2019 年度名古屋学芸大学健康・栄養研究所　研究・実践報告

■研究・実践の課題（テーマ）

日本人高齢者における適切なエネルギー消費量推算式の作成

■主任研究者　塚原丘美

■共同研究者　川瀬文哉

■研究・実践の目的、方法、結果、考察や提案等の概要

【背景・目的】臨床現場での栄養管理においてエネルギー投与量を決定する際に，安静時エネルギー消費量（REE）を推定するため Harris-benedict（HB）の式や体重に 30kcal を乗ずる簡易式が広く用いられている．しかし, HB 式は 1919 年に米国若年成人を対象として求められた式であり日本人健康高齢者においては過大傾向であることが報告されている [1]．また, 入院低栄養患者においても HB 式などの現在利用可能な予測式では十分な REE の推定はできないことが示されており [2], 多くの医療機関でこれらの推定式を利用して栄養管理が実施されているものの科学的妥当性に基づくものではない．また ESPEN ガイドラインでは高齢者の REE を体重当たり 25kcal/日としたうえで, そうエネルギー消費量として体重あたり 30kcal/日程度とするべきと記載されている [3]．しかしながら個々の栄養・疾患の状態で調整し，体重などのモニタリングをすべきと記載されており，科学的妥当性よりむしろ臨床での実用性を重要視している．特に細かなモニタリングが実施できない在宅療養の場面では間違った栄養量の設定により，健康寿命への悪影響も懸念される．このような実情がありながら，他の栄養素と比較しても安静時エネルギー消費量に関する先行研究は乏しく，科学的根拠に基づかない不適切な栄養管理が蔓延している．また一方で，年齢が 60 歳以上では REE に性差が無くなるとの報告や [4], 加齢により減少する REE が体組成の変化だけでは説明できないなどの報告もあり [5], 高齢入院患者の REE に関する基礎データの蓄積も乏しい．そこで本研究では，適切な栄養管理を実施するうえで最も重要となるエネルギー投与量の目安を求めることを目的に，日本人高齢入院患者に対して間接熱量測定を行い，在宅でも利用可能な安静時エネルギー消費量を推定するための推算式の算出を行った．【方法】研究参加の同意が得られた 70 歳以上の高齢入院患者を対象に，エアロモニタ AE300S（ミナト医科学）を使用して間接熱量測定法にて測定した．また身長，体重，認知機能，四肢骨格筋指数，身体計測値（AC, TSF, AMC, AMA, CC），握力，歩行速度，椅子起立テスト, SARC-F, FIM, IDDSI-FDS に関する評価を行った．また，血液生化学検査（CBC，血液像 5 分画，TP, Alb, AST, ALT, ALP, LD, γGT, ChE, CK, Na, K, Cl, BUN, Cre, UA, TC, HDL-C, LDL-C, TG, Glu, HbA1c, CRP, eGFR, WBC, RBC, Hb, Ht, PLT, 血清 25-Hydroxyvitamin D, NT-proBNP, シスタチン C）を実施した．最終的な目標症例数は 150 名とし，在宅でも利用可能な安静時エネルギー消費量の推算式を作成する．【結果】測定を終了した 7 名に関して解析を実施した．GLIM 基準において 4 名が Moderate Malnutrition, 3 名が Severe Malnutrition と判断された(表-1).年齢は(平均値±標準偏差で示す)90.1±4.5 歳であり，体重あたりの REE は 24.1±3.7kcal/Bw/day で, BMI は 19.7±3.1kg/m^2, SMI は 3.7±1.6kg/m^2 であった(表-2 A). 25-OH ビタミン D は 13.5±5.0ng/mL でありすべての対象者がビタミン D 欠乏状態と考えられた(表-2 C). また，実測値の REE と HB および栄研式で求めた基礎代謝量の比較では，実測値と REE で有意な差はなく，栄研式では有意に低い値を示した(図-1) ．また，先行研究と合わせた 25 名のデータを用い，一般化線形モデルを用いて在宅でも利用可能な変数でモデルの作成を試みた．その結果，身長と体重のみのモデルが最も AIC が低いことが示された(表-3). また，身長で調整をした REE と体重の偏残差プロットを示す(図-2). 体重と身長の変数を投入した一般化線形モデルの診断では，残差の QQ プロットにおい

て正規性が示唆された (図-3).【考察】体重あたりの REE は以前から報告された値と大きな差はなかった．一般化線形同様の検討により対象者を増やすことによって，より良いモデルが得られる可能性が高いことが考えられた．【今後の展望】測定対象者を増やし検討を行うことによって，より妥当性の高い推算式が得られる可能性が示唆されたため，早急に目標症例数の測定を実施する．

表-1 対象者属性

項目	人数	項目	人数	項目	人数
性別		CCI		AWGS2019基準	
女性	7	1点	2	Severe sarcopenia	7
IDDSI-FDS		2点	2	GLIM基準	
3点	1	3点	3	Moderate Malnutrition	4
5点	1	SARC-F		Severe Malnutrition	3
6点	1	4点	3		
8点	4	5点	1		
FOIS		9点	1		
Level 4	1	10点	2		
Level 5	2	Fried基準			
Level 7	4	3点	4		
		4点	3		

表 2 対象者属性

(A)

変数	平均値	標準偏差	パーセンタイル値				
			0%	25%	50%	75%	100%
年齢（歳）	90.1	4.5	87.0	88.0	88.0	90.0	100.0
身長（cm）	139.0	7.4	127.0	134.0	141.0	144.0	146.0
体重（kg）	38.4	8.8	27.2	32.4	40.6	42.1	52.0
AC（cm）	21.7	3.7	16.5	19.5	21.5	24.2	26.5
TSF（mm）	6.9	4.9	2.0	2.5	6.0	10.5	14.0
AMC（cm）	19.6	2.4	15.9	18.3	19.9	21.2	22.1
AMA（cm2）	30.8	7.2	20.1	26.9	31.4	35.9	38.9
CC（cm）	27.0	4.4	20.8	23.8	28.5	29.5	33.0
BMI（kg/cm2）	19.7	3.1	16.2	17.9	19.5	20.7	25.4
ALM（kg）	7.3	3.5	1.9	5.2	8.1	9.8	10.7
SMI（kg/cm2）	3.7	1.6	1.1	2.8	3.9	4.9	5.2
推定SMI（kg/cm2）	4.1	1.0	2.6	3.5	4.3	4.5	5.4
MNA-SF（点）	7.0	2.8	3.0	5.5	7.0	8.5	11.0
MMSE（点）	19.4	8.1	11.0	11.0	21.0	26.0	28.0
REE（kcal/日）	901.0	104.0	805.0	830.0	861.0	938.0	1102.0
REE/体重（kcal/Bw/日）	24.1	3.7	20.8	21.7	22.8	26.1	29.6
BEE-HB（kcal/日）	857.0	108.0	683.0	801.0	892.0	911.0	1001.0
BEE-栄研（kcal/日）	687.0	146.0	461.0	600.0	752.0	762.0	872.0

推定SMI = $(0.193\times bw+0.107\times ht-4.157\times 2-0.037\times age-2.631)\div(ht\div 100)^2$

（Asia Pac J Clin Nutr. 2011;20(4):551-6.）[14]

(B)

変数	平均値	標準偏差	パーセンタイル値				
			0%	25%	50%	75%	100%
TP（g/dL）	6.3	1.2	4.9	5.3	6.3	7.1	7.9
Alb（g/dL）	3.0	0.8	1.7	2.7	3.4	3.5	3.7
AST（IU/L）	22.0	12.8	9.0	15.2	17.0	27.0	44.0
ALT（IU/L）	15.5	8.3	6.0	10.2	14.5	18.8	29.0
ALP（IU/L）	272.0	62.6	186.0	251.0	263.0	286.0	377.0
LD（IU/L）	234.0	77.7	147.0	188.0	212.0	281.0	353.0
γ-GT（IU/L）	19.3	6.9	12.0	16.2	17.5	20.2	32.0
ChE（IU/L）	190.0	80.1	81.0	131.0	212.0	238.0	285.0
CK（IU/L）	66.7	57.9	19.0	23.2	41.0	108.0	151.0
Na（mmol/L）	134.0	4.8	129.0	130.0	134.0	137.0	141.0
K（mmol/L）	4.0	0.8	3.3	3.5	3.8	4.4	5.5
Cl（mmol/L）	97.5	4.7	92.0	93.5	98.0	101.0	103.0
BUN（mg/dL）	18.4	10.0	10.2	10.8	14.1	25.5	33.3
Cre（mg/dL）	0.77	0.58	0.33	0.47	0.53	0.78	1.89
シスタチンC（mg/L）	1.31	0.61	0.87	0.93	1.10	1.33	2.50
UA（mg/dL）	4.8	1.2	3.3	3.8	4.8	5.4	6.6
TC（mg/dL）	166.0	71.6	98.0	116.0	155.0	184.0	294.0

(C)

変数	平均値	標準偏差	パーセンタイル値				
			0%	25%	50%	75%	100%
TG（mg/dL）	127.0	71.6	72.0	78.2	91.0	168.0	242.0
HDL（mg/dL）	51.2	14.4	32.0	40.8	52.0	63.2	67.0
LDL（mg/dL）	95.2	62.4	38.0	48.0	83.0	116.0	204.0
Glucose（mg/dL）	155.0	42.2	86.0	136.0	164.0	186.0	198.0
CRP（mg/dL）	5.15	10.40	0.04	0.13	1.18	2.14	26.30
HbA1c（%）	7.2	1.7	5.2	5.9	7.2	8.2	9.5
NT-proBNP（pg/ml）	1468.0	1077.0	215.0	748.0	1412.0	1846.0	3249.0
eGFR-cre（ml/min/1.73m^2）	75.1	39.1	19.6	54.1	79.7	89.4	133.0
eGFR-cys（ml/min/1.73m^2）	50.3	19.4	18.4	42.3	52.2	65.4	70.2
WBC（/μL）	12797.0	7491.0	5830.0	9275.0	10810.0	12698.0	27240.0
RBC（/μL）	396.0	43.0	336.0	370.0	396.0	424.0	452.0
Hb（g/dL）	11.6	1.2	10.0	10.8	11.9	12.5	13.0
Ht（%）	139.0	7.4	127.0	134.0	141.0	144.0	146.0
PLT（/μL）	25.5	11.9	7.8	20.5	25.9	30.4	42.9
MCV（fL）	85.9	9.0	74.6	81.9	85.8	86.7	102.0
MCH（pg）	29.2	3.3	23.0	29.4	29.8	30.1	32.9
MCHC（%）	34.0	2.0	30.9	32.8	34.7	35.0	36.3
25-OHビタミンD（ng/mL）	13.5	5.0	5.1	11.8	14.0	16.6	19.3

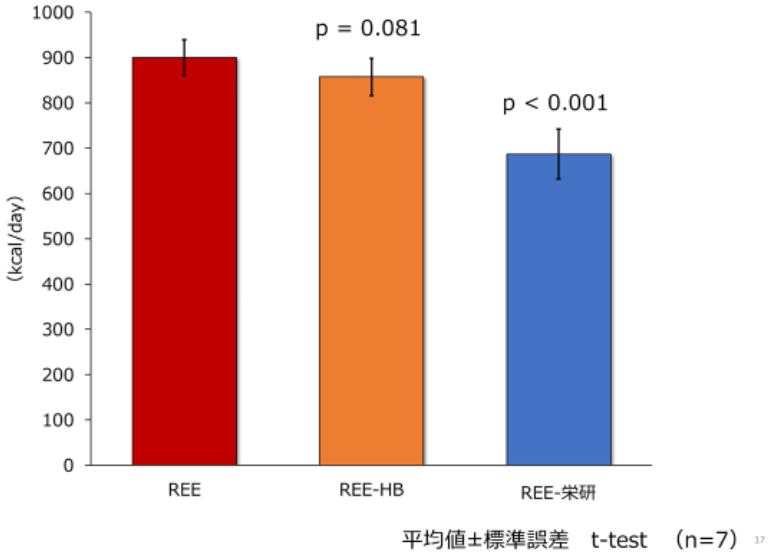

図-1 REE 実測値と各種予測式による予測基礎代謝量との比較

表-3 REE を推定するための一般化線形モデル

	Model 1			Model 2			Model 3	
	β	SE		β	SE		β	SE
(Intercept)	1507.02	789.94		746.15	1162.68		1428.62	1413.04
体重	19.82	5.44	**	19.50	5.48	**	51.62	37.71
身長	-9.94	6.30		-8.81	6.45		-9.20	6.51
年齢				6.69	7.47		1.27	9.81
推定SMI							-336.40	390.62
AIC	332.56			333.62			334.71	
BIC	337.43			339.71			342.02	

一般化線形モデル　*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05

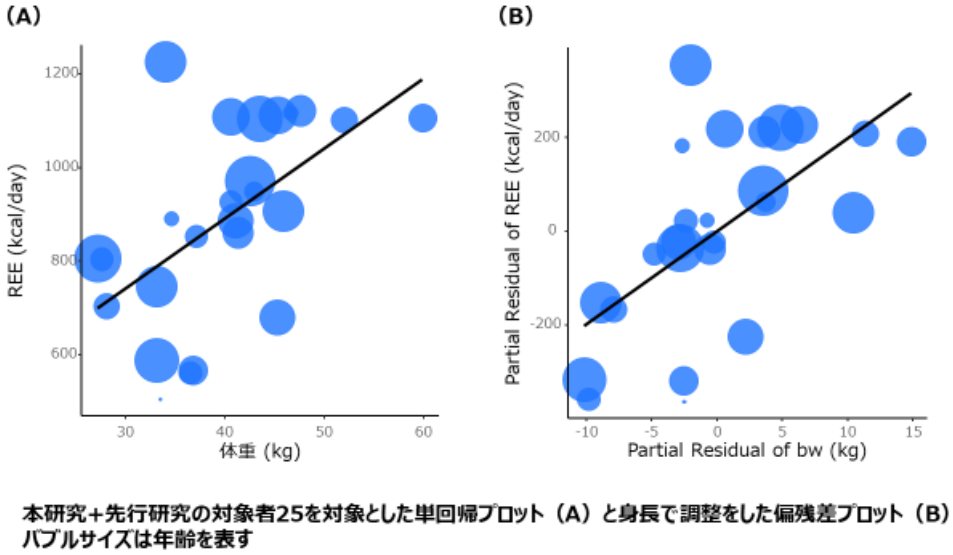

図-2 REE と体重のプロット(A)と偏残差プロット(B).
（身長で調整後，バブルサイズは年齢を示す.）

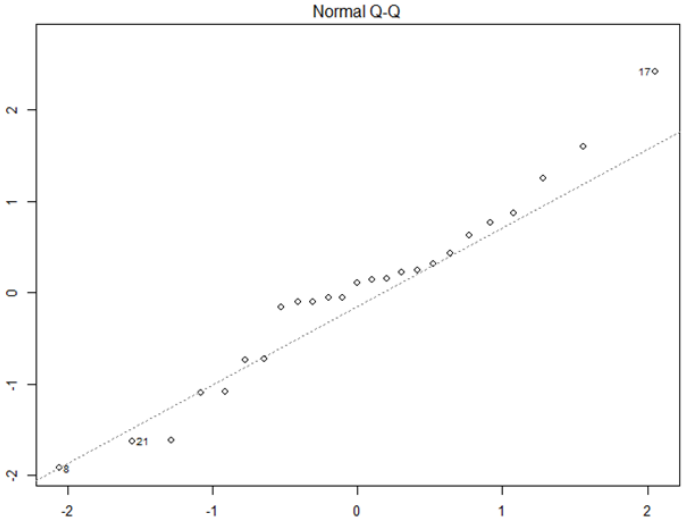

図-3 REE を予測する一般化線形モデルから得られた残差の Q-Q プロット.

【参考文献】

1. Miyake RM, Tanaka ST, Ohkawara K, Al. E. Validity of Predictive Equations for Basal Metabolic Rate in. *J Nutr Sci Vitaminol*. 2011;57:224-232.

2. Neelemaat F, van Bokhorst - de van der Schueren MAE, Thijs A, Seidell JC, Weijs PJM. Resting energy expenditure in malnourished older patients at hospital admission and three months after discharge: Predictive equations versus measurements. *Clin Nutr*. 2012;31(6):958-966. doi:10.1016/j.clnu.2012.04.010

3. Volkert D, Beck AM, Cederholm T, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clin Nutr*. 2019;38(1):10-47. doi:10.1016/j.clnu.2018.05.024

4. Gaillard C, Alix E, Sallé A, Berrut G, Ritz P. Energy requirements in frail elderly

people: A review of the literature. *Clin Nutr*. 2007;26(1):16-24. doi:10.1016/j.clnu.2006.08.003

5. Krems C, Lührmann PM, Straßburg A, Hartmann B, Neuhäuser-Berthold M. Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to changes in body composition. *Eur J Clin Nutr*. 2005;59(2):255-262. doi:10.1038/sj.ejcn.1602066