

《原著》

入院高齢患者の安静時エネルギー消費量に及ぼす 日常生活動作（ADL）低下の影響

増田（北野） 貴子^{*, **} 塚原 丘美^{*} 豊福 千夏^{**}
島 由子^{**} 日比野 仁子^{**} 須田 久雄^{**} 北川 元二^{*}

要旨

急性期医療において、過不足のない適正な必要栄養量を設定することが重要であるにもかかわらず、日本人高齢患者に適応する基礎エネルギー消費量（BEE: basal energy expenditure）の推定式は存在せず、成人向けの一般的な推定式を代用しているのが現状である。しかし、入院高齢患者では特に筋肉量が減少し、日常生活動作（ADL: activities of daily living）が低下していることから、BEE も低下している可能性がある。そこで、入院高齢患者の安静時エネルギー消費量（REE: resting energy expenditure）を測定し、ADL の影響を調べた。

様々な疾患を持つ入院中の高齢患者（男性7名、女性1名、75-91歳）のREE を間接カロリーメーターを用いて測定した。汎用されているハリスベネディクトの推定式から算出したBEE（BEE-HB）と比較し、ADL の指標である Barthel Index（BI）と比較検討した。

その結果、入院高齢患者の体重あたりのREE は17.6～25.3 kcal/kg/day と個人差が大きく、REE/BEE-HB 比は0.87～1.36であった。この差はADL と関連があり、自立していると判定されるBI=100の場合は $REE = 1.1 \sim 1.2 \times BEE$ の標準的な式に当てはまるが、介助が必要と判定される $BI \leq 35$ の場合にはREE はBEE よりも低くなった。

以上ことから、入院高齢患者においてADL はREE に影響を及ぼし、日常生活に介助が必要な患者のエネルギー必要量を設定する際には、ハリスベネディクトの推定式から算出するのではなく、間接カロリーメーター等を用いた実測値を用いることを考慮する必要があると示唆された。

Keywords : 高齢患者、間接カロリーメーター、安静時エネルギー消費量、日常生活動作（ADL）

序論

我が国の高齢者人口は増加し、国立社会保障・人口問題研究所の「日本の将来推計人口」（平成18年12月推計）によると2011年では総人口に占める65歳以上の割合は23.3%にまで達し、そのうち70歳以上は17.2%及び80歳以上は6.8%を占めている。2050年には70歳以上が約30%、80歳以上が約15%、90歳以上が約5%及

び100歳以上が0.7%になると予測されている。名古屋市立東部医療センターの入院患者でも高齢化率は年々高まり、NSTの1グループが2011年4月から2012年1月までに介入した症例の平均年齢は82.2歳で、構成比は70歳代、80歳代及び90歳代でそれぞれ20.6%、41.2%及び26.5%であった。また、心臓血管外科に予定手術で入院する80歳以上の患者は年間約20名弱となっており、手術対象患者の高齢化が重大な

* 名古屋学芸大学大学院栄養科学研究科
** 名古屋市立東部医療センター

課題となっている。

高齢者は社会的要因や疾患要因など様々な理由により栄養障害をきたす危険性が高いにも関わらず¹⁾、その栄養管理に関するエビデンスは非常に少ない。80歳を超える超高齢者では、必要栄養量に関する報告でさえ少なく、日本人の食事摂取基準2010年版においても、高齢者のデータが少ないことから70歳以上が一括りにされている²⁾。また、多くの病院でエネルギー必要量の算出に用いられているハリスベネディクトの推定式³⁾は欧米人の研究データから求められたものであり、多くの日本人の超高齢者の必要栄養量算出には適していない。ハリスベネディクトの推定式から求められるエネルギー必要量に関して、70歳以上の同年齢、同身長及び同体重では男性より女性のほうが高く算出されるという報告⁴⁾や、胃瘻管理の症例では、ハリスベネディクトの推定式から求められるエネルギー必要量は過剰に算出されるとの報告もある⁵⁾。日本人を対象とした基礎エネルギー消費量 (BEE: basal energy expenditure) の研究報告⁶⁾もあるが、平均年齢40歳弱と一般成人での調査であり、高齢者、特に慢性疾患などを持つ高齢者に適応できるかどうかは不明である。

一方、術後などの侵襲下では過剰な栄養投与は高血糖を引き起こし、合併症などのリスクを高めるため、厳密な栄養管理が必要とされている。侵襲下では、蛋白異化による内因性のエネルギー供給があるため、外因性のエネルギー供給は基礎エネルギー消費量以下にすることが望ましいとされている⁷⁾。

適切な栄養管理は早期治療・早期回復に重要であるにもかかわらず、入院高齢者の必要エネルギー量を算出するための十分なエビデンスは存在しない。除脂肪組織量がエネルギー消費に大きく影響することはよく知られている⁸⁾。高齢者では若年者と比較しても筋肉量などの除脂肪組織量が減少しており⁴⁾、さらに、軽度の侵襲や短期間の安静臥床でも筋肉量が減少し、廃用症候群をきたしやすい⁹⁾。これらのことから、入院高齢患者では健常な高齢者と比較しても筋肉量が少なく、活動量も少ないこ

とが推測される。そこで、筋肉量と関係のある日常生活動作 (ADL) が入院高齢患者の安静時エネルギー消費量 (REE: resting energy expenditure) に及ぼす影響について検討した。

方法

対象患者

名古屋市立東部医療センター呼吸器内科、整形外科、心臓血管外科に入院している高齢者に本研究内容を十分に説明し、同意・承諾が得られた患者を対象者とした。補助酸素を使用している患者、認知症により安静が保てない患者及び手術直後の患者は除外した。平成24年9月～平成25年3月に入院された75歳から91歳までの高齢男性患者7名及び女性患者1名の値を本研究に用いた。なお、本研究は名古屋市立東部医療センター及び名古屋学芸大学の倫理委員会の承認を得ている。

エネルギー消費量の測定と算出

REEの測定は電子スパイロメーターエアロモニタ AE-300S (ミナト医科学株) を用い、食後2時間以上経過し、30分以上安静臥床状態での測定値とした。15分以上測定後、安定した10～15分間の平均値を採用した。酸素消費量 (VO₂) 及び二酸化炭素産生量 (VCO₂) を用いる Weir の式¹⁰⁾ より REE を算出した。

BEE は、REE 測定時の身長、体重及び年齢を用いて、ハリスベネディクトの推定式 (BEE-HB) 及び国立健康・栄養研究所の式¹¹⁾ (BEE-NIHN) を用いて算出した。それらの推定式を以下に示す。

BEE-HB

- ・男性： $66.47 + 13.75 \times \text{体重}(\text{kg}) + 5.0 \times \text{身長}(\text{cm}) - 6.76 \times \text{年齢}$
- ・女性： $655.1 + 9.56 \times \text{体重}(\text{kg}) + 1.85 \times \text{身長}(\text{cm}) - 4.68 \times \text{年齢}$

BEE-NIHN

- ・ $(0.1238 + 0.0481 \times \text{体重}(\text{kg}) + 0.0234 \times \text{身長}(\text{cm}) - 0.0138 \times \text{年齢} - 0.5473 \times \text{性別}^*) \times 1000 / 4.1866$

※：男性：1、女性：2

日常生活動作レベル（ADL: activities of daily living）

患者のADLの評価として、パーセルインデックス（BI）¹²⁾を指標とした（表1）。パーセルインデックスは10項目からなり、それぞれの項目で自立していれば点数が高く、要介助であれば点数が低くなっている。合計点は最高100点、最低0点で、100点は完全自立、60点以

下では部分介助、40点以下ではかなりの介助が必要、20点以下では全介助となる。

結果

測定した入院中の高齢患者8名の平均年齢は82±6歳（75～91歳）であった。疾患は、誤嚥性肺炎、心疾患、骨折などであった。ADL

表1 パーセルインデックス

設問	質問内容	回答	得点
1	食事 ・自立、自具などの装着可、標準的時間内に食べ終える ・部分介助(たとえば、おかずを切って細かくしてもらう) ・全介助	10 5 0	
2	車椅子からベッドへの移動 ・自立、ブレーキ、フットレストの操作も含む(非行自立も含む) ・軽度の部分介助または監視を要する ・座ることは可能であるがほぼ全介助 ・全介助または不可能	15 10 5 0	
3	整容 ・自立(洗面、整髪、歯磨き、ひげ剃り) ・部分介助または不可能	5 0	
4	トイレ動作 ・自立、衣服の操作、後始末を含む、ポータブル便器などを使用している場合はその洗浄も含む ・部分介助、体を支える、衣服、後始末に介助を要する ・全介助または不可能	10 5 0	
5	入浴 ・自立 ・部分介助または不可能	5 0	
6	歩行 ・45m以上の歩行、補装具(車椅子、歩行器は除く)の使用の有無は問わない ・45m以上の介助歩行、歩行器の使用を含む ・歩行不能の場合、車椅子にて45m以上の操作可能 ・上記以外	15 10 5 0	
7	階段昇降 ・自立、手すりなどの使用の有無は問わない ・介助または監視を要する ・不能	10 5 0	
8	着替え ・自立、靴、ファスナー、装具の着脱を含む ・部分介助、標準的な時間内、半分以上は自分で行える ・上記以外	10 5 0	
9	排便コントロール ・失禁なし、浣腸、坐薬の取り扱いも可能 ・ときに失禁あり、浣腸、坐薬の取り扱いに介助を要する者も含む ・上記以外	10 5 0	
10	排尿コントロール ・失禁なし、収尿器の取り扱いも可能 ・ときに失禁あり、収尿器の取り扱いに介助を要する者も含む ・上記以外	10 5 0	

Mahoney.F.L & Barthel D.W.: Md.State.Med.J.14:61-65,1965

表2 患者背景

No.	疾患	年齢 (歳)	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI	BI
1	大動脈弁閉鎖不全症	80	F	144.3	34.1	16.4	100
2	誤嚥性肺炎	88	M	156.6	43.7	17.8	35
3	誤嚥性肺炎	75	M	158.0	41.6	16.7	0
4	大動脈弁狭窄症	81	M	154.2	47.5	20.0	100
5	左足関節三果骨折	91	M	152.5	35.8	15.4	20
6	腹部大動脈瘤	86	M	163.0	63.0	23.7	100
7	頸椎後縦靱帯骨化症	75	M	165.0	52.0	19.1	100
8	労作性狭心症	79	M	162.5	57.8	21.9	100

BMI: body mass index

BI: Barthel Index

表3 実測 REE と推定 BEE

No.	実測値		推定式					
	indirect-calorimeter		Harris-Benedict			国立健康・栄養研究所の式		
	REE (kcal/day)	REE (kcal/kg/day)	BEE HB (kcal/day)	BEE HB (kcal/kg/day)	REE/BEE- HB	BEE NIHN (kcal/day)	BEE NIHN (kcal/kg/day)	REE/BEE- NIHN
1(F)	932	27.3	874	25.6	1.07	703	20.6	1.33
2(M)	768	17.6	855	19.6	0.90	986	22.6	0.78
3(M)	798	19.2	921	22.1	0.87	1013	24.3	0.79
4(M)	959	20.2	942	19.8	1.02	1040	21.9	0.92
5(M)	701	19.6	705	19.7	0.99	863	24.1	0.81
6(M)	1591	25.3	1166	18.5	1.36	1250	19.8	1.27
7(M)	1300	25.0	1099	21.1	1.18	1171	22.5	1.11
8(M)	1381	23.9	1139	19.7	1.21	1211	21.0	1.14

REE: resting energy expenditure

BEE-HB: basal energy expenditure by Harris-benedict

BEE-NIHN: basal energy expenditure by National Institute of Health and Nutrition

はBI=100が5名(男性4名、女性1名)、35以下が3名であった(表2)。

測定したREEの平均(男性のみ)は1071±324 kcalあり、体重あたりのREEは21.5±2.9 kcal/kgであった(表3)。

REEとBEE-HBの比(REE/BEE-HB比)は1.0以上が5名(男性4名、女性1名)で、この5名の患者すべてBIが100であった(図1)。これに対し、REE/BEE-HB比が1.0未満が3名存在し、この患者のBIは0~35と低値

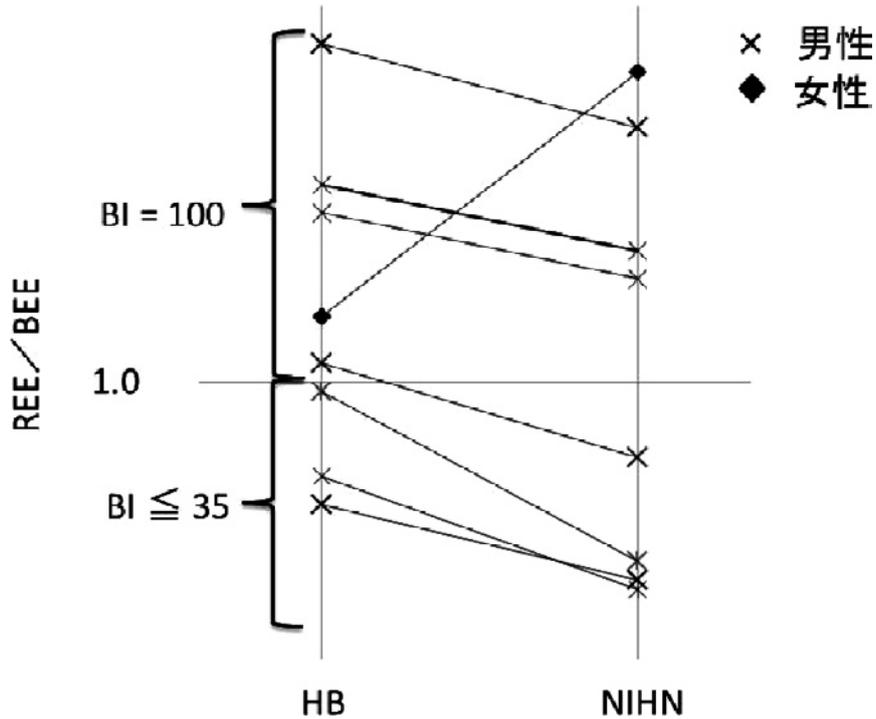


図1 REE/BEE 比と日常生活動作（ADL）

HB : REE と BEE-HB の比
 NIHN : REE と BEE-NIHN の比
 BI : Barthel Index

であった。REE と BEE-NIHN との比（REE/BEE-NIHN 比）をみると、女性においては、REE/BEE-HB 比が1.07であったのに対し、BEE-NIHN 比は1.33と大きかった。男性ではREE/BEE-HB 比に比べてREE/BEE-NIHN 比の方が小さかった(図1)。BIが100の患者は標準的なREE（BEEの1.1~1.2倍）であったが、BIが35以下の患者のREEはBEEよりも少なかった。

考察

入院中の高齢患者のREE測定値は予測値に一致する値からBEEを下回る値まで広範囲であった。BIの点数で分けると、日常生活を送る上で完全自立していると判定されるBI=100の患者は一般的なREEの推定式から推測される値とほぼ一致していたが、日常生活を送る上で介助が必要と考えられるBI ≤ 35の患者では、REEの推定値よりも低く、BEEよりもさらに低い値であった。

REEは一般的にBEEの1.1~1.2倍とされて

いるが、ハリスベネディクトの推定式は、身長151~200 cm及び年齢は21~70歳に適用され³⁾、また国立健康栄養研究所の推定式も20~70歳代の一般成人のデータを基にしたもの⁶⁾であるため、今回のような高齢患者ではREE = 算出したBEE × 1.1~1.2にあてはまらない可能性が考えられる。高齢者は除脂肪組織量の減少によってBEEが減少すると考えられており、ハリスベネディクトの式は高齢者では誤差が大きくなる⁴⁾とされているが、本研究のADLが高い男性患者の場合において、REEは算出したBEEの1.1~1.2倍となり、一般的な推定式を利用できると考えられる。田中の報告¹¹⁾においても、70-79歳の高齢男性で、ハリスベネディクトの式から算出したBEEは実測値より少ないと報告している。しかし、このことを結論づけるには本研究の症例数が少なく、研究の継続が必要である。また、1例しか測定できなかった女性患者はADLが高く、REE/BEE-HB比が1.07であるのに対してREE/BEE-NIHN比は1.33となっており、BEE-HBは実測値からみると比較的高い値であった。BEE-HB

は高齢になるほど男性では低く見積もられ、女性では高く見積もられるという報告^{4, 11)}と一致する結果となった。

その一方、BIからみたADLが低い場合、どちらの推定式と比較してもREEの方が低い結果となった。ADLと筋肉量は相関があるため¹³⁾、ADLが低い入院高齢患者では筋肉量が少ないためにREEが算出したBEEよりも少なくなったと考えられる。

高齢者は軽度の侵襲や短期間の安静臥床でも廃用症候群となる⁹⁾ことが知られている。入院高齢患者では安静を強いられることが多く、廃用症候群に陥っていることが少なくない。本研究で測定した患者において、BIが100であった患者は手術前や術後の経過が良好で退院が早いなど、比較的筋肉量が保たれていたことが推測される。このため、REEが一般的な値となったと考えられる。一方、BIが35以下の患者は誤嚥性肺炎や骨折のため、安静臥床状態が続き、筋肉量が減少していたためREEが低くなったと考えられる。

疾病の早期治療、早期回復には栄養状態の改善が必須であるが、ADLの低下によって筋肉量が減った入院高齢患者では推定式によるBEEから必要エネルギー量を求めると誤差が大きくなる可能性が考えられる。早急に高齢傷病者に使用できる必要エネルギー推定式の開発や汎用されている推定式からの換算法などが確立されなければならない。

近年、急性期からの早期リハビリテーションが推奨され、早期退院のために如何にADLを維持できるかが栄養ケアのポイントとなっている。このADLの指標として本研究でも用いたBIは広く使われ、特に高齢者の栄養アセスメントに適している¹⁴⁾。高齢者が多くなった入院患者の栄養評価の必須項目として今後、BIを加えるべきである。また、その際にはBIを用いてBEEを調整することにより、正しい必要エネルギー量が求められることができれば、臨床栄養管理の点から極めて意味深い。そのために、今後は本研究の症例数を増すとともに、他の栄養評価項目及び病態などとREEの関係を明らかにすることが必要である。

【結論】

入院中の高齢患者のREEを測定し、既存の推定式と比較したところ、BIが高い場合は、 $REE = \text{算出したBEE} \times 1.1 \sim 1.2$ と予測値に近い値となった。一方、BIが低い場合は算出したBEEよりREE実測値の方が低く、従来どおりの推定式をそのまま用いることは望ましくない。このため、入院高齢患者においては、必要エネルギー量の設定にはADLを十分に考慮する必要がある。

【参考文献】

- 1) 葛谷雅文, 高齢者の栄養管理総論, 静脈経腸栄養 2007, 22(4), 433-437.
- 2) 厚生労働省, 日本人の食事摂取基準(2010年版)(日本人の食事摂取基準策定検討委員会報告書) 2009.
- 3) Harris, J.A., Benedict F.G., A Biometric Study of Human Basal Metabolism. Proc Natl Acad Sci U S A., 1918, 4(12), 370-373.
- 4) 宮澤靖, 各種病態におけるエネルギー, 基質代謝の特徴と、至適エネルギー投与量(高齢者および長期臥床患者), 静脈経腸栄養, 2009, 24(5), 1065-1070.
- 5) 栗原美香, 岩川裕美, 丈達知子他, 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2007, 22(3), 329-335.
- 6) Ganpul A.A., Tanaka S, Ishikawa-Takata K. et al., Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. Eur J Clin Nutr, 2007, 61(11), 1256-1261.
- 7) 寺島秀夫, 只野惣介, 大河内信弘, 各論 周術期を含め侵襲下におけるエネルギー投与に関する理論的考え方～既存のエネルギー投与量算定法からの脱却～, 静脈経腸栄養, 2009, 24(5), 1027-1046.
- 8) 雨海照祥, 毛利健, エネルギー必要量の算定の根拠, 医学のあゆみ, 2004, 209(5), 273-278.
- 9) 若林秀隆, 高齢者の廃用症候群の機能予後とリハビリテーション栄養管理, 静脈経腸栄養, 2013, 28(5), 1045-1049.
- 10) Weir J.B., New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism, J Physiol., 1949, 109(1-2), 1-9.
- 11) 田中茂穂, 総論 エネルギー消費量とその測定方法, 静脈経腸栄養, 2009, 24(5), 1013-1019.

- 12) Mahoney F.I., Barthel D.W., Functional evaluation: the Barthel Index, Md. State. Med.J., 1965, Feb, 14, 61-65.
- 13) 細谷憲政, 今なぜエネルギー代謝か, 東京, 第一出版, 2000.
- 14) Furuta M, Komiya-Nonaka M, Akifusa S, et al, Interrelationship of oral health status, swallowing function, nutritional status, and cognitive ability with activities of daily living in Japanese elderly people receiving home care services due to physical disabilities., Community Dent Oral Epidemiol. 2013, 41(2), 173-181.

Abstract

Influence of the activities of daily living on resting energy expenditure in hospitalized elderly patients

Takako Masuda(Kitano)*, **, Takayoshi Tsukahara*, Chika Toyofuku, Yuko Shima**, Kimiko Hibino**, Hisao Suda** and Motoji Kitagawa***

Providing optimal nutrition to each patient is important in acute care, yet no method has been developed for calculating the adequate nutritional requirements of Japanese elderly patients. We use a general equation to estimate for adults unwillingly. However, basal energy expenditure (BEE) may decrease in the hospitalized elderly patients because of the decrease of the muscle mass and the depression of the activities of daily living (ADL). Therefore, we measured resting energy expenditure (REE) in elderly patients by indirect calorimetry and examined influence of the ADL.

Subjects were 7 men and 1 woman aged 75–91 years who were admitted to our hospital. Also, we compared REE with BEE (BEE-HB), which was calculated using the Harris-Benedict equation. We used the Barthel Index (BI) as an index of ADL.

REE of the hospitalization elderly patient were 17.6–25.3 kcal/kg/day. Ratio of REE and BEE-HB was 0.87–1.36 and this difference was related to BI. In patients with BI=100, REE agreed with the standard resting energy requirement (REE=1.1~1.2×BEE). However, REE was less than BEE in patients with BI≤35.

These results suggest that the ADL of elderly patients affects REE. Acute care workers should consider this factor when assessing the energy requirements of hospitalized elderly patients with BI≤35.

Keywords: elderly patients, indirect calorimeter, resting energy expenditure, activities of daily living (ADL)

* Graduate School of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences
** Nagoya City East Medical Center