

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：22101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350151

研究課題名(和文) 二重標識水法による成人運動機能障害者におけるエネルギー必要量の算出法の確立

研究課題名(英文) Development of methods to determine the energy requirement of adults with motor disabilities: the double-labeled water method and indirect calorimetry system

研究代表者

岩崎 信明 (IWASAKI, NOBUAKI)

茨城県立医療大学・保健医療学部・教授

研究者番号：70251006

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：運動機能障害を有する小児から高齢者までの幅広い年齢層での栄養管理法を確立するために、推定エネルギー必要量を個別に算出する簡便な手法を開発することを目標とした。間接熱量測定装置で用いる、幅広い体格の対象者に適合する通気性フードの開発を行なった。パーツ組み合わせることによって気管切開がなされている場合でも測定が可能となった。運動機能障害が極めて強い症例において二重標識水法(DLW法)による消費エネルギー量と、間接熱量測定装置を用いた安静時代謝量を比較し、両者に有意な相関が認められた。これによって、簡便な間接熱量測定装置を用いた測定結果から、個別の推定エネルギー必要量を算出できる可能性が得られた。

研究成果の概要(英文)：We aimed to establish a handy technique for calculating individual energy requirements in both children and elderly people with motor disabilities. We developed a new ventilated hood for an indirect calorimetry system that could be used in subjects over a wide range of physical sizes and even in those with a tracheostomy, and could be associated with only minor senses of incompatibility or unpleasant experiences. The resting metabolic rate (RMR) was measured using this indirect calorimetry system and total energy expenditure (TEE) calculated by the double-labeled water method, regarded as the most accurate measurement procedure available at present. Total energy intake was also calculated using dietary records and the RMR and TEE values then compared. The study showed it was possible to determine an individual's energy requirement with a reasonable degree of accuracy using this indirect calorimetry system.

研究分野：小児神経学、リハビリテーション医学

キーワード：エネルギー代謝 運動機能障害 間接熱量測定装置 通気性フード 二重標識水法 DLW法

1. 研究開始当初の背景

運動機能障害を有する脳卒中の成人や脳性麻痺の小児では、運動機能の低下に伴ないエネルギー必要量が低い。半面、摂食嚥下機能の障害によって、摂取エネルギー量が不足し、栄養障害を生じる可能性がある。今後、高齢化や医学の進歩により、このような運動障害を有する患者の増加が予想される。これらの患者における健康維持のために、栄養管理法を確立していくことは社会的コストの削減のために急務と考えられる。

病院で栄養サポートチームが導入され、間接熱量測定装置によるエネルギー代謝量の測定がおこなわれるようになってきた。マスクを用いる従来の方法に比べ開放型フードを用いた希釈法は被検者の顔面に接触する部分がなく、被検者への負担が少なく、小児を含めて多くの患者への応用が可能である。

二重標識水 (Doubly-Labelled Water: DLW) 法は 1 日に消費する総エネルギー量 (Total Energy Expenditure: TEE) を算定するための標準法である。重水素と ^{18}O の 2 種類の安定同位体でそれぞれ標識された水を飲水して、生体から複数回、水分を採取し、それを質量分析計で測定する。被検者への負担は少ないが、分析法の煩雑さや高額な費用の面から、本邦では疾患の病態生理学的検討に用いた報告は少ない。

2. 研究の目的

本研究では運動機能障害を有する患者における、個別の栄養管理法を確立するために、推定エネルギー必要量のより正確な算定方法の開発を目標とする。そのために、二重標識水法から求めた消費エネルギー量の測定結果を基に、現在、普及しつつある間接熱量測定計から計測されるエネルギー代謝量とを比較し、消費エネルギー量の簡便な算出方法について検討していくことを目指す。

3. 研究の方法

(1) 対象

茨城県立医療大学付属病院を受診し、運動機能障害を有している患者である。麻痺型は痙性四肢麻痺で、運動機能は座位不能、いわゆる寝たきりで、有目的な四肢の動きはなく、経管栄養を施行している。重度の栄養障害を認めるものは除外した。身体計測として分割法を用いて身長を計測し、デジタル体重計を用いて体重を測定した。身長と体重から body mass index (以下 BMI)、体表面積を算出した。

経鼻胃管ないし胃瘻への栄養剤の注入量から 1 日のエネルギー摂取量 (以下 EI: energy intake) を算出した。

(2) 間接熱量測定計を用いたエネルギー代謝

量の測定方法の改良

一般的にプレスバイプレス法や呼気ガス採取法などで、マスクを用いる方法が広くおこなわれているが、測定時に患児の違和感が強く、不快感を伴い興奮することがあり、正確な安静時代謝量の測定ができない可能性がある。これに対して、頭部を覆う開放型フードを用いた希釈法は、測定機器が被検者の顔面に直接接触する部分がなく、被検者への負担が少ないが、気管切開を有する場合にはこれまで用いることが出来なかった。このため、まず、気管切開を有する患者においても測定可能なフードを新たに作成した。

アクリルを用いて軽量化と透明性を確保し、本体は頭部と体幹部ならびに上肢部のパーツで構成した。上肢部は平板型、突出型、ビニール装着型の 3 種類を被検者の体格に応じて使い分けた。それぞれのパーツは磁石で簡便に脱着可能とした。

頭側部パーツの上方からは蛇管が伸び、その先端に吸引ポンプが取り付けられ、持続的にフード内の空気が蛇管へ吸引された。フード内が陰圧となり、体幹部パーツの足側にある空気流入孔から外部の空気がフード内に流入した。外部から流入した空気は患児の呼気と混合し、混合気が蛇管へと流出し、蛇管の途中にある流量計で流量が測定され、サンプリングチューブから混合気の一部が間接熱量測定計に吸引された。

間接熱量測定計はミナト医科学社製 AE-310s を用いた。酸素濃度と炭酸ガス濃度が測定され、混合気の流量から患児の酸素消費量、炭酸ガス排泄量を計算し、Weir の式を用いて安静時エネルギー代謝量 (以下 REE: resting energy expenditure) を算出した。測定は安静仰臥位でおこなった。フードの装着後、5~10 分で計測値はほぼ一定の値となった。その後、30 秒毎に計測し、5 分間の平均値を算出した。

(3) 二重標識水法による消費エネルギー量の測定

二重標識水法は安定同位体で標識された水 ($^2\text{H}_2\text{O}: 0.12\text{g}/\text{kg}$ 、 $\text{H}_2^{18}\text{O}: 0.3\text{g}/\text{kg}$) を経鼻胃チューブないし胃瘻を通じて胃内に注入し、注入後 24 時間後、48 時間後、168 時間 (7 日) 後、192 時間 (8 日) 後に検体の採取をおこなった。被検者は定時に自発的に排尿することが困難なため、血液検体を採取した。採取したサンプルについて安定同位体存在比質量分析計を用いて希釈容積を算出した。 ^2H 、 ^{18}O の消失率と分布量ならびに代謝率から一日消費総エネルギー量 (以下 TEE-DLW) を算出した。

(4) 身体計測法に基づく基礎代謝量の算出 重度の運動機能障害児 (重症心身障害児)

に対して従来用いられている方法によって身体計測値から基礎代謝量 (BMR-w 「Basal Metabolic Rate-body Weight」) を推定した。つまり、体重と年齢から基礎代謝基準値を用いて算出した基礎代謝量に補正值とされる 0.85 を掛けて算出した。

(5) 間接熱量測定装置を用いて算出した安静時代謝量の心拍数を用いた補正

間接熱量測定装置による代謝量測定時に分時心拍数を計測した。24 時間心拍数から平均分時心拍数を求めた。両者の心拍数の差に体重あたりの補正係数 0.613 Kcal/kg を掛け補正エネルギー代謝量を算出した。測定値に補正值を加え、1 日推定エネルギー代謝量心拍補正值 (TEE-h) を算出した。

4. 研究成果

(1) 新たに作成した通気性フードによる間接熱量測定計を用いたエネルギー代謝量の測定

測定は気管切開を有する 5 名に対しておこなった。年齢は 1~21 歳、体重は 7.7~33kg、身長は 70~142cm、Body mass index (BMI) は 12.5~19.1kg/m²であった。上肢パーツは平版型を 1 名に、突出型を 2 名に、ビニール装着型を 2 名に用いることで全例に対して検査をおこなうことができた。全例とも装着後 5 分程度で分時酸素摂取量、分時炭酸ガス摂取量はほぼ一定の値を示した。1 日量としての REE は 548~845Kcal/日、体重あたりでは 22.4~71.2 Kcal/kg/日であった。

通気性フードを用いた方法は被検者にとって違和感が少なく、手技も簡便で短時間に正確なエネルギー代謝量の測定が可能であった。

新たに開発したフードは従来のものと異なり、体格に応じてそれぞれのパーツ部品を組み合わせることで乳児期から成人期に至る幅広い体格での測定が可能であった。そして、頸部まで覆われることによって、気管切開がなされている場合でも正確な測定ができた。

空気流入部以外からの空気の流入を防ぐために、体幹部の足方向と上肢部ビニール装着型には使い捨てのビニールを用いることによって、簡便に清潔を保つことができた。

このように、通気性フードを用いた方法は重度の運動機能障害を有する場合に適した方法であると考えられた。

(2) 二重標識水法による消費エネルギー量の測定と間接熱量測定値を用いた値との比較

検査は 9 名におこなった。体重は 24.3±11 kg、身長 127±27 cm、BMI は 13.2±7.6 kg/m²であった。

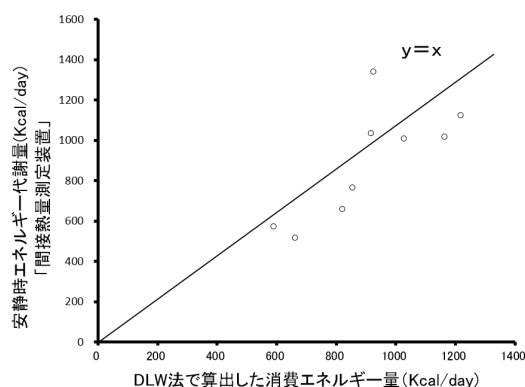


図 1 DLW 法によって算出された消費エネルギー量と間接熱量測定装置で測定された安静時エネルギー代謝量の比較

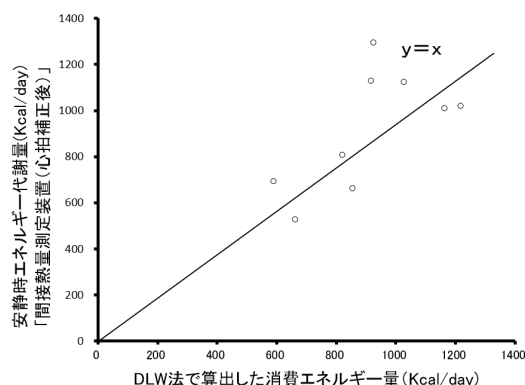


図 2 DLW 法によって算出された消費エネルギー量と間接熱量測定装置を用いて算出した安静時代謝量の心拍数を用いた補正值の比較

DLW 法によって算出された消費エネルギー量 (TEE - DLW) と間接熱量測定装置で測定された安静時エネルギー代謝量 (REE) との間には $p < 0.05$ の相関が認められた。両者間の誤差は $15 \pm 12\%$ で、平均 2.2% REE が低値であった (図 1)。

間接熱量測定装置を用いて算出した安静時代謝量の心拍数を用い、平均 25 ± 92 Kcal (-104 ~ 148 Kcal) 補正した。補正後の値 (REE-h) と TEE - DLW との間には $p < 0.05$ の相関が認められた。両者間の誤差は $18 \pm 10\%$ で、平均 1.8% TEE - DLW が低値であった (図 2)。

REE と身体計測値から算出した基礎代謝量 (BMR-w) との間には有意な相関は認められず、差異について高いばらつきがみられた。

TEE - DLW と摂取エネルギー量との差と BMI との間には有意な相関は認められなかった。

以上からエネルギー代謝量を推定する場合には、従来の身体計測に基づく方法はばらつきが大きく、個々の症例で算出するには適していないことが示された。

個々の症例においては、間接型熱量測定装置を用いた測定法が重度の運動機能障害を有

する場合、適した方法であると考えられた

特に、今回の検討した症例のように、運動機能障害が極めて強く、座位不能なレベルの症例では、DLW法から算出した一日消費総エネルギー量と間接熱量測定装置で測定した安静時代謝量との間には有意な相関が認められ、誤差も2.2%と極めて低いことから、安静時のエネルギー代謝量が、摂取エネルギー量の目安になることが示唆された。さらに、心拍数によって補正を試みたが、誤差の改善は十分ではなく、さらなる検討が必要と考えられた。

今後、間接熱量測定装置によって、簡便にエネルギー必要量を推定する方法についてさらに検討を進めていく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

(1) 岩崎信明, 中山純子, 稲田恵美, 絹笠英世, 中山智博, 伊藤達夫: 重症心身障害児(者)におけるフードを用いたエネルギー代謝量の測定. 脳と発達, 査読有 47(1):2015;53-54

(2) Ohwada H, Nakayama T, Kanaya Y, Tanaka Y: Serum albumin levels and their correlates among individuals with motor disorders at five institutions in Japan. utr Res Pract. 査読有 11(1):2017;57-63.

[学会発表](計3件)

(1) 岩崎信明, 中山純子, 中山智博, 大黒春夏, 新健治: 度心身障害児(者)における改良した希釈法を用いたエネルギー代謝量の測定 第59回日本小児神経学会(大阪)2017年6月

(2) 岩崎信明, 中山純子, 中山智博, 大黒春夏: 気管切開を有する重症心身障害児におけるエネルギー代謝量の測定 第6回茨城小児神経懇話会(つくば市)2017年1月

(3) Iwasaki N, Takata IK, Nakayama J, Nakayama T, Maeda T, Ohguro H, Ohwasa H: Energy requirement assessed by double-labeled water method in individuals with quadriplegic cerebral palsy (GMFCS level V) 14th Asia and oceanian congress of child neurology Fukuoka Japan 2017年5月

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩崎 信明 (IWASAKI, Nobuaki)
茨城県立医療大学・保健医療学部・教授
研究者番号: 70251006

(2)研究分担者

河野 豊 (KOHNO, Yutaka)
茨城県立医療大学・保健医療学部・教授
研究者番号: 10392200

大和田 浩子 (OHWADA, Hiroko)
山形県立米沢栄養大学・健康栄養学部・教授
研究者番号: 90316414

沼野 智一 (NUMANO, Tomokazu)
首都大学東京大学院・人間健康科学研究科・准教授
研究者番号: 10399511

(3)研究者協力者

高田 和子 (TAKADA, Kazuoko)
国立健康・栄養研究所・室長
研究者番号: 80202951