

《原著》

内科高齢入院患者における安静時エネルギー消費量と予測値の比較

川瀬文哉^{1,2)} 正木克由規^{3,4)} 小澤裕子⁵⁾ 今中愛実⁵⁾
 杉山 蒼⁵⁾ 和田造成⁶⁾ 小林真哉³⁾ 塚原丘美²⁾

要旨

【目的】個別化栄養サポートを行う上で安静時エネルギー消費量（Resting energy expenditure：REE）に基づく必要エネルギー量の決定は重要な要素である。日本人高齢入院患者における REE 予測式の妥当性に関する報告は少なく、安静時エネルギー消費量自体の基礎データに関する報告も少ない。そこで本研究では、日本人入院高齢患者の REE 測定値と、REE 予測式との誤差を横断的に検討した。

【方法】内科病棟に入院している平均年齢 88.0 ± 6.9 歳の高齢者93名を対象に間接熱量測定により REE を測定した。REE 予測式には Harris-Benedict の式および国立健康・栄養研究所の式を用い REE との誤差の検討と Bland-Altman 解析を行った。また、体組成測定を行い REE と体組成の関連を検討した。

【結果】平均BMIは 20.2 ± 3.5 kg/m²で、平均SMIは 4.63 ± 1.40 kg/m²であった。REEの平均値(95%CI)は963.7 (925.9-1001.5) kcal/day であるのに対して、Harris-Benedict の式は900.5 (874.0-927.0) kcal/day と有意に低値を示し (p = 0.028)、同様に国立健康・栄養研究所の式でも835.4 (793.9-876.8) kcal/day と有意に低値を示した (p < 0.001)。また、Bland-Altman 解析では Harris-Benedict の式と国立健康・栄養研究所の式のいずれも REE の一致性は低かった。

【結論】Harris-Benedict の式および国立健康・栄養研究所の式は REE に対して大きな誤差があり、個別化栄養サポートで利用できない可能性が示唆された。

キーワード：安静時エネルギー消費量、高齢者、間接熱量測定、基礎代謝量

緒言

世界的な高齢化率の増加を背景に、低栄養の有病率は0.8-24.6%と推定され、低栄養は世界的に解決すべき問題である¹⁾。低栄養は入院患者の入院日数の延長²⁾や院内死亡率の増加³⁾、院内転倒リスクの増加⁴⁾などの有害な臨床転帰と

の関連が示されているため、低栄養に対する適切な介入により、医療費を抑制できる可能性が示唆されている⁵⁾。

入院患者に対する個別化栄養管理の効果を検討した EFFORT Trial^{6,7)}では、入院患者2,088名に個別化された栄養サポートを実施したところ、死亡率を低下させることが明らかになっ

1) JA 愛知厚生連 足助病院 栄養管理室

2) 名古屋学芸大学大学院 栄養科学研究科

3) JA 愛知厚生連 足助病院 内科

4) 名古屋市立大学大学院医学研究科地域医療教育学講座

5) JA 愛知厚生連 足助病院 看護部

6) JA 愛知厚生連 足助病院 リハビリテーション室

た。栄養サポートにおいて、必要エネルギー量は多すぎる場合や少なすぎる場合のいずれにおいても有害な転帰と関連があることが知られており、これは重症患者⁸⁾だけではなく高齢の糖尿病患者⁹⁾でも報告されていることから、すべての栄養サポートの場面において正確なエネルギー必要量の算出が求められる。

安静時エネルギー消費量 (Resting energy expenditure : REE) は総エネルギー消費量における最大の構成要素であり、エネルギー必要量の最も重要な決定要因である¹⁰⁾。間接熱量測定は非侵襲的できわめて正確な REE を導き出すゴールドスタンダードな方法であるが、間接熱量計のコストが高く技術的にも複雑であるため、多くの医療機関やプライマリケアの現場で日常的に測定することは困難である¹¹⁾。そのため REE を簡便に予測するための予測式がいくつか開発されている。Harris-Benedict の式¹²⁾ は基礎代謝量の予測式として、臨床の場面でよく利用されている予測式の1つである¹³⁾。Harris-Benedict の式では REE を正確に予測できるという報告¹⁴⁾がある一方で、高齢入院患者において、REE との誤差が大きいとの報告¹⁵⁾もある。健康な高齢者に対して REE 予測式の予測精度を検討したシステムティックレビューでは、Harris-Benedict の式を含むいくつかの REE 予測式を用いた場合、実測 REE に対して過大評価となる可能性が指摘され、正確な予測が困難である可能性が示唆された¹⁶⁾。これらのエビデンスに基づき、欧州臨床栄養代謝学会の高齢者に対する栄養管理のガイドラインでは、エネルギー必要量を求める際に REE の予測式を利用することは推奨事項に含まれていない^{17, 18)}。日本人集団に対する基礎代謝量の予測式として国立健康・栄養研究所の式¹⁹⁾が存在するが、特に入院高齢患者においてこの式の妥当性の検証は十分でない。また日本人の食事摂取基準 (2020年版) では高齢者では基礎代謝量に関する基礎データ自体が不足していることが示されており、日本人高齢者における安静時エネルギー消費量の基礎データ収集が必要である。本研究では、日本人高齢入院患者に対して間接熱量測定を行い、日本人高齢入院患者における

安静時エネルギー消費量の基礎データの収集を行う事を目的とし、さらに REE 予測式の精度について検証した。

方法

研究デザインと対象者

本研究は単施設で実施された横断研究であり、2020年1月から2022年11月の間に JA 愛知厚生連 足助病院内科病棟に入院した患者を対象に実施した。本研究は当該病院の医薬品等治験・臨床研究等倫理審査において承認を得ている (登録番号: K19-009)。本研究はヘルシンキ宣言の精神にのっとり、人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (文部科学省・厚生労働省) を遵守して実施した。対象患者は、1) 年齢 \geq 70歳、2) 内科入院患者、3) 研究への参加に対してすべての項目に同意した者とした。除外基準は、1) 継続的に経鼻酸素を使用している、2) 経腸栄養管理中、3) 透析管理中、4) 気胸などの呼吸器系にリークがある場合、5) 主治医が推定する入院日数が1週間以内の予後不良患者とした。患者、あるいは代諾者からの書面による同意取得後、おおむね1週間以内に間接熱量測定、Inbody S10 (Inbody Co, Seoul, Korea) を用いた体組成測定、認知機能検査 (Mini-Mental State Examination : MMSE) 等の測定を実施し、またチャールソン併存疾患指数 (Charlson Comorbidity Index : CCI) を算出した。本研究は UMIN 臨床試験登録システム (UMIN-CTR) に登録している (UMIN 試験 ID : UMIN000040499)。

間接熱量測定

安静時エネルギー消費量 (REE) は、間接熱量測定器 (AE-300S、ミナト医科学、大阪、日本) を用いて測定した。間接熱量測定は室温が22から25℃で管理された病室において、一晚 (12時間) の絶食の後に実施した。測定前に機器の校正を実施し、患者を30分間安静にした後、ポンプを用いて一定の速度で呼気をフードから吸引し、15分間測定した。測定した酸素消費量 (VO₂ (ml/min)) と二酸化炭素産生量 (VCO₂ (ml/min)) から以下の Weir の式²⁰⁾ を用いて24

時間の REE を算出した。

$$REE = (3.94 \times \dot{V}O_2 + 1.11 \times \dot{V}O_2) \times 1.44$$

基礎代謝量の予測式

基礎代謝量の予測式の予測精度を検討するため、現在日本でよく利用されている Harris-Benedict¹²⁾、Ganpule¹⁹⁾ の式 (国立健康・栄養研究所の式) を用い、それぞれで得られた予測値と REE との誤差を検討した。

体組成測定

Inbody S10 (Inbody Co, Seoul, Korea) を用いて骨格筋量指数 (Skeletal Muscle mass Index: SMI) および体脂肪量、体脂肪率を測定した。

統計解析

パラメトリックな連続変数は平均±標準偏差で示し、ノンパラメトリックな連続変数は中央値 (四分位範囲) で示した。また、性別は人数を示した。REE の実測値と各種推定式で求めた基礎代謝量の比較には、一元配置分散分析を用い、post hoc 検定として REE をコントロールとした Dunnett 法による多重比較検定を行った。測定方法の一致性の評価には Bland-Altman 解析を行った。Adjusted REE の計算では、対数

変換した REE を目的変数にし、対数変換した SMI と体脂肪量を説明変数に投入して体組成から REE を予測する回帰式を作成した。回帰式により得られた REE 予測値を残差で補正し、体組成から期待される REE 予測値を Adjusted REE として算出し、それに対する実測 REE の差の割合を算出した。Adjusted REE (%) と年齢の関連は 3 次スプライン曲線で示した。すべての解析には R 4.1.1²¹⁾ を用いた。

結果

対象者属性

93名の患者を測定した。平均年齢は88.0±6.9歳で70歳から101歳までを含み、このうち男性は33名 (35%) であった。平均 Body mass index (BMI) は20.2±3.5 kg/m²で、平均 SMI は4.63±1.40 kg/m²であり、体脂肪量は13.8±5.3 kgで、下腿周囲長は21.7±3.4 cm であった。MMSE の中央値は21点で Mini Nutritional Assessment-Short Form (MNA-SF) の中央値は 8 点、CCI の中央値は 2 点であった (表 1)。

表 1 対象者属性

	全体 (n=93)	70-89歳 (n=47)	90歳以上 (n=46)
性別 (男性 / 女性)	33/60	22/25	11/35
年齢 (歳)	88.0±6.9	82.7±5.3	93.5±3.1
身長 (cm)	146.0±10.5	150.0±11.3	142.0±8.0
体重 (kg)	43.1±9.1	46.7±8.7	39.4±8.0
BMI (kg/m ²)	20.2±3.5	20.8±3.6	19.5±3.3
SMI (kg/m ²)	4.63±1.40	4.99±1.42	4.26±1.29
体脂肪量 (kg)	13.8±5.3	15.3±5.5	12.3±4.7
体脂肪率 (%)	31.4±8.7	32.3±8.4	30.5±9.0
上腕周囲長 (cm)	21.7±3.4	22.8±3.5	20.7±2.9
上腕三頭筋皮下脂肪厚 (mm)	7.3±4.2	7.9±4.7	6.7±3.8
下腿周囲長 (cm)	27.3±3.9	28.4±4.1	26.1±3.3
MMSE (点)	21 [16-24]	21 [18-24]	18 [11-25]
MNA-SF (点)	8 [6-10]	8 [6-10]	7 [6-9]
CCI (点)	2 [1-3]	2 [1-3]	1 [1-2]

平均値±標準偏差または中央値 [四分位範囲]

BMI; Body mass index, SMI; Skeletal Muscle mass Index, MMSE; Mini-Mental State Examination, MNA-SF; Mini Nutritional Assessment Short-Form, CCI; Charlson Comorbidity Index.

REE と基礎代謝量の予測値との誤差

基礎代謝量の予測式の精度を評価するために、REE と基礎代謝量の予測値について検討した結果を表 2 に示す。全体の結果では、実測 REE の平均値 (95%CI) は 963.7 (925.9-1001.5) kcal/day であるのに対して Harris-Benedict の式は 900.5 (874.0-927.0) kcal/day と有意に低値を示し ($p = 0.028$)、同様に国立健康・栄養研究所の式でも 835.4 (793.9-876.8) kcal/day と有意に低値を示した ($p < 0.001$)。年齢別の解析では、70-89歳のグループにおいて実測 REE の平均値は 1039.2 (982.0-1096.5) kcal/day であるのに対して Harris-Benedict の式では 969.1 (933.0-1005.1) kcal/day であり有意差を認めなかったが ($p = 0.100$)、国立健康・栄養研究所の式では 931.2 (876.0-986.4) kcal/day と有意に低値であった ($p = 0.007$)。90歳以上のグループに

おいて実測 REE の平均値は 886.5 (848.2-924.8) kcal/day であるのに対して Harris-Benedict の式では 830.5 (803.5-857.4) kcal/day であり有意差を認めなかったが ($p = 0.084$)、国立健康・栄養研究所の式では 737.4 (689.6-785.2) kcal/day と有意に低値であった ($p < 0.001$)。また、実測 REE と予測値の誤差は 50-150 kcal/day 程度の過小評価が示唆された (図 1)。Bland-Altman 解析では Harris-Benedict の式において平均差は 63.2 kcal/day、limits of agreement は -183.1 ~ 309.5 でこの範囲を超える誤差が散見されるため一致性は低いと考えられた。また実測値が大きくなるにつれて、予測値との誤差が大きくなる比例誤差が示され (図 2 A)、70-89歳 (図 2 B) および 90歳以上 (図 2 C) の 2つの年齢層に分けて検討した場合も同様の誤差が示された。国立健康・栄養研究所の式では平均差は

表 2 年齢グループごとの安静時エネルギー消費量と予測式から計算した基礎代謝量の比較

	全体 (n=93)	70-89歳 (n=47)	90歳以上 (n=46)
安静時エネルギー消費量 (kcal/day)	963.7 (925.9-1001.5)	1039.2 (982.0-1096.5)	886.5 (848.2-924.8)
Harris-benedict の式 (kcal/day)	900.5 (874.0-927.0)*	969.1 (933.0-1005.1)	830.5 (803.5-857.4)
国立健康・栄養研究所の式 (kcal/day)	835.4 (793.9-876.8)***	931.2 (876.0-986.4)**	737.4 (689.6-785.2)***

平均値 (95%CI); *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; (安静時エネルギー消費量をコントロールとした Dunnett 検定)

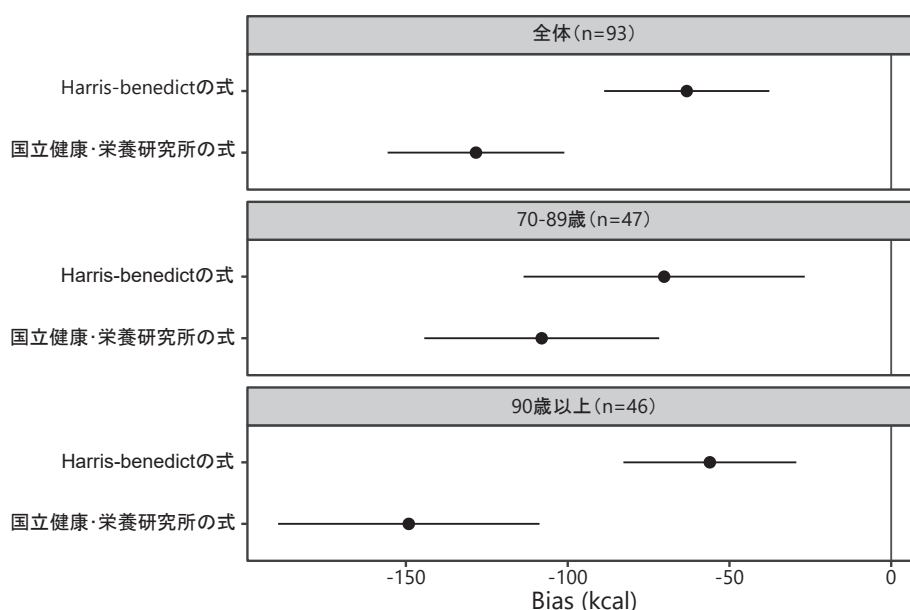


図 1 年齢グループごとの REE 予測式の正確性

予測値と REE の差 (予測値 - REE) を示し、エラーバーは 95% 信頼区間を示す。

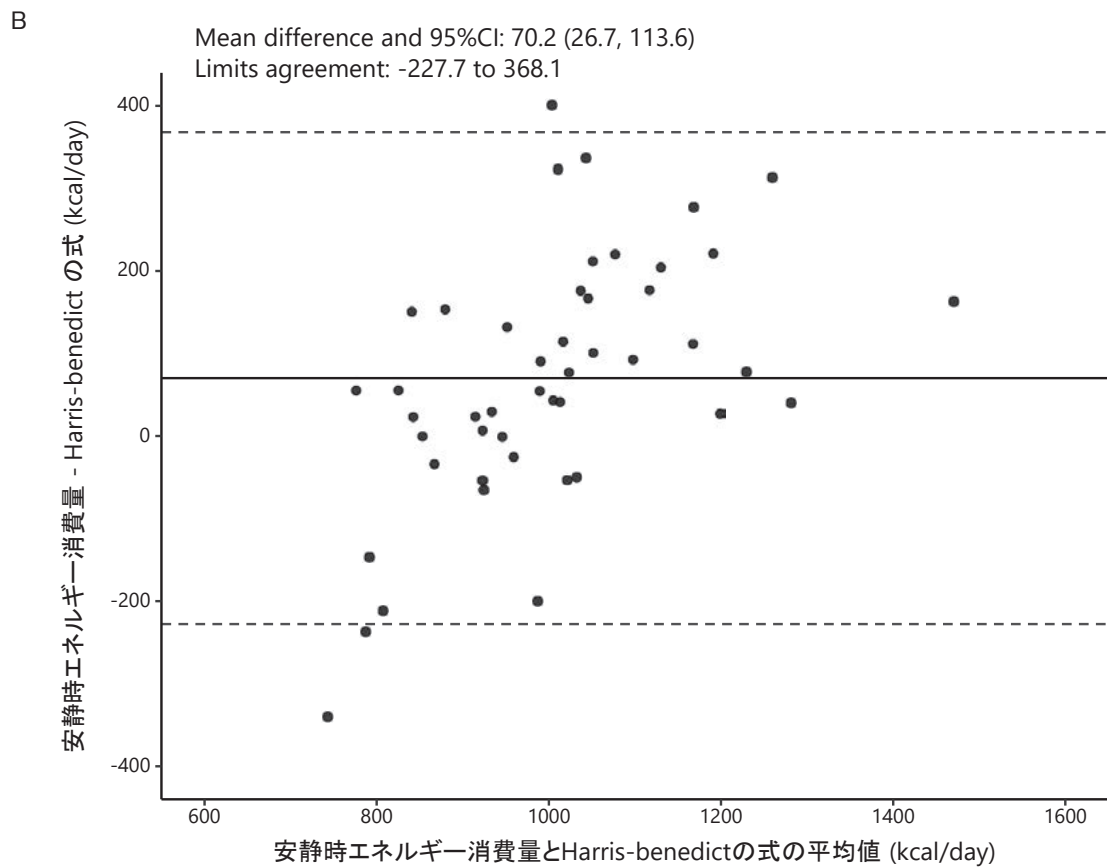
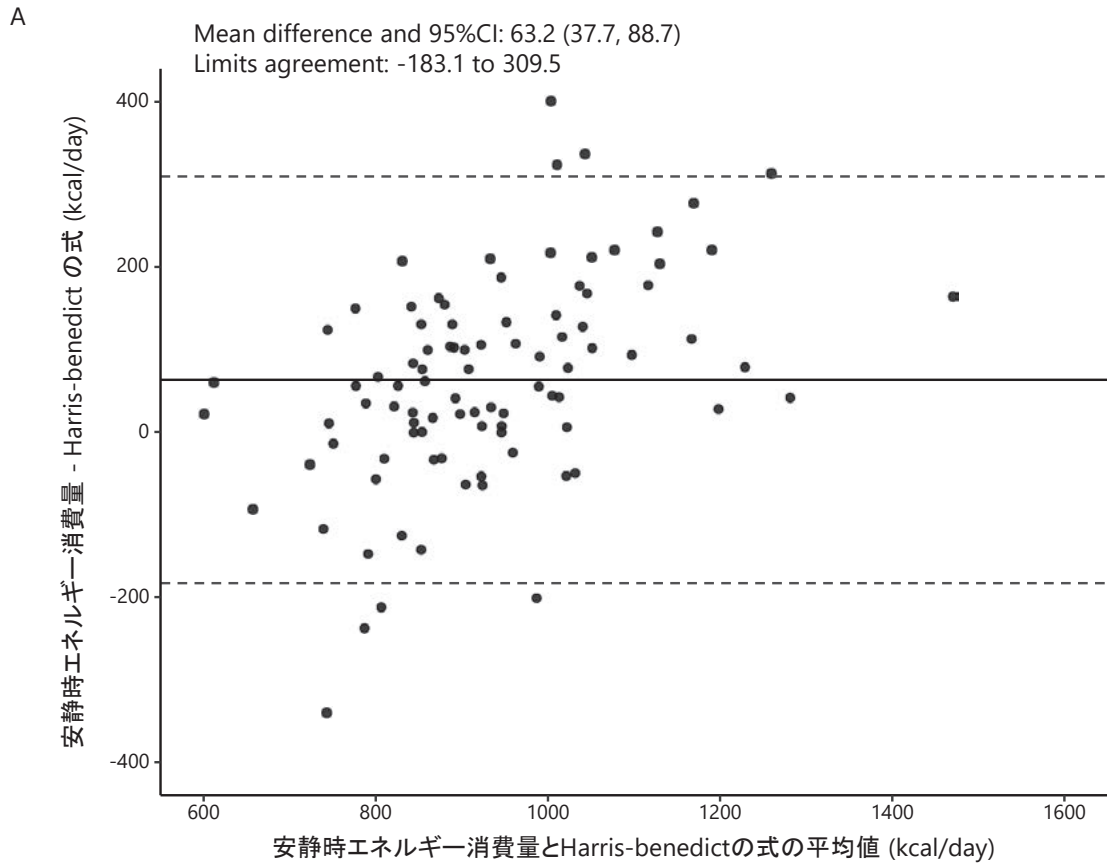
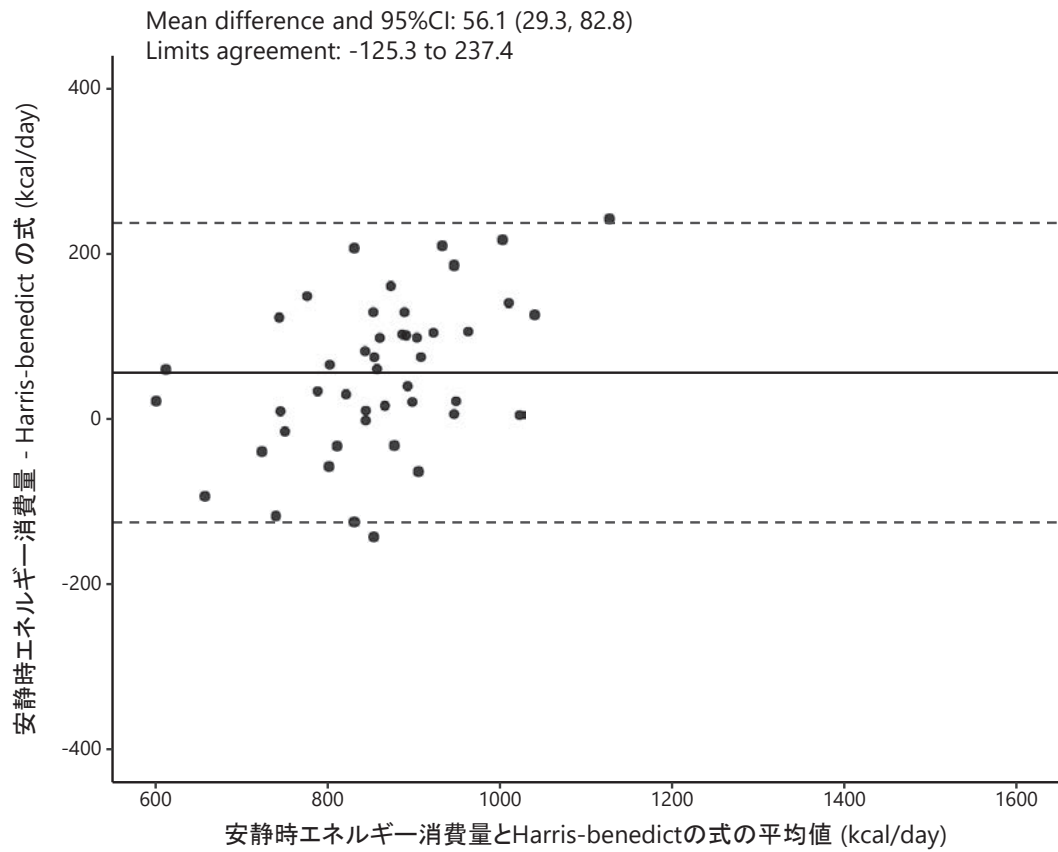


図2 (次ページにつづく)

C



D

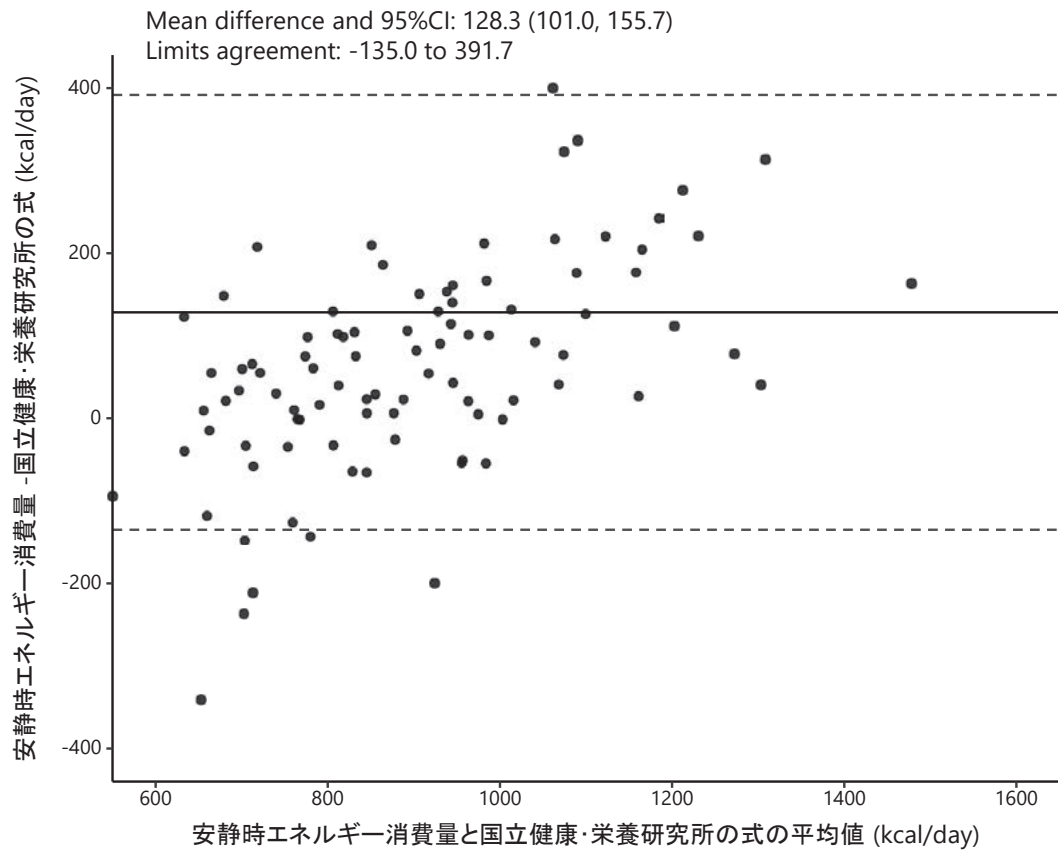


図2 (次ページにつづく)

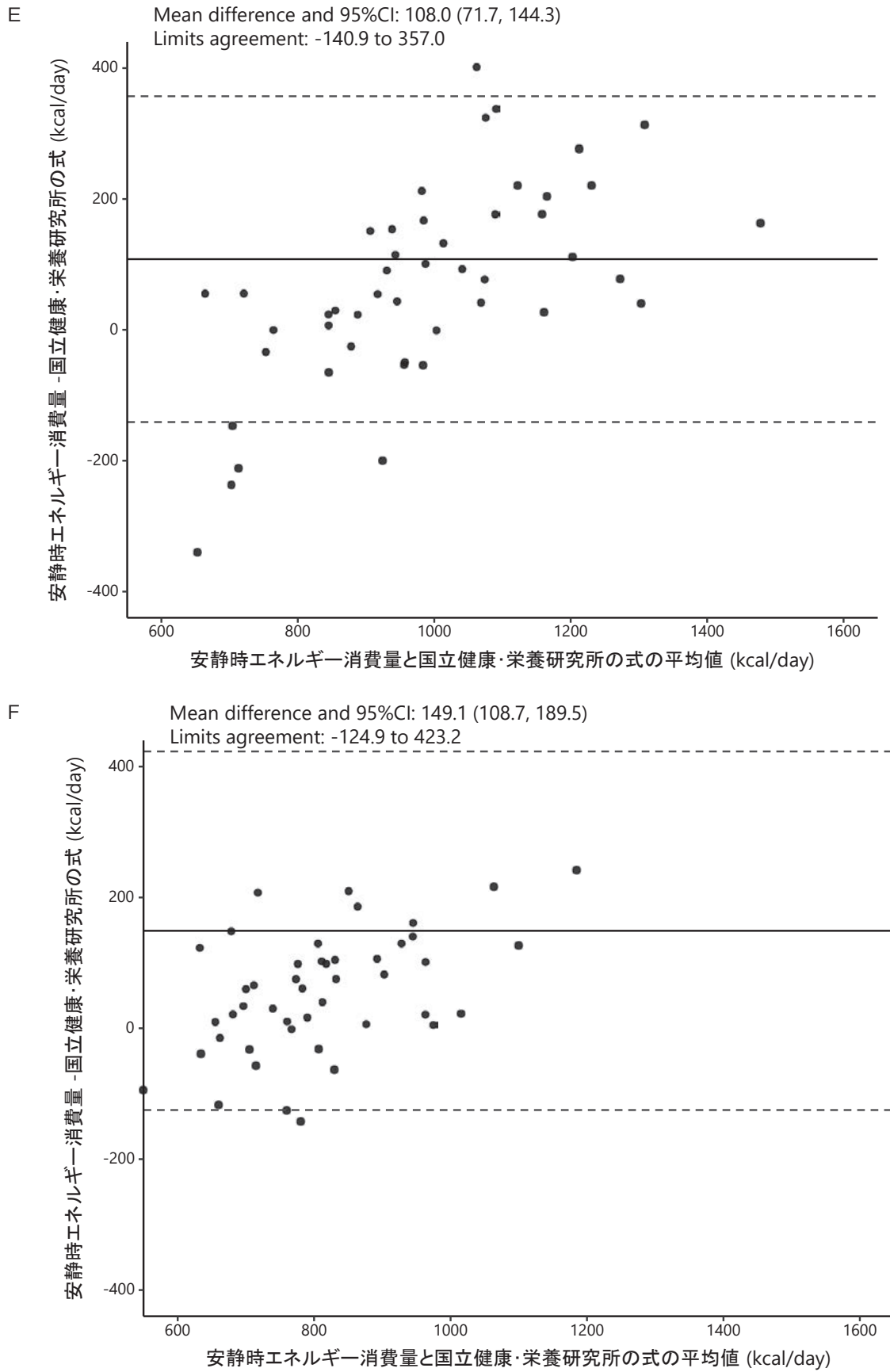


図2 Bland-Altman 解析による平均差と limits of agreement

A; REE と Harris-Benedict の式 (全体)、B; REE と Harris-Benedict の式 (70-89歳)、C; REE と Harris-Benedict の式 (90歳以上)、D; REE と 国立健康・栄養研究所の式 (全体)、E; REE と 国立健康・栄養研究所の式 (70-89歳)、F; REE と 国立健康・栄養研究所の式 (90歳以上)。

128.3 kcal/day、limits of agreement は -135.0 ~391.7であり同様にこの範囲を超える誤差が散見されるため一貫性は低いと考えられた。年齢層別に検討すると70-89歳では比例誤差だけでなく予測値の法が小さく測定されてしまう負の方向の固定誤差が示された(図2D)。さらに90歳以上ではさらに明らかな負の方向の固定誤差を認めた(図2F)。

加齢と REE の関連

年齢・性別ごとの実測 REE の平均値は、70-89歳のグループで男性が1154.1 (1079.8-1228.4) kcal/day、女性が938.2 (874.5-1001.9) kcal/dayであり、90歳以上のグループでは男性が934.9 (823.9-1045.9) kcal/day、女性が871.3 (839.9-

902.7) kcal/day であり、高齢なグループで低くなる傾向が示唆された(表3)。Adjusted REE は男性では加齢とともにゆるやかな低下傾向を示したが、女性では80歳以上でほぼ横ばいを示した(図3)。

考察

本研究では、70から101歳の日本人高齢者93名を対象に間接熱量測定器を用いて REE 測定を行った。その結果、70歳以上の日本人入院高齢者において現在利用可能な Harris-Benedict、国立健康・栄養研究所の式による予測式は臨床的に無視できない誤差がある事が示された。

本研究では Harris-Benedict の式で REE に

表3 年齢、性別グループごとの安静時エネルギー消費量および関連因子

	70-89歳 (n=47)		90歳以上 (n=46)	
	男性 (n=22)	女性 (n=25)	男性 (n=11)	女性 (n=35)
安静時エネルギー消費量 (kcal/day)	1154.1 (1079.8-1228.4)	938.2 (874.5-1001.9)	934.9 (823.9-1045.9)	871.3 (839.9-902.7)
BMI (kg/m ²)	19.3 (18.0-20.6)	22.2 (20.8-23.6)	19.9 (17.7-22.1)	19.4 (18.5-20.3)
SMI (kg/m ²)	5.64 (5.10-6.20)	4.42 (3.90-4.90)	5.35 (4.70-6.00)	3.91 (3.60-4.20)
体脂肪量 (kg)	14.7 (12.5-16.9)	15.8 (13.6-18.0)	12.2 (9.0-15.4)	12.3 (11.0-13.6)

平均値 (95%CI)

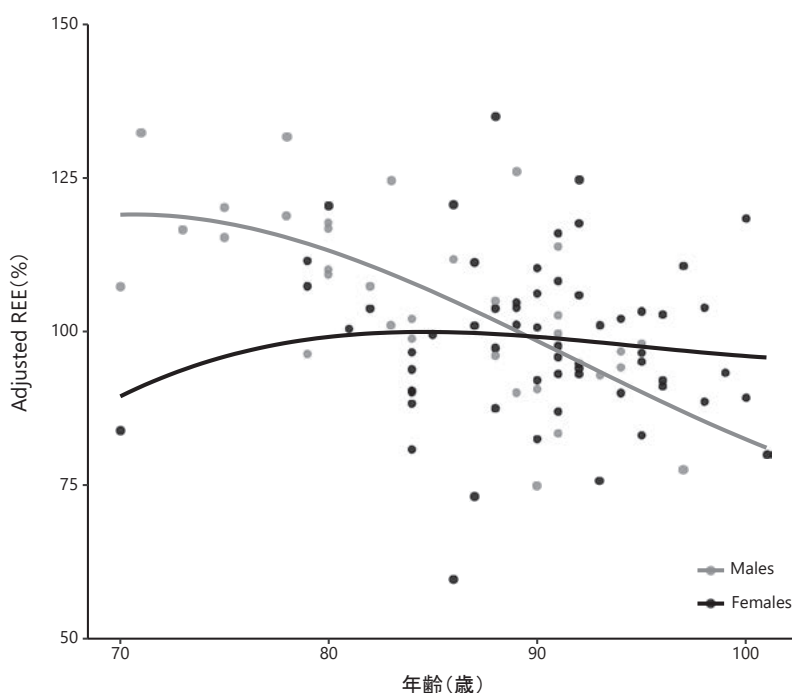


図3 SMI および体脂肪量調整後の REE

対して -63.2 kcal/day の過小評価となる可能性が示唆された。 74.4 ± 9.3 歳の入院患者の男女 68 名に対し間接熱量測定を実施した先行研究では、Harris-Benedict の式は実測値に対して -26.7 kcal と誤差はわずかであると報告しているが²²⁾、平均年齢 74.3 ± 9.1 歳の入院中の患者 194 名に対する別の研究では、Harris-Benedict の式は実測値に対して -141 kcal/day と大きく過小評価しており、高齢かつ低栄養の患者に対しては十分な予測精度を持っていないと結論付けている¹⁵⁾。これらの報告ではわれわれの報告と誤差の程度は異なるが、Harris-Benedict の式で求めた予測値は過小評価であり今回の結果と一致するものである。一方で、18-79 歳の日本人健康成人に対する研究では、Harris-Benedict の式よりも国立健康・栄養研究所の式で予測精度が高いと報告されている²³⁾。しかしこの研究は、主に健康成人を対象としており、年齢の最大値が 79 歳であるため、本研究とは対象者の年齢層や背景が異なっている。また高齢者の REE 予測式に関するレビューでは、210 の異なる予測式が互いに異なる推定値を示し、REE 予測値に大きな不均一性があると報告している²⁴⁾。

Bland-Altman 解析では Harris-Benedict の式では一致性は低く、また、実測値が大きくなるにつれて誤差が大きくなる正の比例誤差が示された。国立健康・栄養研究所の式でも一致性は低く、また比例誤差だけでなく負の方向に固定誤差が示された。高齢者に対する Bland-Altman 解析は少ないが、本研究より少ない対象者数での検討では、Harris-Benedict の式において同様の系統的な比例誤差があることが報告されている²⁵⁾。日本人高齢入院患者に対する予測式の一致度や誤差はほとんど検討されていないため、今後も継続したデータの蓄積が必要である。

必要十分なエネルギー摂取量を確保することで、退院後の死亡率の低下や²⁶⁾、嚥下障害の患者におけるリハビリテーションの効率を上げることが報告されている²⁷⁾。一方で、重症患者において摂取エネルギーが過剰と不足の双方において有害な臨床転帰と関連しているという報告がある⁸⁾。また高齢糖尿病患者において摂取エ

ネルギーが過剰と不足の双方において死亡率の増加と関連していた報告もある⁹⁾。入院患者において栄養サポートによって良い臨床転帰を得るためには、予測精度の妥当性が確認されていない予測式や、過小評価が指摘されている予測式は利用すべきではないかもしれない。

今回われわれが調査した対象者は、併存疾患の評価指標である CCI の中央値が 2 点で、多くの患者ががんや心不全を含む複数の併存疾患を保有していた。Nagel らは、地域在住の Multimorbidity を有する女性を対象にした研究では、Multimorbidity の進行が年齢や体組成と無関係に REE の増加と関連していたと報告している²⁸⁾。入院している日本人の入院高齢者において、Multimorbidity を有する者に対する REE の実測値と利用可能な予測式の誤差を検討した報告は、われわれの知る限りでは存在していない。高齢患者の多くが複数の併存疾患を有しており、その多くで栄養サポートが必要であることから¹⁸⁾、今回のわれわれの報告は重要な臨床的有用性を有している。また一方で、最近慢性腎臓病 (CKD) の患者向けに REE 予測式が開発されており²⁹⁾、REE の予測式は画一的に利用するのではなく、基礎疾患や患者背景に応じて作成されたものを利用するべきとも考えられる。

本研究では 70 歳以上の高齢者における REE と体組成の基礎データを示し、SMI と体脂肪量を用いて Adjusted REE を計算し、男性では加齢とともにゆるやかに低下することを観察した。二重標識水法を用いた国際的な大規模研究³⁰⁾により、特に 60 歳以降でエネルギー代謝が低下することが明らかになっている。しかし、この研究では解析対象となった 2008 名のうち 90 歳以上のデータがわずか 19 名であり十分な考察が得られていなかったため、本研究結果は国際的にも重要な意義を有している。

本研究にはいくつかの限界が存在する。まずこの研究は単施設横断研究であり、参加者に選択バイアスの可能性があるため結果の一般化に制限がある。さらに、本研究では様々な疾患や背景を持つ対象者を含んでいたため、結果が特定の疾患に対して利用できない可能性が考えら

れる。しかし、日本人高齢入院患者での安静時エネルギー消費量に関する報告はわずかであるため今後も継続したデータ収集が必要である。

結論

70–101歳の日本人高齢入院患者93名に対して間接熱量測定を実施しREEの算出を行った。Harris–Benedictの式および国立健康・栄養研究所の式は実測REEに対して誤差があり、これらの式は個別の栄養サポートで利用できない可能性が示唆された。

謝辞

本研究にご参加いただきました患者様ならびにJA愛知厚生連足助病院職員の皆様に深く御礼申し上げます。

本研究は仲谷鈴代記念栄養改善活動振興基金からの助成金によって遂行された研究成果の一部である。

利益相反

本論文について申告すべき利益相反はない。

文献

- 1) Crichton M, Craven D, Mackay H, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the prevalence of protein-energy malnutrition: associations with geographical region and sex. *Age Ageing*. 2019; 48: 38–48.
- 2) O'Shea E, Trawley S, Manning E, et al. Malnutrition in Hospitalised Older Adults: A Multicentre Observational Study of Prevalence, Associations and Outcomes. *J Nutr Health Aging*. 2017; 21: 830–836.
- 3) Maeda K, Ishida Y, Nonogaki T, et al. Reference body mass index values and the prevalence of malnutrition according to the Global Leadership Initiative on Malnutrition criteria. *Clin Nutr*. 2020; 39: 180–184.
- 4) Ishida Y, Maeda K, Nonogaki T, et al. Malnutrition at Admission Predicts In-Hospital Falls in Hospitalized Older Adults. *Nutrients*. 2020; 12:2: 541.
- 5) Khalatbari-Soltani S, Marques-Vidal P. The economic cost of hospital malnutrition in Europe; a narrative review. *Clin Nutr ESPEN*. 2015; 10: e89–e94.
- 6) Schuetz P, Fehr R, Baechli V, et al. Individualised nutritional support in medical inpatients at nutritional risk: a randomised clinical trial. *Lancet*. 2019; 393: 2312–2321.
- 7) Lobo DN. Improving outcomes with a little EFFORT. *Lancet*. 2019; 393: 2278–2280.
- 8) Zusman O, Theilla M, Cohen J, et al. Resting energy expenditure, calorie and protein consumption in critically ill patients: a retrospective cohort study. *Critical Care*. 2016; 20:1: 1–8.
- 9) Omura T, Tamura Y, Yamaoka T, et al. Assessing the association between optimal energy intake and all-cause mortality in older patients with diabetes mellitus using the Japanese Elderly Diabetes Intervention Trial. *Geriatr Gerontol Int*. 2020; 20: 59–65.
- 10) Manini TM. Energy expenditure and aging. *Ageing Research Reviews*. 2010; 9: 1–11.
- 11) Achamrah N, Delsoglio M, De Waele E, et al. Indirect calorimetry: The 6 main issues. *Clin Nutr*. 2021; 40: 4–14.
- 12) Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1918; 4: 370–373.
- 13) Bendavid I, Lobo DN, Barazzoni R, et al. The centenary of the Harris? Benedict equations: How to assess energy requirements best? Recommendations from the ESPEN expert group. *Clin Nutr*. 2021; 40: 690–701.
- 14) Neelemaat F, van Bokhorst-de van der Schueren MA, Thijs A, et al. Resting energy expenditure in malnourished older patients at hospital admission and three months after discharge: predictive equations versus measurements. *Clin Nutr*. 2012; 31: 958–966.
- 15) Alix E, Berrut G, Bore M, et al. Energy requirements in hospitalized elderly people. *J Am Geriatr Soc*. 2007; 55: 1085–1089.
- 16) Cioffi I, Marra M, Pasanisi F, et al. Prediction of resting energy expenditure in healthy older adults: A systematic review. *Clin Nutr*. 2021; 40: 3094–3103.
- 17) Volkert D, Beck AM, Cederholm T, et al. ESPEN

- guideline on clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clin Nutr.* 2019; 38: 10–47.
- 18) Gomes F, Schuetz P, Bounoure L, et al. ESPEN guidelines on nutritional support for polymorbid internal medicine patients. *Clin Nutr.* 2018; 37: 336–353.
- 19) Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, et al. Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr.* 2007; 61: 1256–1261.
- 20) Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol.* 1949; 109: 1–9.
- 21) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing; Vienna, Austria. <https://R-project.org/>. Accessed 2021/11/22.
- 22) Siervo M, Bertoli S, Battezzati A, et al. Accuracy of predictive equations for the measurement of resting energy expenditure in older subjects. *Clin Nutr.* 2014; 33: 613–619.
- 23) Miyake R, Tanaka S, Ohkawara K, et al. Validity of Predictive Equations for Basal Metabolic Rate in Japanese Adults. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 2011; 57: 224–232.
- 24) Ocagli H, Lanera C, Azzolina D, et al. Resting Energy Expenditure in the Elderly: Systematic Review and Comparison of Equations in an Experimental Population. *Nutrients.* 2021; 13.2: 458.
- 25) Pourhassan M, Daubert D, Wirth R. Measured and Predicted Resting Energy Expenditure in Malnourished Older Hospitalized Patients: A Cross-Sectional and Longitudinal Comparison. *Nutrients.* 2020; 12.8: 2240.
- 26) Katano S, Yano T, Kouzu H, et al. Energy intake during hospital stay predicts all-cause mortality after discharge independently of nutritional status in elderly heart failure patients. *Clin Res Cardiol.* 2021; 1–19.
- 27) Shimizu A, Fujishima I, Maeda K, et al. Nutritional Management Enhances the Recovery of Swallowing Ability in Older Patients with Sarcopenic Dysphagia. *Nutrients.* 2021; 13.2: 596.
- 28) Nagel A, Jungert A, Spinneker A, et al. The Impact of Multimorbidity on Resting Metabolic Rate in Community-Dwelling Women over a Ten-Year Period: A Cross-Sectional and Longitudinal Study. *J Nutr Health Aging.* 2017; 21: 781–786.
- 29) Xu X, Yang Z, Ma T, et al. Novel equation for estimating resting energy expenditure in patients with chronic kidney disease. *Am J Clin Nutr.* 2021; 113: 1647–1656.
- 30) Pontzer H, Yamada Y, Sagayama H, et al. Daily energy expenditure through the human life course. *Science.* 2021; 373: 808–812.

Abstract

Resting energy expenditure in older hospitalized Japanese patients and the validity of the prediction equation

Fumiya Kawase^{1,2)}, Yoshiyuki Masaki^{3,4)}, Hiroko Ozawa⁵⁾, Manami Imanaka⁵⁾, Aoi Sugiyama⁵⁾, Hironari Wada⁶⁾, Shinya Kobayashi³⁾, and Takayoshi Tsukahara²⁾

Purpose: Determination of energy requirements based on resting energy expenditure (REE) is an important factor in providing individualized nutritional support. There are few reports on the validity of REE prediction equations in older hospitalized Japanese patients, and there are few reports on the basic data of resting energy expenditure itself. Therefore, this study aimed to clarify the basic data by measuring REE in elderly hospitalized Japanese patients, and to cross-sectionally examine the REE prediction equation error.

Methods: REE was calculated by indirect calorimetry in 93 patients (minimum age, 70; mean age, 88.0 ± 6.9 years) hospitalized in an internal medicine unit. The Harris–Benedict equation and the Ganpule equation were used to predicted REE, which was then compared with the predicted value. Furthermore, Bland–Altman analysis was used to evaluate error. Body composition was also measured and its association to REE was examined.

Results: The mean BMI was 20.2 ± 3.5 kg/m² and SMI was 4.63 ± 1.40 kg/m². The mean REE was 963.7 kcal/day (95% CI: 925.9 to 1001.5). The Harris–Benedict equation result was significantly lower: 900.5 kcal/day (95% CI: 874.0 to 927.0, $p = 0.028$). Similarly, the Ganpule equation result was significantly lower: 835.4 kcal/day (95% CI: 874.0 to 927.0, $p < 0.001$). In addition, Bland–Altman analysis showed low REE agreement for both the Harris–Benedict and Ganpule equations.

Conclusion: In Japanese hospitalized patients over 70 years of age, results of the Harris–Benedict and Ganpule equations had large errors for REE, suggesting that they should not be used in individualized nutritional support.

Key words: Resting energy expenditure, prediction accuracy, older patients, indirect calorimetry

1) Department of Nutrition, Asuke Hospital Aichi Prefectural Welfare Federation of Agricultural Cooperatives, Aichi, Japan

2) Graduate School of Nutritional Science, Nagoya University of Arts and Sciences, Aichi, Japan

3) Department of Internal medicine, Asuke Hospital Aichi Prefectural Welfare Federation of Agricultural Cooperatives, Aichi, Japan

4) Department of Community-based Medical Education, Nagoya City University Graduate School of Medical Sciences, Nagoya, Japan

5) Department of Nursing, Asuke Hospital Aichi Prefectural Welfare Federation of Agricultural Cooperatives, Aichi, Japan

6) Department of Rehabilitation Therapy, Asuke Hospital Aichi Prefectural Welfare Federation of Agricultural Cooperatives, Aichi, Japan