

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

臨床と研究 (1989.07) 66巻7号:2060～2064.

最近の輸液療法の実際
栄養状態の評価

羽田勝計, 吉川隆一, 繁田幸男

◆◆◆ 特集 — 最近の輸液療法の実際 — ◆◆◆

栄 養 状 態 の 評 価

羽 田 勝 計 吉 川 隆 一* 繁 田 幸 男**

は じ め に

栄養状態の異常としては、栄養過剰状態としての“肥満”および栄養欠乏状態としての“るいそう”があげられる。このうち“肥満”は虚血性心疾患や糖尿病を含む種々の疾患の危険因子として非常に重要ではあるが、輸液療法あるいは栄養輸液という観点からみると、むしろ“るいそう”のほうが重要である。従って、本稿では主に“るいそう”の評価について概説したい。

I. Protein-energy (calorie) malnutrition とその病態生理

栄養欠乏状態は各栄養素に付いて単独でも起こり得るが、通常栄養状態の評価という意味からは複合欠乏状態が問題となる。特に、蛋白質およびカロリーの欠乏が重要であり、一般に protein-energy malnutrition あるいは protein-calorie mal-

nutrition とよばれている。発展途上国の小児にみられる Marasmus や Kwashiorkor がその典型例であるが、成人においても種々の原因により protein-energy malnutrition が起こり得る。

Protein-energy malnutrition の病態生理においては内分泌・代謝の変化が主役を演じており、生体内脂肪および蛋白質の異常減少、特に脂肪分解による体重減少が生ずる。通常非肥満者 (70kg) でも脂肪組織に中性脂肪として約135,000カロリー、肝臓にグリコーゲンとして250~300カロリー、筋肉にグリコーゲンとして450~500カロリーの蓄積があるといわれている¹⁾が、これらが急速に減少していくことになる。栄養欠乏(飢餓)状態における各種ホルモンの変化には報告により必ずしも一致していない部分はあるが²⁾、主なものを敢えてまとめると以下ようになる。

①インスリン基礎分泌および刺激(糖, アミノ酸など)に対する反応の低下。

表 1 飢餓とストレス状態(外傷, 大手術など)の比較

	飢 餓	ストレス状態
代謝率	低 下	上 昇
体重減少	緩 徐	急 速
エネルギー	殆んど全て脂肪より	80%脂肪 残りは蛋白質より
窒素の loss	減 少	増 加
ホルモ ン {カテコールアミン グルカゴン コルチゾール 成長ホルモン	初期軽度上昇 その後緩徐に低下	上 昇
インスリン	低 下	上 昇 (インスリン抵抗性あり)
水・電解質	初期に喪失 後に保持	保持 (retention)

(文献⁴⁾より引用)

②ゲルカゴン, コルチゾール, カテコールアミンの上昇。

③ソマトメディンの低下および成長ホルモンの上昇。

④末梢, 特に肝臓における T_4 から T_3 への転換の低下。

飢餓状態においてはこれらホルモンの変化に基づき, まず中枢神経系の主たるエネルギー源であるブドウ糖を確保する方向に代謝が進む。まず, 肝臓でグリコーゲンが分解されるがこれは約12時間程度で枯渇する。次いで, 脂肪組織の中性脂肪分解により生ずるグリセロールおよび筋肉の蛋白異化で生ずるアミノ酸 (特にアラニン³⁾) が肝臓でブドウ糖に転換される。しかし, 飢餓状態が長期にわたると生命維持に必要な蛋白質を保持する

ため蛋白由来の糖新生は減少し, エネルギー源としての脂肪分解がより亢進する。中枢神経系はエネルギー源としてケトン体を利用するようになる。

以上は主に飢餓状態に起因する malnutrition の病態生理であるが, 外傷・手術・重症感染症などの強いストレスに起因する場合は若干異なった反応を呈する (表1)⁴⁾。

II. Protein-energy malnutrition の評価

前述の病態生理から, 栄養状態の評価には脂肪量および蛋白量の測定が重要であることは容易に推測されるが, これらの正確な測定は一般臨床上困難である。それ故, これらを簡便な測定から類

表 2 日本人の皮下脂肪厚の平均値および標準偏差

年 齢 (歳)	上 腕 伸 展 部 (mm)			肩 甲 骨 下 端 部 (mm)			上腕伸展部+肩甲骨下端部(mm)			
	人 数	平均値	標準偏差	人 数	平均値	標準偏差	人 数	平均値	標準偏差	
男	15	127	10.43	5.01	127	10.50	4.87	129	20.94	9.05
	16	119	12.86	7.62	119	11.94	6.49	119	24.80	13.18
	17	106	11.92	5.81	106	12.09	5.12	106	24.01	9.91
	18	99	11.66	5.99	99	11.99	4.97	99	23.65	10.05
	19	65	11.54	5.57	65	13.05	6.23	65	24.58	10.87
	20	43	11.98	5.98	43	13.14	5.48	43	25.12	10.16
	21	58	12.21	6.57	58	13.47	6.23	58	25.67	12.03
	22	59	11.56	6.81	59	12.75	6.48	59	24.31	12.72
	23	59	11.49	5.46	59	13.31	5.59	59	24.80	10.46
	24	70	10.86	6.26	70	14.07	6.69	70	24.93	11.83
	25	54	10.46	5.67	54	13.13	5.71	54	23.59	10.49
	26 ~ 29	248	11.58	6.33	248	14.08	6.57	248	25.67	11.63
	30 ~ 39	1,038	11.94	6.52	1,038	15.40	7.01	1,038	27.34	12.30
	40 ~ 49	908	11.46	5.98	908	15.57	6.14	908	27.03	10.78
50 ~ 59	905	11.64	6.50	905	15.95	6.89	905	27.59	12.09	
60 ~ 69	698	10.75	6.18	698	14.54	6.66	698	25.28	11.58	
70歳以上	470	9.59	5.30	470	12.53	5.82	470	22.12	10.09	
女	15	120	17.43	6.08	120	16.04	6.08	120	33.47	11.35
	16	90	17.68	6.10	90	16.52	5.31	90	34.20	10.28
	17	99	17.73	6.00	99	17.69	6.51	99	35.41	11.55
	18	92	16.88	5.90	92	16.37	6.67	92	33.25	11.56
	19	69	17.25	4.99	69	16.74	6.22	69	33.99	10.15
	20	47	14.72	3.89	47	14.34	4.53	47	29.06	7.47
	21	69	18.26	7.93	69	17.81	8.49	69	36.07	15.80
	22	72	16.25	6.02	72	15.71	6.04	72	31.96	11.32
	23	63	16.73	7.12	63	14.95	6.11	63	31.68	12.62
	24	62	17.10	7.15	62	15.92	6.90	62	33.02	13.02
	25	81	16.63	7.35	81	17.69	7.82	81	34.32	14.61
	26 ~ 29	351	16.77	6.43	351	16.73	7.05	351	33.51	12.60
	30 ~ 39	1,533	18.37	6.54	1,533	18.84	7.67	1,533	37.21	13.19
	40 ~ 49	1,271	19.78	6.87	1,271	21.12	7.81	1,271	40.90	13.51
50 ~ 59	1,238	19.31	7.07	1,238	21.08	8.37	1,238	40.39	14.06	
60 ~ 69	894	18.15	6.90	894	19.72	8.35	894	37.87	14.15	
70歳以上	645	15.01	6.77	645	15.82	7.02	645	30.83	12.75	

(文献⁵⁾より引用)

推する以下の方法が繁用されている。

1. 身体計測

1) 体重

最も簡便で繁用されている方法であり特に解説の必要はないが、前体重、標準体重あるいは標準体重・身長比との比較が必要である。通常、生命維持には標準体重の48~55%の体重が最低必要であるといわれている。

2) 脂肪量の測定

脂肪量は、①皮下脂肪厚の評価、②四肢脂肪容積の評価、③全脂肪量 (total body fat) の評価のいずれかにより評価できる。皮下脂肪厚 (skinfold thickness) は計器により簡便に測定できる。上腕伸展部 (triceps), 屈曲部 (biceps), 肩甲骨下端部 (subscapular), 腸骨上端部 (suprailiac), 大腿部 (thigh), 下腿部 (calf) の皮下脂肪厚を測定するが、上腕伸展部が最もよく測定され (triceps skinfold thickness : TSF), しかも利き腕と反対側が推奨されている。日本人の上腕伸展部および肩甲骨下端部の皮下脂肪厚の正常値⁵⁾を表2に示す。四肢脂肪容積は、例えば上腕部であれば TSF (cm) および上腕囲 (midarm circumference : MAC, cm) から以下の式により算出される⁶⁾。

$$\text{arm fat area (cm}^2\text{)} = (\text{MAC} \times \text{TSF}) / 2 - (\pi \times \text{TSF}^2) / 4$$

また、全脂肪量は4箇所の皮下脂肪厚より表3

表 3 体内全脂肪量の算出法

1. 4ヶ所(上腕伸側・屈側・肩甲骨下端部・腸骨上端部)の皮下脂肪厚を測定(mm)し、その合計をAとする。
2. 年齢、性別に従い下記の式にてbody density (D : g/ml) を計算する。
(男性)
 年齢
 17-19 D = 1.1620 - 0.0630 × log A
 20-29 D = 1.1631 - 0.0632 × log A
 30-39 D = 1.1422 - 0.0544 × log A
 40-49 D = 1.1620 - 0.0700 × log A
 50以上 D = 1.1715 - 0.0779 × log A
 (女性)
 年齢
 17-19 D = 1.1549 - 0.0678 × log A
 20-29 D = 1.1599 - 0.0717 × log A
 30-39 D = 1.1423 - 0.0632 × log A
 40-49 D = 1.1333 - 0.0612 × log A
 50以上 D = 1.1339 - 0.0645 × log A
3. 全脂肪量 (fat mass, kg) = 体重(kg) × $\frac{4.95}{D}$ - 4.5
4. 非脂肪量 (FFM, kg) = 体重(kg) - 脂肪量(kg)

(文献^{6), 7)}より引用

に示す式にて算出される⁷⁾。いずれの方法においても皮下脂肪厚の測定は必要であるが、測定誤差がかなり大きいため注意を要する。

3) 非脂肪量 (fat free mass : FFM) の測定

非脂肪量 (FFM) は体重から全脂肪量を引くことにより算出される (表3)。また、次項でも述べるが24時間尿中クレアチニン排泄量が FFM とよく相関しているといわれている。すなわち1gの尿中クレアチニンは17~20kgの総骨格筋量に相当すると報告されており⁸⁾、また尿中クレアチニンから FFM を算出する式も考案されている⁹⁾。

$$\text{FFM (kg)} = 29.08 \times \text{creatinine (g/day)} + 7.138$$

FFM はその大部分が水分と蛋白質であり、FFM から総体蛋白質量を算出できるとともに、

$$\text{総体蛋白質 (g)} = \text{FFM (g)} \times 0.195$$

基礎エネルギー消費量 (basal energy expenditure : BEE) も算出できる⁶⁾。

$$\text{BEE (kcal/day)} = \text{FFM (kg)} \times 20.8 + 471$$

このように、FFM の算出は栄養状態の評価に重要であり、また日々の変化としてとらえるべきものと考えられる。

2. 生化学的測定

1) 尿中クレアチニン

尿中クレアチニンは総体内クレアチニン量に比

表 4 標準尿中クレアチニン排泄量 (ideal urinary creatinine, mg/day)

Height (cm)	MEN*	Height (cm)	WOMEN†
	Ideal Creatinine (mg)		Ideal Creatinine (mg)
157.5	1288	147.3	830
160.0	1325	149.9	851
162.6	1359	152.4	875
165.1	1386	154.9	900
167.6	1426	157.5	925
170.2	1467	160.0	949
172.7	1513	162.6	977
175.3	1555	165.1	1006
177.8	1596	167.6	1044
180.3	1642	170.2	1076
182.9	1691	172.7	1109
185.4	1739	175.3	1141
188.0	1785	177.8	1174
190.5	1831	180.3	1206
193.0	1891	182.9	1240

(文献¹⁰⁾より引用)

* Creatinine coefficient (men) = 23 mg/kg of ideal body weight.

† Creatinine coefficient (women) = 18 mg/kg of ideal body weight.

表 5 栄養状態の評価に用いられる血清蛋白

	分子量	合成部位	正 常 値	
			mean±SD or range	半減期(日)
1. Albumin	66,000	肝細胞	4.5 (3.5-5.0) mg/dl	14-20
2. Transferrin	77,000	肝細胞	2.3 (2.0-3.2) mg/ml	8-9
3. Prealbumin	61,000	肝細胞	0.30 (0.2-0.5) mg/ml	2-3
4. Retinol-binding protein	21,000	肝細胞	0.0372±0.0073 mg/ml	0.5
5. Somatomedin C	7,400	肝細胞	0.83 (0.55-1.4) IU/ml	0.1-0.3
6. Fibronectin	440,000	肝細胞・他	血漿: 2.92±0.2 血清: 1.82±0.16 mg/ml	0.5-1.0

(文献⁶⁾より引用)

例するとともにクレアチンのほぼ全量が筋肉内に存在することから、前述のごとく24時間尿中クレアチニン排泄量は総骨格筋量のよい指標となり得る。FFMを算出するとともに、尿クレアチニン・身長比(creatinine height index: CHI)も栄養状態の評価の指標として用いられている¹⁰⁾。

$$CHI = \frac{\text{(measured urinary creatinine)}}{\text{(ideal urinary creatinine)}} \times 100$$

(ideal urinary creatinine を表4に示す)

尿中クレアチニンは一般臨床上も簡便に測定でき、栄養状態の評価には欠かせない指標であるが、腎機能にも依存しているとともに日差変動も大きいのでその解釈は慎重にしなければならない。

また摂取蛋白量も栄養状態の評価には重要であるが、これは尿中尿素窒素排泄量から以下のように概算することができる。

$$\text{摂取蛋白量} = (24\text{時間尿中尿素窒素} + 2.5) \times 6.25$$

2) 血清蛋白

血清蛋白も体蛋白の動態を反映する指標として重要である。栄養状態の評価に主に用いられる血清蛋白⁶⁾を表5に示してある。最も高頻度で測定されているのは血清アルブミンであり、ついでトランスフェリンの測定頻度が多い。両者とも栄養欠乏状態で低下するという点に関しては異論はないが、血中半減期が比較的に長いので余り短期間では著明には変化しない。その意味で表5に示す半減期の短い他の蛋白の測定も重要である。ただ、アルブミンを除いて他の血清蛋白は日常臨床ではそれほど一般的には測定されておらず、指標として繁用するには若干問題がある。そのためトラン

スフェリンに関しては通常測定する TIBC から概算する式¹¹⁾が用いられることも多い。

$$\text{Serum transferrin} = 0.8 \times \text{TIBC} - 43$$

表5に示した血清蛋白以外に、 α_1 -acid glycoprotein や C-reactive protein (CRP) などのいわゆる acute phase reactant も特に大きなストレスによる異化亢進期には指標のひとつとして用いられる¹²⁾。

なお、当然のことながらこれらの血清蛋白は種々の病態において変化するため、結果の解釈を慎重に行うべきことはいうまでもない。

3. 機能的測定

栄養欠乏は最終的に細胞・組織・器官の種々の機能の障害をきたす。心血管系、呼吸器系、消化器系など全ての組織の機能障害が生じ、また握力で代表される筋力の低下も生ずるが、もっとも重要な機能障害は免疫機能障害である。免疫機能障害は最終的に致死的な重症感染症を誘発するからである。

栄養欠乏状態の評価に主に用いられる免疫機能の指標は、①末梢血中リンパ球数の低下および②遅延過敏反応の低下である。リンパ球減少 (lymphocytopenia) は末梢血中リンパ球数 $1,000/\text{mm}^3$ 以下と定義されている。遅延過敏反応は種々の抗原に対する皮内反応を行うことにより判定する。Lymphocytopenia および anergy は予後不良のしるしである。

III. Protein-energy malnutrition の予後

Protein-energy malnutrition は放置すると図1

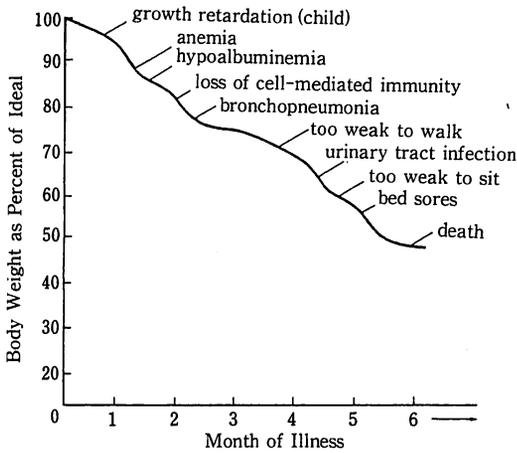


図 1 Protein-energy malnutritionの経過 (文献13) より引用)

に示すような経過をたどり最終的に死に至る¹³⁾。従って、前述の種々の方法を組合せ、栄養欠乏状態を早期にしかも正確に診断し適切な治療を行うことが肝要である。特に大手術においては術前の栄養状態が予後を左右する場合もあり、栄養状態の評価が重要な術前検査の一つに数えられる。そのために、予後を予測する式が考案されており¹²⁾

¹⁴⁾¹⁵⁾、最後にそれを紹介したい。

① Prognostic inflammatory and nutritional index (PINI)¹²⁾

$$PINI = \alpha_1\text{-AGP (mg/l)} \times \text{CRP (mg/l)} \div \text{Alb (g/l)} \div \text{TBPA (mg/l)}$$

(α_1 -AGP : α_1 -acid glycoprotein, TBPA : thyroxine-binding prealbumin)

- PINI >30 : life-risk patient
- 21~30 : high-risk patient
- 11~20 : medium-risk patient
- 1~10 : low-risk patient
- < 1 : non-infected patient

② Prognostic nutritional index (PNI)¹⁴⁾

$$PNI(\%) = 158 - 16.6 \times (\text{Alb}) - 0.78 \times (\text{TSF}) - 0.2 \times (\text{TFN}) - 5.8 \times (\text{DH})$$

(Alb : albumin, g/dl, TSF : triceps skinfold thickness, mm, TFN : transferrin, mg/dl, DH : delayed hypersensitivity, 0 = non-reactive, 1 = < 5 mm reactivity, 2 = \geq 5 mm reactivity)

- PNI \geq 50% : high-risk patient
- 40~49% : medium-risk patient
- <40% : low-risk patient

お わ り に

栄養状態は比較的簡単な検査で評価することが出来る。従って、複数の検査を組合せ正確に評価すること、およびそれらの経過を慎重に観察することが重要であると考えられる。また、病歴、診察所見が重要なことはいうまでもない。

参 考 文 献

- 1) Steffee, W.P.: Malnutrition in hospitalized patients. JAMA, 244: 2630-2645, 1980.
- 2) Becker, D.J.: The endocrine responses to protein calorie malnutrition. Ann. Rev. Nutr., 3: 187-211, 1983.
- 3) Ferig, P.: The glucose-alanine cycle. Metabolism, 22: 179-207, 1972.
- 4) Love, A.H.G.: Metabolic response to malnutrition: its relevance to enteral feeding. Gut, 27 (Suppl. 1): 9-13, 1986.
- 5) 昭和61年国民栄養調査成績, 厚生省保険医療局健康増進栄養課編, 昭和63年度版国民栄養の現況, p. 115.
- 6) Heymsfield, S.B. et al.: Nutritional assessment by clinical and biochemical methods. In Shils, M.E. & Young, V.R. eds. Modern Nutrition in Health and Disease. Philadelphia: Lea & Febiger, 817-860, 1988.
- 7) Durnin, J.V.G.A. et al.: Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br. J. Nutr., 32: 77-97, 1974.
- 8) Heymsfield, S.B. et al.: Measurement of muscle mass in humans: Validity of the 24-hour urinary creatinine. Am. J. Clin. Nutr., 37: 478-494, 1983.
- 9) Forbes, G.B. et al.: Urinary creatinine excretion and lean body mass. Am. J. Clin. Nutr., 29: 1359-1366, 1976.
- 10) Kinney, J.M.: The effect of injury on metabolism. Br. J. Surg., 54 (Suppl.): 435-439, 1967.
- 11) Blachburn, G.L. et al.: Nutritional and metabolic assessment of the hospitalized patient. J. Parent. Ent. Nutr., 1: 11-22, 1977.
- 12) Ingenbleek, Y. et al.: A prognostic inflammatory and nutritional index scoring critically ill patients. Internat. J. Vit. Nutr. Res., 55: 91-101, 1985.
- 13) Rudman, D.: Protein and energy undernutrition. In Braunwald, E. et al. eds. Harrison's Principles of Internal Medicine. New York: McGraw-Hill, 393-397, 1987.
- 14) Mullen, J.L. et al.: Prediction of operative mortality by preoperative nutritional assessment. Surg. Forum, 30: 80-82, 1979.
- 15) Dionigi, R. et al.: Nutritional assessment and severity of illness classification system: A critical review on their clinical relevance. World J. Surg., 10: 2-11, 1986.