⅠ、Ⅲに該当するPALを推測する際に問題となる。各年齢層のPALの標準偏差の重み付け平均は2010年版のデータよりも大きくなっているのはこうした状況を反映したものと考えた。

なお、幼児(5歳未満)ではBMRを睡眠時代謝で代用したりBMR推定値を用いた研究も含めてPALの推定を行った。この年齢層では、BMRの測定が困難なことや、DLW法自体の研究面の新規性が失われつつあることから、今後、PALのデータの増加が見込みにくい状況にある。この年齢層ではPALの値に幅を設定していないので、PALにこだわる必要がなく、体重割りのTEEを用いることで実用上は十分かもしれない。

一方、高齢者の研究は、70歳代に集中してお

り、80歳代以上のデータは不足していた。75歳の対象者を82歳で再度評価した研究¹⁴³⁾では、前値の高かった男性のみ低下を認め、PALは男女とも1.68程度であった。Rothenbergら¹⁵²⁾の90歳代の対象は、自立しているが外出できない者も含むとされており、他の研究と対象の特性が異なるが、これがこの年齢層の一般的な状況かもしれない。高齢者では、身体活動レベルが年齢とともに減少傾向となることが容易に推察されるが、同時に個人差も大きくなると考えられる。その点では、対象を身体活動のエネルギー消費で3群に分けたManiniら¹⁴²⁾の検討のように、PALの平均値より個々の対象の値のバラつきを示す方が意味があるかもしれないし、質問紙法や加速度計などを用いた個人の身体活動量の評価も必要かもしれない。また現状の評価だけでなく、この年齢層のPALの低下を防ぐためにより若い年齢から高い身体活動レベルを維持することが重要である。

E. 結論

「日本人の食事摂取基準(2015年版)」のエネルギーの項の策定にあたり、1)耐糖能異常を有する者のエネルギー消費量、2)二重標識水法(DLW法)のTEEと比較した食事アセスメントの妥当性評価、3)小児および高齢者のPALに関する研究のレビューをおこなった。

その結果、1)耐糖能異常者のエネルギー消費量は、耐糖能正常者と大きな差を認めなかった。2)食事アセスメントは一般に、通常エネルギー摂取量を過小評価し、BMIが大きくなるにつれ過小評価の程度は甚だしくなった。3)小児ではPALは年齢とともに増加傾向を認めた。高齢者の研究は、70歳代に集中しており、80歳代以上のデータは不足していた。

今後の課題として、多数例の縦断的な検討により、個々の生活習慣病がどの程度の減量で改善するか、生活習慣の修正でどの程度の減量が維持可能かを明らかにし、それをもとに適正なBMI(体重維持の目標)を明らかにする必要がある。その

BMI を維持するエネルギー摂取量 (=エネルギー消費量) を継続することが、健康の保持・増進、生活習慣病予防の観点から見た食事摂取基準のエネルギーの要件となる。

F. 研究発表

勝川史憲：エネルギー代謝の栄養管理（日本臨床栄養学会・2013 年度 認定臨床栄養医研修会，2013.9.1，東京）

文献

- 1) Chong PK, Jung RT, Rennie MJ, Scrimgeour CM. Energy expenditure in lean and obese diabetic patients using the doubly labelled water method. *Diabet Med* 1993; 10: 729-35.
- 2) Chong PK, Jung RT, Rennie MJ, Scrimgeour CM. Energy expenditure in type 2 diabetic patients on metformin and sulphonylurea therapy. *Diabet Med* 1995; 12: 401-8.
- 3) Salle A, Ryan M, Ritz P. Underreporting of food intake in obese diabetic and nondiabetic patients. *Diabetes Care* 2006; 29: 2726-7.
- 4) Fontvieille AM, Lillioja S, Ferraro RT, Schulz LO, Rising R, Ravussin E. Twenty-four-hour energy expenditure in Pima Indians with type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus. *Diabetologia* 1992; 35: 753-9.
- 5) 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.
- 6) Bitz C, Toubro S, Larsen TM, Harder H, Rennie KL, Jebb SA, Astrup A. Increased 24-h energy expenditure in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27: 2416-21.
- 7) Bogardus C, Taskinen MR, Zawadzki J, Lillioja S, Mott D, Howard BV. Increased resting metabolic rates in obese subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus and the effect of sulfonylurea therapy. *Diabetes* 1986; 35: 1-5.
- 8) 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.
- 9) Miyake R, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Morita A, Watanabe S, Tanaka S. Obese Japanese adults with type 2 diabetes have higher basal metabolic rates than non-diabetic adults. *J Nutr Sci Vitaminol* 2011; 57: 348-54.
- 10) Asbeck I, Mast M, Bierwag A et al.: Severe underreporting of energy intake in normal weight subjects: use of an appropriate standard and relation to restrained eating. *Pub Health Nutr* 2002; 5: 683-690.
- 11) 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: 385-389.
- 12) Schoeller DA, van Santen E: Measurement of energy expenditure in humans by doubly labeled water method. *J Appl Physiol* 1982; 53: 955-9.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) Jones PJ, Leitch CA: Validation of doubly

- labeled water for measurement of caloric expenditure in collegiate swimmers. *J Appl Physiol* 1993; 74: 2909-14.
- 16) 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.
- 17) Branth S, Hambræus 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.
- 18) Persson M, Elmståhl S, Westerterp KR. Validation of a dietary record routine in geriatric patients using doubly labelled water. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: 789-96.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) Prentice AM, Black AE, Coward WA, et al. High levels of energy expenditure in obese women. *Br Med J* 1986; 292: 983-7.
- 23) Livingstone MB, Prentice AM, Strain JJ, et al. Accuracy of weighed dietary records in studies of diet and health. *Br Med J* 1990; 300: 708-12.
- 24) Schulz S, Westerterp KR, Brück K. Comparison of energy expenditure by the doubly labeled water technique with energy intake, heart rate, and activity recording in man. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 1146-54.
- 25) 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.
- 26) 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.
- 27) Goran MI, Poehlman ET. Total energy expenditure and energy requirements in healthy elderly persons. *Metabolism* 1992; 41: 744-53.
- 28) 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.
- 29) Reilly JJ, Lord A, Bunker VW, et al. Energy balance in healthy elderly women. *Br J Nutr* 1993; 69: 21-7.
- 30) Clark D, Tomas F, Withers RT, et al. Energy metabolism in free-living, 'large-eating' and 'small-eating' women: studies using 2H2(18)O. *Br J Nutr* 1994; 72: 21-31.
- 31) 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.
- 32) 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.
- 33) 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.
- 34) Seale JL, Rumlper 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.
- 35) 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.
- 36) Bratteby LE, Sandhagen B, Fan H, et al. Total energy expenditure and physical activity as assessed by the doubly labeled water method in Swedish adolescents in whom energy intake was underestimated by 7-d diet records. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 905-11.
- 37) Gretebeck RJ, Boileau RA: Self-reported energy intake and energy expenditure in elderly women. *J Am Diet Assoc* 1998; 98: 574-6.
- 38) 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.
- 39) 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.
- 40) Tomoyasu NJ, Toth MJ, Poehlman ET. Misreporting of total energy intake in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47: 710-5.
- 41) Goris AH, Westerterp-Plantenga MS, Westerterp KR. Underreporting and underrecording of habitual food intake in obese men: selective underreporting of fat intake. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 130-4.
- 42) 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.
- 43) 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.
- 44) 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.
- 45) 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.
- 46) 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.
- 47) 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.
- 48) 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.

- 49) 彭雪英, 柴田麗, 吉竹裕ほか: 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の摂取状況. 日本栄養・食糧学会誌. 2005; 58: 329-335.
- 50) 高田和子, 別所京子, 田中茂穂ほか: 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.
- 51) 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.
- 52) 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.
- 53) 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.
- 54) 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 Obes* 2010; 34: 437-45.
- 55) Racette SB, Das SK, Bhapkar M, Hadley EC, et al. 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.
- 56) 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.
- 57) 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. doi: 10.1371/journal.pone.0068936.
- 58) 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 Sep 7. pii: S2212-2672(13)01119-2. doi: 10.1016/j.jand.2013.07.001.
- 59) 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.
- 60) 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.
- 61) Howat PM, Mohan R, Champagne C et al. : Validity and reliability of reported dietary intake data. *J Am Diet Assoc* 1994; 94: 169-73.
- 62) 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.
- 63) 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.
- 64) Tran KM, Johnson RK, Soultanakis RP, et

- al. In-person vs telephone-administered multiple-pass 24-hour recalls in women: validation with doubly labeled water. *J Am Diet Assoc* 2000; 100: 777-83.
- 65) 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.
- 66) Kroke A, Klipstein-Grobusch K, Voss S et al.: Validation of a self-administered food-frequency questionnaire administered in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) Study: comparison of energy, protein, and macronutrient intakes estimated with the doubly labeled water, urinary nitrogen, and repeated 24-h dietary recall methods. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 439-47.
- 67) 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.
- 68) 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.
- 69) Barnard JA, Tapsell LC, Davies PS. 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.
- 70) 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.
- 71) 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.
- 72) 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.
- 73) 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.
- 74) Subar AF, Kipnis V, Troiano RP et al.: Using intake biomarkers to evaluate the extent of dietary misreporting in a large sample of adults: the OPEN study. *Am J Epidemiol* 2003; 158: 1-13.
- 75) 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.
- 76) 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.
- 77) Svendsen M, Tonstad S: Accuracy of food intake reporting in obese subjects with metabolic risk factors. *Br J Nutr* 2006; 95: 640-9.
- 78) 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.
- 79) 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.
- 80) 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.
- 81) Scagliusi FB, Ferriolli 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.
- 82) 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.
- 83) 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.
- 84) 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..
- 85) Arab L, Tseng CH, Ang A, et al. Validity of a multipass, web-based, 24-hour self-administered recall for assessment of total energy intake in blacks and whites. *Am J Epidemiol* 2011; 174: 1256-65.
- 86) 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 Jun 5;15(6):e109. doi: 10.2196/jmir.2458.
- 87) Tooze JA, Subar AF, Thompson FE et al. : Psychosocial predictors of energy underreporting in a large doubly labeled water study. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 795-804.
- 88) Neuhouser ML, Tinker L, Shaw PA et al. : Use of recovery biomarkers to calibrate nutrient consumption self-reports in the Women's Health Initiative. *Am J Epidemiol* 2008; 167: 1247-59.
- 89) McClung HL, Sigrist LD, Smith TJ et al. : Monitoring energy intake: a hand-held personal digital assistant provides accuracy comparable to written records. *J Am Diet Assoc* 2009; 109: 1241-5.
- 90) Martin CK, Correa JB, Han H, et al. Validity of the Remote Food Photography Method (RFPM) for estimating energy and nutrient intake in near real-time. *Obesity* 2012; 20 :891-9.
- 91) 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.
- 92) 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.
- 93) 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.

- 94) 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.
- 95) 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.
- 96) 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.
- 97) 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.
- 98) Ambler CI, Eliakim A, Brasel JA et al. : Fitness and the effect of exercise training on the dietary intake of healthy adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22: 354-62.
- 99) 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.
- 100) Eriksson B, Henriksson H, Lof M, Hannestad U, Forsum E. Body-composition development during early childhood and energy expenditure in response to physical activity in 1.5-y-old children. *Am J Clin Nutr* 2012; 96: 567-73.
- 101) Sijtsma A, Schierbeek H, Goris AH, Joosten KF, van Kessel I, Corpeleijn E, Sauer PJ. Validation of the TracmorD triaxial accelerometer to assess physical activity in preschool children. *Obesity* 2013; 21: 1877-83.
- 102) Corder K, van Sluijs EM, Wright A, Whincup P, Wareham NJ, Ekelund U. 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.
- 103) Bell KL, Davies PS. Energy expenditure and physical activity of ambulatory children with cerebral palsy and of typically developing children. 2010; 92: 313-9.
- 104) Zinkel SR, Moe M 3rd, Stern EA, Hubbard VS, Yanovski SZ, Yanovski JA, Schoeller DA. Comparison of total energy expenditure between school and summer months. *Pediatr Obes* 2013; 8: 404-10.
- 105) Bandini LG, Lividini K, Phillips SM, Must A. Accuracy of Dietary Reference Intakes for determining energy requirements in girls. *Am J Clin Nutr* 2013; 98: 700-4.
- 106) Butte NF, Ekelund U, Westerterp KR. Assessing physical activity using wearable monitors: measures of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2012; 44: S5-12.
- 107) Ishikawa-Takata K, Kaneko K, Koizumi K, Ito C. 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.
- 108) Foley LS, Maddison R, Rush E, Olds TS, Ridley K, Jiang Y. Doubly labeled water validation of a computerized use-of-time recall in active young people. *Metabolism* 2013; 62: 163-9.
- 109) Arvidsson D, Slinde F, Hulthen L. Free-living energy expenditure in children using multi-sensor activity monitors. *Clin*

- Nutr 2009; 28: 305-12.
- 110) Fontvieille AM, Harper IT, Ferraro RT, Spraul M, Ravussin E. Daily energy expenditure by five-year-old children, measured by doubly labeled water. *J Pediatr* 1993; 123: 200-7.
- 111) Bunt JC, Salbe AD, Harper IT, Hanson RL, Tataranni PA. Weight, adiposity, and physical activity as determinants of an insulin sensitivity index in pima Indian children. *Diabetes Care* 2003; 26: 2524-30.
- 112) Franks PW, Ravussin E, Hanson RL, Harper IT, Allison DB, Knowler WC, Tataranni PA, Salbe AD. Habitual physical activity in children: the role of genes and the environment. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 901-8.
- 113) 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.
- 114) Livingstone MB, Coward WA, Prentice AM, Davies PS, Strain JJ, McKenna PG, Mahoney CA, White JA, Stewart CM, Kerr MJ. Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water (2H₂(18)O) method. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 343-52.
- 115) Dugas LR, Ebersole K, Schoeller D, Yanovski JA, Barquera S, Rivera J, Durazo-Arzivu R, Luke A. Very low levels of energy expenditure among pre-adolescent Mexican-American girls. *Int J Pediatr Obes* 2008; 3: 123-6.
- 116) Luke A, Roizen NJ, Sutton M, Schoeller DA. Energy expenditure in children with Down syndrome: correcting metabolic rate for movement. *J Pediatr* 1994; 125: 829-38.
- 117) Ramirez-Marrero FA, Smith BA, Sherman WM, Kirby TE. Comparison of methods to estimate physical activity and energy expenditure in African American children. *Int J Sports Med* 2005; 26: 363-71.
- 118) Treuth MS, Figueroa-Colon R, Hunter GR, Weinsier RL, Butte NF, Goran MI. Energy expenditure and physical fitness in overweight vs non-overweight prepubertal girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22: 440-7.
- 119) 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.
- 120) Maffeis C, Pinelli L, Zaffanello M, Schena F, Iacumin P, Schutz Y. Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labelled water (2H₂(18)O) method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; 19: 671-7.
- 121) Spadano JL, Bandini LG, Must A, Dallal GE, Dietz WH. Longitudinal changes in energy expenditure in girls from late childhood through midadolescence. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 1102-9.
- 122) Anderson SE, Bandini LG, Dietz WH, Must A. Relationship between temperament, nonresting energy expenditure, body composition, and physical activity in girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; 28: 300-6.
- 123) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, Volaufova J. Energy expenditure and substrate oxidation predict changes in body fat in children. *Am J Clin Nutr* 2006; 84: 862-70.
- 124) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, Volaufova J. 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.

- 125) 足立稔, 笹山健作, 引原有輝, 沖嶋今日太, 水内秀次, 角南良幸, 他. 小学生の日常生活における身体活動量の評価: 二重標識水法と加速度計法による検討. 体力科学 2007; 56: 347-355.
- 126) Perks SM, Roemmich JN, Sadow-Pajewski M, Clark PA, Thomas E, Weltman A, Patrie J, Rogol AD. 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.
- 127) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, Volaufova J. 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.
- 128) Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH: Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res* 1990; 27: 198-203.
- 129) Arvidsson D, Slinde F, Hulthen L. Physical activity questionnaire for adolescents validated against doubly labelled water. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59: 376-83.
- 130) Slinde F, Arvidsson D, Sjoberg A, Rossander-Hulthen L. Minnesota leisure time activity questionnaire and doubly labeled water in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1923-8.
- 131) Ekelund U, Aman J, Yngve A, Renman C, Westerterp K, Sjostrom M. Physical activity but not energy expenditure is reduced in obese adolescents: a case-control study. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 935-41.
- 132) Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM, Heinz CJ, Mehta NR, Smith EO. 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.
- 133) Tennefors C, Coward WA, Hernell O, Wright A, Forsum E. 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.
- 134) 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.
- 135) Atkin LM, Davies PSW. Diet composition and body composition in preschool children. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 15-21.
- 136) Reilly JJ, Jackson DM, Montgomery C, Kelly LA, Slater C, Grant S, Paton JY. Total energy expenditure and physical activity in young Scottish children: mixed longitudinal study. *Lancet* 2004; 363: 211-2.
- 137) Salbe AD, Weyer C, Harper I, Lindsay RS, Ravussin E, Tataranni PA. Assessing risk factors for obesity between childhood and adolescence: II. Energy metabolism and physical activity. *Pediatrics* 2002; 110: 307-14.
- 138) Montgomery C, Reilly JJ, Jackson DM, Kelly LA, Slater C, Paton JY, Grant S. Relation between physical activity and energy expenditure in a representative sample of young children. *Am J Clin Nutr* 2004; 80: 591-6.
- 139) Wren RE, Blume H, Mazariegos M, et al. Body composition, resting metabolic rate, and energy requirements of short- and normal-stature, low-income Guatemalan children. *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 406-12.
- 140) Herna'andez-Triana M, Salazar G, Di'az E, Sa'nchez V, Basabe B, Gonza'lez S, Di'az ME. Total energy expenditure by the

- doubly-labeled water method in rural preschool children in Cuba. *Food Nutr Bull* 2002; 23: 76-81.
- 141) 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.
- 142) Manini TM, Everhart JE, Patel KV, Schoeller DA, Cummings S, Mackey DC, Bauer DC, Simonsick EM, Colbert LH, Visser M, Tyllavsky F, Newman AB, Harris TB; 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.
- 143) Cooper JA, Manini TM, Paton CM, Yamada Y, Everhart JE, Cummings S, Mackey DC, Newman AB, Glynn NW, Tyllavsky F, Harris T, Schoeller DA. Longitudinal change in energy expenditure and effects on energy requirements of the elderly. *Nutr J* 2013; 12: 73.
- 144) Blanc S, Schoeller DA, Bauer D, et al. Energy requirements in the eighth decade of life. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 303-10.
- 145) 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.
- 146) 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.
- 147) 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.
- 148) 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.
- 149) Manini TM, Everhart JE, Patel KV, et al. Daily activity energy expenditure and mortality among older adults. *JAMA* 2006; 296: 171-9.
- 150) Rothenberg EM, Bosaeus IG, Steen BC. Energy expenditure at age 73 and 78—a five year follow-up. *Acta Diaetol* 2003; 40(Suppl 1): S134-8.
- 151) Fuller NJ, Sawyer MB, Coward WA, et al. Components of total energy expenditure in free-living elderly men(over 75 years of age): measurement, predictability and relationship to quality-of-life indices. *Br J Nutr* 1996; 75: 161-73.
- 152) 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.
- 153) 文部科学省：平成 24 年度体力・運動能力調査. available at:
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001050841&cycode=0>

表 1. 耐糖能異常を有する者の基礎代謝, 総エネルギー消費量, PAL

文献	測定手段	対象	TEE (kcal)	TEE/体重 (kcal/kg)	BMR (kcal)	BMR/体重 (kcal/kg)	PAL	備考
Chong (1993)	DLW	DM 23名 BMI 20.9~ 45.8	2881	36.1	1623	20.3	1.8	NGT対象の他の研究 と比較してTEE, BMRは差なし
Chong (1995)	DLW	Chong (1993) とデータ一部 重複あり. 結 果は同様						
Salle (2006)	DLW	DM 12名 BMI 37.1 対照と比較	3863 対照と差なし	36.5	2020 対照と差なし	19.2	1.86	
Fontvielle (1992)	代謝チェン パー	DM 49名 107 kg 対照と比較	-2454	-22.9	1891 対照より5%↑	17.7		食後の熱産生はDM で↓
Weyer (1999)	代謝チェン パー	DM 365名 107 kg (DM: 2380)	(DM: 2380)	(DM: 22.2)	[DM: 1767]	[DM: 16.5]		
		IGT 127名 100 kg (IGT: 2327)	(IGT: 2327)	(IGT: 23.2)	[IGT: 1735]	[IGT: 17.3]		
		17名で縦断的 に比較			SMRはDM>IGT>NGT NGT→IGTで4%↑ IGT→DMで3%↑			
Bitz (2004)	代謝チェン パー	DM 31名, BMI 35.5. 対照と 比較	-2587	-25.4	2060 対照より7%↑	20.2		
Bogardus (1986)	間接熱量計	DM 24名 BMI 36.1 対照と比較			1954	20.4 FFMあたりで 対照より5%↑		
Nair (1986)	間接熱量計	肥満DM, 肥満 IGT, 肥満 NGT, 非肥満 対照 各5名			肥満NGTは予測値 と差なし. 肥満 DM+IGTは予測値 より↑			食後の熱産生は 肥満NGT>肥満IGT, 肥満DM. 基礎代謝 +食後の熱産生 は, 肥満NGT<肥満 IGT<肥満DMの傾向
Miyake (2011)	間接熱量計	DM 13名, BMI 32.0, IFG 7 名, BMI 30.9, NGTと 比較			DM: 1711 IFG 1484 DMでNGTより 7%↑	DM: 19.6 IGT: 18.2		空腹時血糖がBMRの 残差(予測値から のズレ)と正相関

表2. 小児のPAL (過去5年間の研究)

文献	年齢(歳)	人数・性別	BMI	肥満度	TEE (kcal)	BMR (kcal)	PAL	備考
Eriksson (2012)	1.5	23M	17.6	体重-年齢 zスコア: -0.14 0.10	970	802	1.21	
		21F	17.0		939	728	1.29	
Sijtsma (2013)	3.5(3-4)	12M/18F	15.9		1301	850	1.53	
Corder (2009)	4.9(4-5)	17M/10F	16.5	過体重: 28%	1562	935	1.67(1.39-1.92)	
	13.1(12-13)	17M/8F	19.6	21%	2810	1511	1.86(1.53-2.07)	
	17.1(16-17)	7M/17F	22.0	19%	2882	1619	1.78(1.37-2.12)	
Bell (2010)	8.1(5-12)	16	17.4	体重zスコア: 0.11	1986	1108	1.79	
Zinkel (2013)	9.2	27M/39F	26.3		2303	1391	1.66	年齢幅が広い 過体重を含む
	10	52M/44F	30.4		2617	1556	1.7	
Bandini (2013)	10.0(8-12)	161F	16.7	BMI zスコア: -0.25	1959	1225	1.60	年齢幅が広い
Butte (2010)	11.6(5-18)	32M/28F	22.9	BMI zスコア: 0.97	2153	1331	1.57	年齢幅が広い
Ishikawa-Takata (2013)	12.7(12-13)	12M	19.2		2844	1410	1.98	(25-75パーセントイル)
	13.6(13-14)	10M	19.2		3298	1577	2.10	
	14.6(14-15)	10M	19.6		2796	1530	1.83	
	12.1(12-13)	7F	17.4		2175	1147	1.93	
	13.5(13-14)	12F	18.1		2175	1219	1.78	
	14.0(14-15)	9F	18.9		2342	1243	1.87	
	12-15	27F(運動+) 5M(運動-) 18F(運動+) 10F(運動-)			3035 2629 2318 2079	1506 1554 1219 1195	2.03(1.78-2.21) 1.69(1.51-1.86) 1.90(1.73-2.06) 1.75(1.57-1.91)	
Foley (2013)	15.2(10-18)	18M	20.6		3190		2.2	年齢幅が広い
	13.3(10-18)	14F	20.0				1.9	
Arvidsson (2009)	14-15	9M	20.1		2990	1515	1.77(1.38-2.04)	
	14-15	11F	20.3		2275	1405	1.60(1.46-1.85)	

表3. 高齢者のPAL

文献	対象者	年齢(歳)	性別	BMI	BMR(kcal)	TEE(kcal)	PAL
Yamada (2009)	健康な高齢者	74±6	男(14) 女(18)	22.2±2.5	1133±179	1876±368	1.66±0.24
Baarends (1997)	自立生活をしている 高齢男性	72.8±6.1	男(8)	22.4±2.5	記載なし	2107±88	1.4±0.1
Sawaya (1995)	退職した高齢女性	74.0±4.4	女(10)	24.1±2.8	1145±105	1814±213	1.59±0.19
Rothenberg (1998)	健康な高齢者	73	男(3) 女(9)	25±3	1371±201	2366±342	1.73±0.25
Reilly (1993)	健康な高齢女性	73±3	女(10)	記載なし	1221±91	2201±354	1.80±0.19
Bonnefoy (2001)	健康な高齢男性	73.4±4.1	男(19)	記載なし	1480±144	2539±586	1.71±0.32
Blanc (2004)	黒人女性	74.6±3.2	女(67)	28.6±5.9	1131±170	1904±369	1.69±0.24
	白人女性	74.8±2.8	女(77)	26.2±5.3	1150±170	1885±286	1.65±0.21
	黒人男性	74.8±2.9	男(72)	27.1±4.5	1363±187	2324±436	1.71±0.24
	白人男性	75.1±3.2	男(72)	27.6±4.2	1454±191	2521±396	1.74±0.22
Rothenberg (2003)	比較的健康な高齢者	78	男(2) 女(9)	24.3±2.6	1140±76	1984±347	1.74±0.25
Fuller (1996)	在宅高齢者	82±3*	男(17)	24.8±3.8*	1434±143	2294±311	1.6±0.2
Rothenberg (2000)	自立しているが、 外出できない者も 含む	91-96	男(8)	23.2±2.4	1455±217	1935±174	1.36±0.21
			女(13)	24.2±4.4	1280±170	1505±193	1.19±0.19
Colbert (2011)	自立歩行できる疾 患のない高齢者	74.7±6.5	男(12) 女(44)	25.8±4.2	1165	2148	1.72(1.63-1.92)**
Manini (2009)	Blanc(2004)と同 じ集団を身体活動 のエネルギー消費 で3群に分けた	75.2 (70-79)	男(43)	26.4±4.7	1372±205	2044±280	1.49
		75.1 (70-79)	男(43)	27.9±3.9	1419±190	2395±214	1.69
		74.5 (70-79)	男(43)	27.6±4.1	1430±178	2788±293	1.95
		75.5 (70-79)	女(40)	25.5±4.8	1140±184	1656±209	1.45
		74.6 (70-79)	女(40)	27.9±5.8	1118±149	1839±175	1.64
		74.2 (70-79)	女(39)	27.0±5.5	1138±149	2160±263	1.90
Cooper (2013)	Blanc(2004)の一 部の対象をを8年 後にフォローアッ プして比較した	74.7	男(47)	27.0±4.3	1401±204	2482±476	1.77±0.23
		82.2		27.1±4.8	1322±182	2208±376	1.68±0.21
		74.5	女(40)	28.4±4.5	1133±157	1892±271	1.68±0.19
		82.0		28.0±4.3	1097±148	1814±337	1.67±0.31

*年齢, BMIは17人+6人の計23人分の値. **()内は25 - 75パーセントイル

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）
研究報告書

日本人の食事摂取基準の策定に資する代謝性疾患の栄養評価に関する研究

日本人の食事摂取基準の策定に資する基礎資料 -たんぱく質-

分担研究者 木戸 康博 京都府立大学大学院生命環境科学研究科 教授

【研究要旨】

たんぱく質は生命の維持に最も基本的な物質であり、組織を構築するとともに、様々な機能を果たしている。たんぱく質を構成しているアミノ酸は、たんぱく質合成の素材であるだけでなく、神経伝達物質やビタミン、その他の重要な生理活性物質の前駆体ともなっている。さらに、酸化されるとエネルギー源としても利用される。これまで、たんぱく質の必要量は、窒素出納法により算出されてきた。日本人の食事摂取基準策定のための基礎資料を得るために、Pub Med 等を用いて幅広く関連文献を収集した。また、不可欠（必須）アミノ酸についても、2007 年の WHO/FAO/UMU の合同レポート以降の研究を網羅的に調査した。さらに、たんぱく質必要量策定のための新しい方法として提案されている指標アミノ酸酸化法に関する研究を網羅的に調査した。その結果、最近の窒素出納に関する研究は全く報告がなく、不可欠アミノ酸必要量だけでなく、たんぱく質必要量についても、指標アミノ酸酸化法による研究成果が蓄積されつつあることが明らかとなった。今後、日本人のたんぱく質必要量についても、指標アミノ酸酸化法による研究を推進することが必要と考えられた。

分担研究者

木戸 康博・京都府立大学大学院生命環境科学研究科教授

研究協力者

志塚 ふじ子・長野県短期大学生生活科学科教授

鈴木 良雄・順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 准教授

小川 亜紀・京都府立大学大学院生命環境科学研究科 特任研究員

鈴木 いづみ・白鷗大学 教育学部 発達科学科 非常勤講師

A. 背景と目的

たんぱく質は、生命の維持に最も基本的な物質であり、組織を構築するとともに、様々な機能を果たしている。たんぱく質を構成しているアミノ酸は、20 種であり、ヒトはそのうち、11 種を合成することができ

る。それ以外の 9 種は食事によって摂取しなければならず、それらを不可欠アミノ酸（必須アミノ酸）という。アミノ酸は、たんぱく質合成の素材であるだけでなく、神経伝達物質やビタミン、その他の重要な生理活性物質の前駆体ともなっている。さらに、酸化されるとエネルギー源としても利用される。体たんぱく質も合成と分解を繰り返しており、種類によりその代謝回転速度は異なるが、いずれも分解されてアミノ酸となり、その一部は不可避免的に尿素などに合成されて体外に失われる。従って、成人においてもたんぱく質を食事から補給する必要がある。成長期には、その上に新生組織の蓄積に必要なたんぱく質を摂取しなければならない。

これまで、たんぱく質必要量は、窒素出納法の研究成果に基づき策定されてきた。本研究では、国内外のたんぱく質必要量および不可欠アミノ酸必要量に関する文献を

収集し、たんぱく質および不可欠アミノ酸の食事摂取基準策定のための基礎資料とすることを目的とした。

B. 方法

たんぱく質とアミノ酸を key word として、PubMed を中心として文献検索を行った。

たんぱく質については、1. 健康な成人における良質（動物性）たんぱく質のたんぱく質維持必要量（窒素出納試験）、2. 高齢者におけるたんぱく質維持必要量（窒素出納試験）、3. 小児におけるたんぱく質維持必要量（窒素出納試験）、4. 小児の体組成、5. 妊娠による体たんぱく質蓄積量と体重増加量、6. たんぱく質必要量（指標アミノ酸酸化法）について、網羅的に調査した。

また、ヒトの不可欠アミノ酸必要量については、2007年のWHO/FAO/UMUの合同レポート以降の研究を網羅的に調査した。

C. 結果

1. 健康な成人における良質（動物性）たんぱく質のたんぱく質維持必要量（窒素出納試験）

(1) 文献の抽出

窒素出納試験による健康な成人における良質（動物性）たんぱく質のたんぱく質維持必要量について、PubMedにて、「(nitrogen OR balance) AND “protein requirement” AND “humans” [MeSH Terms]」を検索式として検索し、合計80本の論文を得た。得られた論文のタイトルからヒトのたんぱく質必要量の記載があると判断されるものを抽出し、抄録を確認し、内容を確認したところ、健常人を対象にたんぱく質必要量を検討したものは15論文であった。

検討対象となった15論文に記載された実験方法・結果をエビデンステーブルとして表1に示した。

(2) 検討対象となった15論文

1) Bourges H and Lopez-Castro BR. Protein requirements of young adult men fed a Mexican rural diet. Arch Latinoam Nutr 1982; 32: 630-49.

2) Egana JI, Uauy R, Cassorla X, et al. Sweet lupin protein quality in young men. J Nutr 1992; 122: 2341-7.

3) Huang PC and Lin CP. Protein requirements of young Chinese male adults for ordinary Chinese mixed dietary protein and egg protein at usual levels of energy intake. J Nutr 1982; 112: 897-907.

4) Inoue G, Fujita Y and Niiyama Y. Studies on protein requirements of young men fed egg protein and rice protein with excess and maintenance energy intakes. J Nutr 1973; 103: 1673-87.

5) Inoue G, Takahashi T, Kishi K, et al. The evaluation of soy protein isolate alone and in combination with fish in adult Japanese men. In: Protein-energy requirements of developing countries: evaluations of new data. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Tokyo: United Nations University, 1981: 77-87. (Food & Nutrition Bulletin Supplement no. 5.)

6) Kaneko K, Ishikawa K, Setoguchi K, et al. Utilization and requirement of dietary protein taking into account the dermal and miscellaneous nitrogen losses in Japanese women. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo) 1988; 34: 459-67.

7) Komatsu T, Kishi K, Yamamoto T et al. Nitrogen requirement of amino acid mixture with maintenance energy in young men. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo) 1983; 29: 169-85.

8) Scrimshaw NS, Wayler AH, Murray E, et al. Nitrogen balance response in young men given one or 2 isolated soy proteins

or milk proteins. J Nutr 1983; 113: 2492-7.

9) Tontisirin K, Sirichakawal PP and Valyasevi A. Protein requirements of adult Thai males. In: Protein-energy requirements of developing countries: evaluations of new data. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Tokyo: United Nations University, 1981:88-97. (Food & Nutrition Bulletin Supplement no. 5.)

10) Uauy R, Scrimshaw NS and Young VR. Human protein requirements: nitrogen balance response to graded levels of egg protein in elderly men and women. Am J Clin Nutr 1978; 31: 779-85.

11) Wayler A, Queiroz E, Scrimshaw NS, et al. Nitrogen balance studies in young men to assess the protein quality of an isolated soy protein in relation to meat proteins. J Nutr 1983; 113: 2485-91.

12) Yanez E, Uauy R, Ballester D, et al. Capacity of the Chilean mixed diet to meet the protein and energy requirements of young adult males. Br J Nutr 1982; 47: 1-10.

13) Young VR, Taylor YSM, Rand WM, et al. Protein requirements of man: efficiency of egg protein utilization at maintenance and submaintenance levels in young men. J Nutr 1973; 103: 1164-74.

14) Young VR, Fajardo L, Murray E, et al. Protein requirements of man: comparative nitrogen balance response within the submaintenance-to-maintenance range of intakes of wheat and beef proteins. J Nutr 1975; 105: 534-42.

15) Young VR, Puig M, Queiroz E, et al. Evaluation of the protein quality of an isolated soy protein in young men: relative nitrogen requirements and effect of methionine supplementation. Am

J Clin Nutr 1984; 39: 16-24.

2. 高齢者におけるたんぱく質維持必要量 (窒素出納試験)

(1) 文献の抽出

高齢者におけるたんぱく質維持必要量について、PubMedにて、「(nitrogen OR balance) AND “protein requirement” AND “humans” [MeSH Terms]」を検索式として検索し、合計 80 本の論文を得た。得られた論文のタイトルから高齢者におけるたんぱく質維持必要量の記載があると判断されるものを抽出し、抄録を確認し、内容を確認したところ、高齢者におけるたんぱく質維持必要量を検討したものは 5 論文であった。

検討対象となった 5 論文に記載された実験方法・結果をエビデンステーブルとして表 2 に示した。

(2) 検討対象となった 5 論文

1) Uauy R, Scrimshaw NS and Young VR. Human protein requirements: nitrogen balance response to graded levels of egg protein in elderly men and women. Am J Clin Nutr 1978; 31: 779-85.

2) Cheng AHR, Gomez A, Bergan JG, et al. Comparative nitrogen balance study between young and aged adults using three levels of protein intake from a combination wheat-soy-milk mixture. Am J Clin Nutr 1978; 31: 12-22.

3) Gersovitz M, Motil K, Munro HN, et al. Human protein requirements: assessment of the adequacy of the current Recommended Dietary Allowance for dietary protein in elderly men and women. Am J Clin Nutr 1982; 35: 6-14.

4) Campbell WW, Crim MC, Dallal GE, et al. Increased protein requirements in elderly people: new data and retrospective reassessments. Am J Clin Nutr 1994; 60: 501-9.