

日本人寝たきり高齢者の体重制御に適した 供給エネルギー量設定に関する調査研究

山形大学地域教育文化学部

講師 三原 法子

(共同研究者)

山形大学地域教育文化学部 准教授 小酒井 貴晴

新潟県立大学人間生活学部 教授 田村 朝子

はじめに

現在、日本の施設における供給エネルギー量の算出には、Harris-Benedict 式（以下、HB 式）¹⁾ による算出方法と、間接熱量計による実測値からの算出方法の 2 つの方法が汎用されている。HB 式による算出方法は、算出そのものが簡便であるため、この算出方法を用いている施設が多数を占める。しかし、HB 式は 1918 年に欧米人の体格に合わせて確立された算出式であるため、算出された供給量は日本人にはそぐわず、過剰評価となり、体重増加傾向となることが問題視されている²⁾。一方、間接熱量計の実測値からの算出方法は、個々人の呼気ガス分析から消費エネルギー量を実測する方法であることから正確だとされ、体重維持に適している³⁾。しかし、機器が高価であるため、購入が難しい。また、購入できたとしても、認知症の場合、十分な意思疎通が行えないこと、寝たきり高齢者の多くが頬の筋肉の欠落などで測定装置をきちんと装着できないこと等から、寝たきりの高齢者においては測定が困難となる場合が多いことが問題視されている。これらのことから、現在、これら 2 つの方法に代わる体重制御に適した供給エネルギー量算出法の確立が急務とされている。そこで本研究では、間接熱量計で実測した安静時代謝量（resting energy expenditure; 以下、実測 REE と略）と、HB 式による推定安静時代謝量（estimated resting energy expenditure; 以下、推定 REE と略）から算出された代謝量を比較し、その正確な差異を明らかにした。さらに、新たな REE 算出式を確立するため、20 代の健常者および 75 歳以上の寝たきり高齢者の栄養摂取法別の体組成の違い、体組成指標と代謝量との相関を解析し、代謝量に影響をおよぼす因子分析を行ったので、以下に報告する。

対象および方法

1. 対象者および測定期間

測定期間は 2004 年 10 月～2011 年 6 月の 6 年 7 カ月間である。対象は、健常者と寝たきり高齢者の 2 群とした。まず、健常者は、同意が得られた山形大学学生 34 名（20.5 ± 0.9 歳）、病院に勤務する 50 代の職員 12 名（52.7 ± 1.4 歳）、計 46 名の女性のみとした。また、寝たきり高齢者は、同意が得られた寝たきり高齢者 423 名中、65 歳以上の寝たきり高齢者 280 名（85.5 ± 2.7 歳）とした。年齢別内訳は、65～74 歳 22 名（71.5 ± 1.6 歳、男性 4 名：69.3 ± 1.6 歳、女性 18 名：71.9 ±

1.5 歳)、75 歳以上 258 名 (86.7 ± 2.5 歳、男性 53 名 :85.7 ± 2.3 歳、女性 205 名 :87.0 ± 2.5 歳) であった。また、75 歳以上を栄養摂取法別に分類すると、経口摂取者 (oral nutrition; 以下、ON と略) 222 名 (86.5 ± 2.5 歳、男性 47 名 :85.9 ± 2.3 歳、女性 175 名 :86.7 ± 2.5 歳) で、経皮的内視鏡下胃瘻造設術施術者 (percutaneous endoscopic gastrostomy; 以下、PEG と略) 36 名 (88.4 ± 2.4 歳、男性 6 名 :86.2 ± 2.4 歳、女性 30 名 :88.9 ± 2.4 歳) であった。

2. 測定および調査項目

実測 REE は間接熱量計 METAVINE-N (株ヴァイン社)⁴⁾ による実測値から算出し、推定 REE は HB 式を用い、現体重で算出した。次いで、身長計測は、健常者については、金属身長計 0-8149-02: アズワン(株)で実測し、寝たきり高齢者については、仰臥位身長の測定または、Knee-Height 計測法により算出した。また、体重は、健常者は通常の体重計を用い、寝たきり高齢者はスケールベッドまたは車いす用バリアフリースケール (AD-6106AD- 6101A/B: (株)エーアンド・デイ) で測定した。上腕周囲長 (arm circumference; 以下、AC と略) および上腕三頭筋皮下脂肪厚 (triceps skin fold thickness; 以下、TSF と略) は、すべての対象者についてインサーテープおよびキャリパー (アボットジャパン(株)) を用いて測定し、% AMC および % TSF を算出した⁵⁾。その他、寝たきり高齢者について、診療記録簿から主要疾患、血液生化学検査値、実質食事摂取量、要介護度、および生活自立度、下痢・嘔吐、褥瘡・浮腫・発熱の有無、食欲不振を調査した。また、FFM (除脂肪量) および BFM (体脂肪量) は、体成分分析装置 (InBody S20: (株)バイオスペース) を用いて測定した。

3. 栄養指標と代謝量との相関解析

体組成指標 (年齢、身長、体重、BMI、% AMC、% TSF、血中 Alb.) と代謝量 (実測 REE) との相関を解析した。さらに、体筋量の指標として用いられる % AMC と除脂肪体重の実測値 FFM、体脂肪の指標となる % TSF と体脂肪実測値 BFM との相関解析を寝たきり高齢者の栄養摂取法別に行った。なお、解析には、SPSS (Statistiscs 19) を用いた。有意差検定は、一元配置分散分析を行った後、Bonferroni の多重比較検定を行った。また、75 歳以上の寝たきり高齢者における ON 群と PEG 群の有意差検定には、独立したサンプルの t 検定を行った。相関解析は、Pearson の相関係数を用いて解析した。なお、 $p < 0.05$ を統計学的に有意と判定した。

結果および考察

1. 年代別による身体状況の比較 (表 1)

体重は加齢に伴い減少し、75 歳以上の寝たきり高齢者では、他の年代に比較して有意な低下が認められた。また、75 歳以上の ON 群と PEG 群では、PEG 群で体重が有意に低くなっていた。一方、BMI は年代間で有意差は認められず、全ての年代で $19.7 \sim 21.9 \text{ kg/m}^2$ と正常域にあったことから、本研究における対象者は体重維持群であると判定された。推定 REE は、20 代の健常者が他の年代に比較して有意に高い値を示した。一方、実測 REE は加齢に伴い低下する傾向が認められ、75 歳以上では他の年代に比較して有意に低下することが認められた。これは ON 群 17.5 kcal/kg に比較して PEG 群で 14.6 kcal/kg と著しい低下が認められたことが⁶⁾ が一因であるといえる。実測 REE は 20 代の健常者

表1. 身体状況の比較(年代別)

	健常者		寝たきり高齢者			
	20～29 歳 (n=34)	50～59 歳 (n=12)	65～74 歳 (n=22)	75 歳～ 全体 (n=258)	75歳～ ON (n=222)	PEG (n=36)
体重 (kg)	55.4±2.4 ^a	53.7±2.6 ^a	48.5±3.1 ^a	43.5±3.0 ^b	44.8±3.0	42.2±3.0 ^{**}
BMI (kg/m ²)	21.9±1.2 ^a	21.2±1.4 ^a	21.0±1.9 ^a	20.1±1.9 ^a	20.6±1.9	19.7±1.9
推定REE (kcal/kg/日)	25.4±1.3 ^a	22.6±1.3 ^b	21.8±2.0 ^b	21.3±1.5 ^b ┐	21.2±1.5┐	21.4±1.5┐
実測REE (kcal/kg/日)	23.8±2.3 ^a	20.7±1.9 ^a	20.4±2.5 ^a	16.1±2.6 ^b ┘	17.5±2.7┘	14.6±2.5 ^{**} ┘
基礎代謝 基準値 ¹⁾ (kcal/kg/日)	22.1	20.7	20.7	20.7	20.7	
%AMC	85.5±2.2 ^a	—	71.9±2.8 ^b	80.8±3.4 ^a	80.5±3.3	81.1±3.5
%TSF	107.0±5.0 ^a	—	77.2±6.4 ^b	93.6±7.2 ^c	79.6±6.8	107.5±7.6 ^{**}

a,b,c: $p < 0.05$ (異なる記号は年代間の有意差を示す)

*: $p < 0.05$ (推定REE vs 実測REE)

** : $p < 0.05$ (ON vs PEG)

¹⁾基礎代謝基準値: 日本人の食事摂取基準(2010年版)

Mean±SE

で最も高い値を示し、また 50 代の健常者と 65 ～ 74 歳の寝たきり高齢者で有意差はなかった。次に、推定 REE と実測 REE を比較した場合、75 歳以上の寝たきり高齢者のみに有意差が認められた。さらに、基礎代謝基準値と実測 REE を比較すると、20 代の健常者では実測 REE が高い値を示したが、寝たきり高齢者では実測 REE が基礎代謝基準値を下回り、年齢が高くなる程その差が大きくなっていた。さらに寝たきりの場合、栄養摂取が ON から PEG に移行した場合、有意に実測 REE が低下した。これらのことから、PEG 群では REE が低下することから、ON 群と同量のエネルギー量を摂取すると、エネルギー過剰となり体重増加の原因となることが示唆された⁷⁾。これは、体組成の測定結果からも明らかになった、% AMC が 75 歳以上の ON 群、PEG 群ともに 80 ～ 81% と軽度栄養障害の範囲にあり、これ以上体筋組織を減少させられない限界域にあったと考えられる一方で、% TSF が ON 群に比較して PEG 群で有意に増加していた。したがって、PEG 群で過剰なエネルギーが投与された場合、体脂肪が著しく増加し、これが体重増加の一因になり得ると推察された。

2. 75 歳以上寝たきり高齢者の特徴

対象者の主要疾患を表 2 に示した。ON 群、PEG 群のいずれも基礎代謝に関与しない脳梗塞後遺症が 27% 程度で最も多く、続いて認知症、糖尿病となり、対象者の疾患比率は両群でほぼ同様の傾向を示していた。対象者の血液生化学検査値を表 3 に示した。その結果、総コレステロール値のみに ON 群に比較して PEG 群が有意に高い値を示した。これは、栄養摂取を ON から PEG に移行することで、% TSF の増加、体脂肪量増加をまねいたことに伴うものであるといえる。しかし、全ての検査項目の数値は正常値の範囲内であった。実質食事摂取量を表 4 に示した。エネルギー、タンパク質、脂質のい

表2. 主要疾患の比較(75歳以上)

	ON 人数(比率) (n=222)	PEG 人数 (比率) (n=36)
脳梗塞後遺症	61 (27.5%)	10 (27.8%)
認知症	35 (15.8%)	6 (16.7%)
糖尿病	25 (11.3%)	5 (13.9%)
骨折	15 (6.8%)	0 (—)
高血圧	6 (2.7%)	1 (2.8%)
パーキンソン症候群	6 (2.7%)	0 (—)
その他 ¹⁾	74 (33.2%)	14 (38.8%)

¹⁾その他疾患: 褥瘡、肺炎、心不全、がん、腎臓病、胃潰瘍、心臓病、等

表 3. 血液生化学検査値の比較(75歳以上)

	正常値	ON (n=222)	PEG (n=36)
Alb. (g/dL)	3.8~5.3	3.44±0.74	3.40±0.54
AST (IU/L)	13~33	20.59±2.87	21.65±2.39
ALT (IU/L)	男性 8~24 女性 6~27	15.55±3.60	17.26±3.13
γ-GTP (IU/L)	10~47	22.64±4.85	24.17±4.30
T-chol (mg/dL)	128~220	164.38±6.74	186.60±5.95*
TG (mg/dL)	30~150	77.65±5.75	(—)
HDL (mg/dL)	40~100	53.06±3.74	(—)
ChE (IU/L)	180~360	211.43±7.73	193.00±6.21

* : $p < 0.05$ (ON vs PEG)

Mean±SE

ずれの項目においても ON 群に比較して PEG 群の摂取量が有意に低いことが明らかになった。また、PFC 比は、PEG 群では食事摂取基準値をもとに製品化されたものを使用していることから、バランスがとれていた。一方、ON 群は炭水化物の摂取量が少なく、タンパク質、脂質摂取量が多くなっていた。通常は、加齢に伴って食事摂取量が減少し、これは主に、タンパク質や脂質を多く含む副菜摂取量の

表4. 実質食事摂取量の比較(75歳以上)

	ON (n=222)	PEG (n=36)
エネルギー (kcal/kg)	30.33±0.40	23.74±0.36[*]
タンパク質 (g/kg)	1.71±0.11	1.06±0.08[*]
脂質 (g/kg)	1.02±0.09	0.65±0.09[*]
炭水化物 (g/kg)	3.38±0.16	3.36±0.14
P:F:C (%)	23 : 31 : 46	18 : 24 : 58

^{*} : $p < 0.05$ (ON vs PEG)

Mean±SE

減少である場合が多いが、本研究における対象者はその逆の傾向を示したことから、対象者が入所している高齢者施設の管理栄養士が、副菜をしっかりと摂取させ、体筋力量を保持させるよう適正な栄養ケアを実施していたといえる。

以上のことから、代謝に関係する主要疾患、血液生化学検査値および実質食事摂取量は、実測 REE の低下に影響を及ぼしていないことが明らかとなった。

3. 実測 REE に対する栄養指標との関連

寝たきり高齢者における適切な供給エネルギー量の算出には、加齢に伴う基礎代謝量の低下、体組成の変化をきちんと把握する必要がある、それが適切な栄養ケアにつながるといえる。表 1 より、現在、臨床現場で通常使用している推定 REE は、75 歳以上の寝たきり高齢者において過剰評価となることが明らかとなり、供給エネルギー量の算出には実測 REE の使用が望ましいことが示唆された。また、栄養摂取を ON から PEG に移行すると、推定 REE が ON 群の 83.4% まで低下するが、体脂肪量は増加することが明らかとなった。このことから、実測 REE に近い値を算出できる栄養摂取法別の HB 式に代わる新 REE 算出式を早急に設定する必要があると考えられる。

新 REE 算出式の確立のため、算出に必要な因子を解析した。HB 式の因子である体重、身長、年齢に加え、BMI、Alb.、% AMC、% TSF と実測 REE との相関関係を検討した (表 5)。その結果、20 代の健常者の実測 REE と体重、BMI、% TSF で正の相関が、% AMC で負の相関が認められた。一方、75 歳以上の寝たきり高齢者の ON 群では、同 4 つの因子で負の相関が認められた。さらに、PEG 群では、実測 REE と体重、% TSF の 2 つの因子との間で負の相関が認められた。このことから、75 歳以上の寝たきり高齢者の安静時代謝量は、20 代の健常者の代謝とは異なり、限界域の体筋量を維持し、身体活動量の低下による体脂肪量の蓄積に伴う体重増加を来すことで、生命維持を図っていると考えられる。これは、特に体重と % AMC が実測 REE との強い相関関係を示したこと、前報告の健常者と寝たきり高齢者の体筋量の低下の割合が約 10% であった結果⁷⁾と一致する。次に、75 歳以上の寝たきり高齢者の ON 群では、% AMC と FFM、% TSF と BFM、PEG 群では % TSF と BFM に正の相関が認められた (図 1)。

表5. 実測REEとの相関関係

	健常者	75歳以上	
	20代 (n=34)	ON (n=222)	PEG (n=36)
	実測REE	実測REE	実測REE
年齢	-0.275	0.033	-0.120
身長	0.000	-0.090	-0.163
体重	0.347*	-0.320**	-0.453*
BMI	0.383*	-0.270**	-0.147
%AMC	-0.427*	-0.258**	-0.103
%TSF	0.345*	-0.209*	-0.442*
Alb.	—	-0.140	0.079

** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$

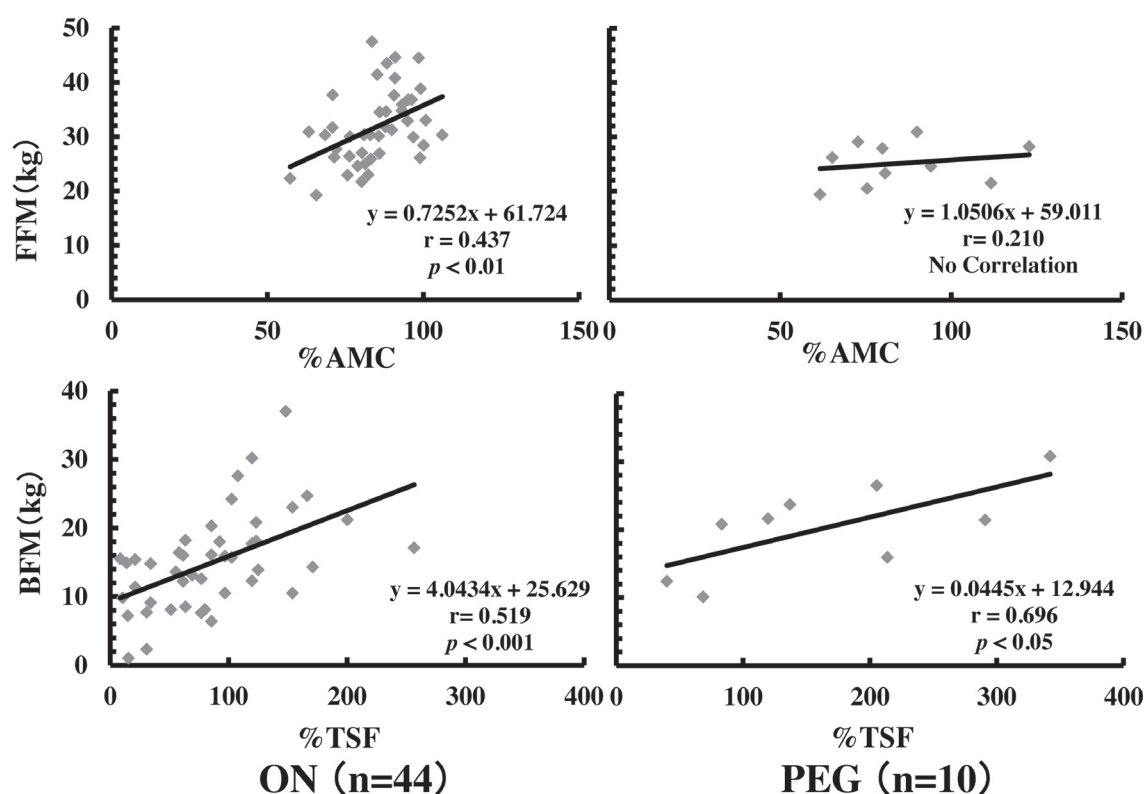


図1. %AMCとFFM、%TSFとBFMの関係(75歳以上)

このことから、% AMC と % TSF は InBody のような高価な体組成分析装置を購入しなくとも、その測定値の代用となり得ることが明らかとなった。これらの結果より、REE を算出するための重要因子は、75 歳以上の寝たきり高齢者において、ON 群では、体重に BMI・% AMC・% TSF を加えた 4 つの因子、PEG 群では体重に % TSF を加えた 2 つの因子と栄養摂取法により、因子が異なることが明らかとなった。現在、栄養摂取法別に新 REE 算出式を導き出し、協力病院においてこの算出式の検証を行っている。

要 旨

間接熱量計と Harris-Benedict 式（以下、HB 式）による安静時代謝量（以下、REE）の比較と、REE の指標となる因子との関係を検討した。対象は寝たきり高齢者 280 名（85.5 ± 2.7 歳）、健常者 46 名（28.9 ± 3.8 歳）、計 326 名とした。また、対象者の REE に加え、除脂肪量、体脂肪量、% AMC、% TSF を測定した。健常者においては HB 式から算出した REE（以下、推定 REE）は、加齢に伴い低くなっていた。それに対して、間接熱量計による REE（以下、実測 REE）は推定 REE より低値を示した。寝たきり高齢者においては、65 歳以上で推定 REE が 21.8kcal/kg であったのに対し、実測 REE は 75 歳以上で 16.1kcal/kg と著しく低値を示した。ON 群（経口摂取群）では、実測 REE と体重、BMI、% AMC、及び % TSF に、PEG 群では体重、% TSF との間で相関が認められた。このことから、HB 式から算出された推定 REE は、75 歳以上の寝たきり高齢者にとっては著しく過剰評価となること、体重制御のための REE の指標は栄養投与法によって異なることの二点が示唆された。

文 献

- 1) Harris JA, Benedict FG. A biometric study of human basal metabolism. Proc Natl Acad Sci USA 4: 370-373, 1918
- 2) 栗原美香、岩川裕美、丈達知子ほか . PEG 症例の経腸栄養投与熱量設定における間接熱量測定の有用性について . 静脈経腸栄養 22: 57-61、2007
- 3) Mc Doniel SO. Systematic review on use of a handheld indirect calorimeter to assess energy needs in adults and children. Int J Sport Nutr Exerc Metab 17: 491-500, 2007
- 4) Tamura.T, Ichinoseki.N, Yoshimura.T. Development and evaluation of a simple calorimeter for the mesurment of resting metabolism. Clin Exp Pharmacol Physiol 29: 2-6, 2002
- 5) 細谷憲政、岡田正、武藤泰敏ほか . 日本人の新身体計測基準値 JARD2001. 栄養評価と治療 19: 12-19、52、56、2002
- 6) 栗原美香、長尾大志、仲川満弓ほか . COPD 患者における食後代謝の検討 . 静脈経腸栄養 25: 71-75、2010
- 7) 三原法子 . (医) 舟山病院における栄養ケアマネジメントの向上に関する z 研究 - 経腸栄養剤のエネルギー投与量決定の検討 -. 日健栄システム会誌