

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
（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業）

生活習慣病予防や身体機能維持のためのエネルギー・たんぱく質必要量の
推定法に関する基盤的研究

研究代表者 国立健康・栄養研究所 田中茂穂 基礎栄養研究部 部長

分担研究者の報告書

子どもの推定エネルギー必要量のエビデンス収集を目的とする文献レビュー

研究分担者 海老根直之 同志社大学 スポーツ健康科学部 准教授

研究協力者 中江悟司 （独）国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 特別研究員

「日本人の食事摂取基準」において示される各種栄養素の基準値は、可能な限り科学的根拠に基づく策定を行うこととなっており、系統的レビューの手法を用いて、国内外の学術論文ならびに入手可能な学術資料を最大限に活用することを基本としている。本研究は、幼児の推定エネルギー必要量の策定根拠として利用可能な文献資料の収集とその精査を目的とした。

国際データベース（PubMed）、国内データベース（医中誌 Web）を活用し、18歳までの年齢に限定して文献収集を行い、加えて、データベースに掲載されていない学術論文についても探索・収集した。

PubMed を活用したキーワード検索の結果、2008 年 1 月から 2013 年 2 月の期間に公表がなされ、幼児が対象に含まれている文献は 16 篇確認された。内容の精査を行ったところ、幼児ならびに幼児を含む対象者で、一日の総エネルギー消費量（TEE）と身体活動レベル（PAL）が共に掲載されている原著論文が 4 篇存在した。しかし、いずれの論文も 2010 年版レビューにおける算入基準を満たしてはいなかった。幼児の TEE のみを報告している文献としては、4 篇の原著論文が確認された。なお、日本人幼児・小児を対象に二重標識水（DLW）法を用いた研究は国際データベース上には確認されなかった。

国内データベースを用いた検索においても、過去 5 年間、日本人幼児または小児を対象に DLW 法を用いた研究論文は存在しなかったが、データベースに依存しない情報収集の結果、日本人低身長児（ 5.2 ± 0.5 歳，8 名）を対象に実施された TEE と PAL の結果を含む論文が和文学術雑誌にて出版待ちであることが確認された。

幼児を対象に、実測 BMR から求められる PAL を報告する文献は新規に発見されなかった。このため、反映されるデータの数エビデンスの強さと考えて基準値策定を行うのであれば、従来型の $BMR \times PAL$ から推定エネルギー必要量を求める方

法ではなく、例えば、体重あたりの TEE 基準値を示すアプローチの方が、特にデータの少ない幼児のエネルギー基準値策定の際には有効ではないかと考えられた。

A. 研究目的

エネルギーの食事摂取基準には、推定エネルギー必要量という概念が用いられており、「日本人の食事摂取基準」において、性別、年齢区分ごとの基準値が示されることで、各種フィールドにて適切な食事量を導き出すために活用されている。

推定エネルギー必要量は、可能な限り科学的根拠に基づいた策定を行うことを基本としており、系統的レビューの手法を用いて、国内外の学術論文ならびに入手可能な学術資料を最大限に活用することを基本としている。このため、日本人のデータが十分に存在しない場合には、当該分野の先進諸国の基準値を睨みつつ、これらを構築しているエビデンスを採用して策定が行われている。

幼児から成人、高齢者まで示される推定エネルギー必要量は、対象者の性別・年齢・体格要因を加味するための基礎代謝量 (BMR) と身体活動量の指数である身体活動レベル (Physical activity level: PAL) の積によって求められている。このため、推定エネルギー必要量を導き出すためには、BMR と PAL のそれぞれについて、性別、年齢区分ごとの代表値を決めるためのエビデンスが必要となる。PAL については、日常生活でのエネルギー消費量の 0 正確な測定を実現する二重標識水 (DLW) 法によって求められる一日の総エネルギー消費量 (TEE) を、同一被検者で測定された BMR で除した値がエビデンスとされている。

しかしながら、子ども、特に 5 歳未満の幼児

については、日本人に限定せずとも実測データが十分に存在しない問題がある。2010 年版の策定に向けてワーキンググループが発足した 2008 年 9 月の時点で実施された子どもの PAL に関するシステマティックレビューでは、子どもの PAL のエビデンスを構成する文献、32 報の内、日本人の小児を対象とする論文はわずか 1 報のみであった。さらに幼児については、日本人を対象として測定された PAL のデータは存在せず、欧米人の基準値と同一のエビデンスにて PAL の代表値を決定せざるを得なかった。幼児については、世界的にもデータが希少で、5 歳未満については、DLW 法で TEE を求めつつ BMR の実測データを報告する論文が存在せず、BMR の推定値を用いて便宜的に PAL を算出したデータも許容する形で基準値を示す事となった。

本研究では、『日本人の食事摂取基準 2010 年版』の公表以降に報告された論文を文献データベースで検索することで幼児の推定エネルギー必要量をより強固なものとするためのエビデンスとなり得るデータを収集することを目的とした。また、可能な限りエビデンスを増やすため、国内研究者のネットワークを駆使してデータベースに掲載されていない情報についても収集を行うこととした。

B. 情報収集の方法

1. 国際データベース

文献データベース『PubMed』を用いて、“DLW or (doubl* label* water)”をキーワー

ドに検索を行い、フィルター機能を用いて“Child: birth-18 years”に検索結果を限定した。

2. 国内データベース

和文で公表された文献ならびに日本人を調査の対象としている文献を探し出す目的で、国内医学論文情報のインターネット検索サービスである『医中誌 Web』を活用し“二重標識水”ならびに“基礎代謝”をキーワードに検索を行い、アブストラクトを精査することで関連文献を探索した。

3. その他の方法

国内の DLW ユーザーネットワークを足がかりに、日本人小児を対象とした調査でありながら、データベース検索でヒットしない文献ならびに公表待ちとなっている論文についての情報収集を行った。

C. 研究結果

1. 国際データベース

検索の結果、2008年1月から2013年2月（最終検索日：2013年5月10日）の期間に公表がなされた18歳以下の小児を対象とした文献は、69篇であった。さらに、PubMedのフィルター機能（Preschool Child:2-5 years）を用いて、そのうち幼児が対象に含まれている文献16篇について内容を精査した。

日常生活を行っている幼児（被検者5名以上）のTEEならびにPALのデータが共に掲載されている論文は4篇存在した。Corderら（2009）による原著論文は、TEE（ 6535 ± 1114 kJ/day）に加え、安静時エネルギー消費量（REE）から求められたPAL

[1.67 ± 0.2 (SD)]のデータを包含している（ 4.9 ± 0.7 歳、4-5歳の27名）。しかしながら、REEの測定条件は食後2時間、事前の仰臥位安静10分とBMRとはみなせない。Ojiamboら（2012）の原著論文は、ヨーロッパ4カ国の幼児と小学生49名（ 6.9 ± 1.5 歳、4-10歳）を対象としてTEE（ 6.6 ± 1.2 MJ/day）とPAL（ 1.5 ± 0.1 、範囲：1.2-1.8）を報告している。しかし、PALの分母であるBMRはSchofield（1985）の推定式により算出されている。なお、本論文は先に公表されたBammannら（2011）の原著論文に掲載された一部データを2次利用しているが、TEEとPALについては共用されていない。

1篇の原著論文が過去の論文データ（Rush et al., 2003）の2次利用により幼児と小児の混成集団のTEEとPALを報告している（Rush et al., 2010）。過去の報告と比較しても、男子51名、女子40名と例数は多いが、複数の人種をひとまとめとした解析を行っている。また、当該グループの2003年の報告については、REEの測定をランチの1-3時間経過後に行っているため、2010年版においてエビデンスとして採択されていない。

2010年版レビューにおける幼児・小児のデータの算入基準としては、PALの分母としてBMRの実測値が条件と定められ、そのようなデータが存在しない5歳未満についてのみ推定BMRを許容するものであった。この条件と照らし合わせた場合、上記3篇のデータは、いずれも採択されないことになる。

なお、Butteら（2010）の原著論文では、TEE（ 2153 ± 625 kcal/day）とPAL

(1.54 ± 0.16 , 範囲: 1.30-2.08) が報告されており, BMR の測定条件もクリアしているものの, 5 歳から 18 歳までを総計したデータであるため, 幼児のデータとして採択するのは難しい.

この他, 幼児の TEE を報告している文献として, 4 篇の原著論文が確認された (Jackson et al., 2009; Djafarian et al., 2010; Walker et al., 2012; Collins et al., 2013). また, 検索結果には乳児を対象に TEE を測定した原著論文も 1 篇含まれていた (Gondolf et al., 2012).

国際データベースで検索可能な文献には, 日本人幼児・小児を対象に DLW 法を用いた研究は確認されなかった.

2. 国内データベース

ヒットした件数が少ないことから, アブストラクトから関連文献の探索を行ったが, 日本人幼児または小児を対象に DLW 法を用いた新規の研究論文の該当はなかった.

一方, 日本人幼児の REE を測定した研究 2 篇が確認された. Nishimoto ら (2012) は, フード法を用いて低身長児の REE に着目した研究を実施し, 健常児対照群 (6.3 ± 2.2 歳, 男子 6 名, 女子 7 名の計 13 名) の値も同時に報告している. もう 1 篇 (Shimizu-Fujiwara et al., 2012) は, 疾患児を対象として実施された調査であり, エネルギー必要量策定のエビデンスとすることは難しい.

なお, 2007 年に Hikihara らが International Journal of Sport and Health Science に発表した原著論文は, スポーツ選手群と年齢を一致させた非トレーニング群の TEE と実測 BMR から求められた PAL を報告している. 非トレーニング群 (8 名) の

年齢は 18.6 ± 0.5 歳であり, 小児もしくは成人のエビデンスとして採択できる可能性がある.

3. その他の方法

ここまで実施したデータベース検索でヒットしない文献であるが, 山田ら (2012, 京都滋賀体育学研究) の和文原著論文では, 陸上競技部に所属する小・中学生 (12.3 ± 0.6 歳, 男子 7 名, 女子 5 名の計 12 名) を対象に, DLW 法で求められた TEE が報告されている.

査読審査が完了し, 公表待ちとなっている論文に関する情報収集も行った. 大阪府立母子健康総合医療センターのグループによる, 日本人低身長児 (5.2 ± 0.5 歳, 男子 4 名, 女子 4 名の計 8 名) を対象に, TEE を DLW 法, BMR をフード法で実測することで PAL を取得した論文が日本栄養・食糧学会誌への掲載が決定している.

D. 考察

DLW 法で TEE を調査した研究のうち, 国内外を問わず幼児の PAL, 幼児を含んだ PAL を報告している研究は, 直近の 5 年間にわたりわずか 4 篇にとどまった. しかも, 厳密な観点から言えば, これらの報告は 2010 年版のシステムティックレビューの算入基準を満たしていない. 例えば, Corder ら (2009) の示した PAL は, 分母が条件の緩い REE (食後 2 時間経過後, 仰臥位, 事前安静 10 分間) であることから, 過小評価されていることが懸念される.

DLW 法については, 幼児を対象とした場合においても正確度と精密度が保証されている一方で, ダグラスバッグ法やフード法に代表される間接熱量測定法については, 成人を対象とす

る場合とは異なる困難さが存在する。このため、測定の対象である個体の真値が得られたと自信を持って判定することは容易ではない。即ち、幼児・小児を対象とした場合には早朝の空腹時に仰臥位覚醒状態で代謝測定を行う事自体が困難であり、測定手続が身体的・精神的な刺激となるため安静状態の保持も容易ではない。例えばこれら視覚的に確認可能な問題点がクリアされた測定であっても、子どもの換気量は少なく、各種測定法が有する弱点に抵触せずに測定が完了できたと判断するには、事前・事後の慎重な検討が必要となる。

費用が掛かるうえ分析の難易度も高い DLW 法での TEE 測定に加え、正確な BMR の実測結果を期待する 2010 年版策定時のエビデンス算入基準は、かなり厳格なものであったが、採択できるデータ数が限定されることで、かえって不安定な基準値を生み出してしまっていた危険性は認識しなければならない。実際、2010 年版の策定から 5 年が経過したにもかかわらず、幼児の PAL の代表値を得るために採択できる文献は我々の確認した限り存在しなかった。

過去、DLW 法の普及期においては、年齢区分毎の TEE や PAL が記載された論文が数多く報告されていた。しかしながら、本研究を通じて検討された直近 5 年間の文献においては、1 つの論文中に複数の年齢区分の代表値が示されるケースは、実に 1 例のみであり、比較的幅広い年齢の被検者らを 1 つの集団と捉えているケースが多く見られた。10 年程度時代を遡ると、DLW 法を利用した調査は新規性が高く、特定集団の TEE や PAL のデータのみでも原著論文となるだけの十分な価値が存在した。しかし、時代が進み、現在では研究目的を達成するた

めの 1 つの測定法、測定値として位置づけられるに至っている。これが背景となり、幼児や小児を対象とする際には、測定が難しく、大きな労力が必要となる BMR や REE の測定は同時に行われなくなっているように見受けられる。今後、この傾向はより顕著になると思われ、PAL のエビデンスが増加しないことが懸念される。

これらを改善する目的で、特にエビデンスの限られている幼児においては、従来型の BMR を介して推定エネルギー必要量を得る方法ではなく、DLW 法で測定された TEE の結果に重きを置き、体重当たりのエネルギー必要量基準値を示す手法を採択した方が、背景となるエビデンスが増加することで、より安全な推定エネルギー必要量を示せる可能性があるのではないだろうか。特に 5 歳以下では PAL は「レベル (ふつう)」しか設定されておらず、身体活動量を考慮して策定されているとはいえない。今後この点については積極的な検討と議論が必要と思われる。また、日本人研究者にあっては、エビデンスが薄い幼児・小児を対象として、より積極的な調査を実施していく努力が求められるのは間違いない。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし