老人ならびに児童の低栄養に対する適応に関する研究

Studies on the Physiological Adaptation to Low Caloric Diet in the Aged and Children.

(第1報) 低栄養老人のエネルギー代謝と蛋白代謝

1. On the Energy and Protein Metabolism of the Aged under Prolonged Dietary Deficit.

(昭和 34 年 9 月 15 日受理)

吉 川 一 弥
(Kazuya Yoshikawa)

The relation between the physiological functions and the dietary deficit was investigated on the aged male subjects residing in the old people's home.

The daily caloric and protein intakes of the subjects were found to be about 1600 Cal and about 55 g, respectively in average, and the average ratio of intakes to the dietary allowances was estimated as 73% in calorie and 78% in protein.

On account of the food energy deficit, the daily activity was diminished remarkably and the basal heat production was also lowered to 28.6 Cal/m²/hr in average. This was the reason why the energy balance could be kept on zero level. In parallel with the decreasing of the basal metabolism, the urinary creatinine excretion was reduced notably, and the hypoproteinemia was also detected. In contrast to these functional troubles, the loss of body weight was not revealed, which was the important symptom in the case of the adult human starvation.

From these results it was concluded that the physiological adaptation to the low caloric diet in the aged was based mainly on the decrement of the basal and protein metabolism.

低栄養の状態におかれた場合生体にどのような変化があらわれるかについてはすでに数多くの研究がある。なかでも Benedict¹⁾あるいは Keys²⁾らの青年についての長期減食試験成績、またわが国では高比良³⁾の断食研究などは貴重な資料として有名である。さらに今次大戦によつて栄養失調症が多発し、わが国におけるこの分野の研究にいちじるしい進歩をもたらした^{4) 5) 6) 7) 8)}。かくて現在低栄養時の生体の形態的、機能的あるいは病理解剖学的な諸変化についての知識はすこぶる広汎豊富なものとなっている。

ところで飢餓あるいは栄養失調症にいたらない程度の低栄養状態、たとえば食餌量が理論的所要量に達しないという意味での相対的低栄養状態は、Wiehl⁹⁾が米州の勤労者にすらその該当者を見出しているように、時代、国家のいかんを問わずつねに当面する問題である。しかもこうした軽度の低栄養がながくつづくと、生体にはその低栄養レベルに応じた定常状態が成立するわけであつて、この定常状態成立の適応過程を明かにすることに強

い関心がよせられるのである。しかしこうした立場からの研究は案外少なく、わずかに Keys²⁾あるいは吉村¹⁰⁾が青年あるいは成人を対象として、低栄養に対する生体の適応過程を系統づけようとした試みを行っているにすぎない。

さて低栄養に関する従来の研究対象はすべて青壮年期限られており、成長期あるいは老年期を対象としたものはきわめて少ない。ただ成長期の場合については、最近いちじるしく関心が高まり、FAO および WHO がとくに研究班を組織して Kwashiorkor (小児蛋白欠乏症)の組織的研究にのり出しているが^{11) 12)}、老人の場合の研究は皆無といつてよいほど少ない。そこで筆者は老人と児童について、低栄養に際してあらわれる適応過程をおもにエネルギー代謝と蛋白代謝の面から明かにしようと考えた。すなわち対象を養老院老人および養護施設収容児童などいづれも現在の社会層において相対的低栄養状態にあると思われる中からえらび、まずその低栄養水準を決定したのち、その影響が体位あるいは生理機能

にどのように現われるかを検討した。そのうち児童についての成績は第2報にゆずり、第1報として老人の場合の成績について報告する。

実 験 方 法

対象と実験期間：大阪府下 A, B の2養老院に収容されている健康な老人のうちから、別に報告した食餌調査成績¹³⁾にもとずいて、低栄養の状態にある被検者10名(男性、平均年齢69才、最低65才、最高74才)をえらんだ。対照は中流階級の一般居宅老人12名(男性、平均年齢63才、最低60才、最高67才)である。このほか同じく養老院老人男性11名についても諸検査を行った。実験期間は1955年6月中の1ヶ月間である。なお対象老人の施設収容期間は最低1ヶ年であり、その生活に充分馴れていたことを附言する。

食餌調査：低栄養老人の1日食餌摂取量は施設給与食餌量と補食量とを調査して決定した。すなわちA, B両施設で連続3日間宛の実測結果にもとずいて1人1日当り平均食餌量を決定し、一方補食は書込み調査により推定値を求めた。

1日消費熱量の決定：低栄養老人9名、他に正常状態にある施設老人4名計13名について、1日宛被検者1名につき調査員1名を配して正確な生活時間調査を行った。そして1日生活行動内容を明かにするとともに、各人の実測基礎代謝値および各動作のR・M・R文献値¹⁴⁾を適用して1日消費熱量を計算した。

基礎代謝量：午前4時から6時までの早朝目をさましたまま床の中で安静に臥せっている条件で測定した。採気はDouglas-bag法、ガス分析は労研式分析器を用いた。なお測定は連続2日間実施し、その平均値を代表値としたが、ときには3ないし4日間連続測定をくりかえして成績をたしかめた場合もある。

血液検査：採血は呼吸採集後の基礎条件で1ないし2回実施した。すなわち耳朶採血によつてヘモグロビン濃度(Sahli法)、赤血球数、白血球数を、また肘静脈採血によつて全血および血清比重(硫酸銅法)、血清蛋白濃度(Kjeldahl法)を測定した。つぎに比重値からヘマト

クリット値、ついで血色素係数、容積係数を算出した。なお血清蛋白濃度は窒素濃度に6.55を乗じて求めたが、あらかじめ残余窒素量は一律に20mg/dlと仮定して差引いた。

尿中総窒素量およびクレアチニン排泄量の測定：午前8時を界とした1日全尿を3日間連続採集し、1日全窒素排泄量(Kjeldahl法)、およびクレアチニン排泄量(Folin改良法¹⁵⁾)を測定した。またこの尿について糖、蛋白、ウロビリノーゲンの定性試験を行った。

身体計測その他：早朝空腹時をえらんで体重、脈搏数、呼吸数および血圧などを測定した。また昼食前に握力、肺活量などの体力検査を実施した。

実 験 成 績

A. 低栄養老人の食餌摂取量

まず対象低栄養老人が施設給食から摂っている食餌量を第1表に示した。これは6日間調査成績の平均値を示したものであるが、この値は施設の年間給養資料あるいは1日平均55円という当時の食餌費などから考えて、妥当な平均給食量を示したものとみなすことができる。また書込み調査による補食量は1日平均約50 Cal程度であつた。

したがつて筆者の対象とした低栄養老人は1日当り熱量約1600 Cal、蛋白質約55g(動物性、約20%)を摂取しているにすぎないのである。ところで資源調査会食糧部会で決定した60～70才の老人の栄養所要量は2200 Cal、熱量蛋白質70gである¹⁶⁾。したがつて対象老人は熱量で約27%、蛋白質で約20%不足していることとなり、これにともなつてカルシウム、ビタミンAおよびB₂なども当然所要量に充たない。すなわち対象老人は特定栄養素のみの欠乏ではなく、食餌量そのものの不足の状態、すなわち低栄養の状態におかれていることが分るのである。また60～70才の老人の標準体位とその栄養所要量とから、単位体表面積当り所要熱量と単位体重当り蛋白所要量とを求め、これを対象老人のそれと比較すると、これは第2表のようになり、摂取不足は蛋白質でかなり消却されるが、熱量ではやはり20%にもおよんで

第1表 低 栄 養 老 人 の 給 養 食 餌 量

(1人1日当り)

	熱量 (Cal)	蛋白質 (動物性%) (g)	脂質 (g)	糖質 (g)	無 機 成 分			ビ タ ミ ン				
					NaCl (g)	Ca (mg)	Fe (mg)	A (I.U.)	B ₁ (mg)	B ₂ (mg)	Niacin (mg)	C (mg)
全平均値	1,520	53.7 (21.6)	14.7	298.1	13.8	277	18	2394	1.10	0.54	19.4	55

注. 調査6日間の平均値を示す。

第2表 熱量と蛋白質の単位体表ならびに体重当り摂取量

	身長 (cm)	体重 (Kg)	体表 (m ²)	総摂取量		単位当り熱量摂取量		単位体重当り 蛋白摂取量 (g/Kg)
				熱量 (Cal)	蛋白質 (g)	体表当り (Cal/m ²)	体重当り (Cal/Kg)	
低栄養老人	153.3	45.3	1.407	1,600	55	1137	35.3	1.21
標準	157.5	53.7	1.543	2,200	70	1426	41.0	1.30

注 1) 食糧資源調査会資料による標準体位と栄養所要量を示す。

第3表 基礎代謝量

	例 数	年齢 (年)	体表面積 (m ²)	呼吸 数	呼吸量 (l/分)	O ₂ 消費量 (cc/分)	呼吸商	基礎代謝量			
								Cal/日	Cal/m ² /hr		
									平均	不偏分散	変動範囲
低栄養老人	10	69	1.407	15	4.55	137	0.86	965	28.6**	6.74	25.4~33.7
対照居宅老人	12	63	1.486	15	5.56	177	0.80	1221	34.4	6.54	31.0~38.0

注 ** 低栄養老人値と対照居宅老人値との差が危険率1%で有意であることを示す。

おり、この面からも対象老人が低栄養状態におかれていることがさらに確められたわけである。

以上まず対象老人の食餌摂取量を明かにし、その低栄養の程度を所要量と対比させて検討したのであるが、つぎにこうした低栄養によって老人の生理機能にどのような影響があらわれるかを検討する。

B. 低栄養老人のエネルギー代謝

1. 基礎代謝について

そこで最初に低栄養老人のエネルギー代謝について検討するが、そのうちまず基礎代謝の成績について述べる。低栄養老人および正常居宅老人の基礎代謝測定成績の各平均値を求めて第3表に示した。これからまず居宅老人値を1時間当り体表面積当りの値でみると、平均34.4Cal/m²/hrであつて、これは60才以上の日本人標準値と全く一致した値である。すなわち対照老人の基礎代謝は正常値を示しているのである。ところがこれに対して低栄養老人の値は平均28.6Cal/m²/hrで、対照に比べると約17%にもおよぶ低下となるのであり、もちろんその差は推計学的に有意である。このように老人の基礎代謝が低栄養によつていちじるしく低下するという事実がまず第一に注目されたのである。

2. 消費熱量と熱量出納

低栄養老人9名および対照として正常条件にある施設老人4名について実施した生活時間調査の成績を、その生活行動を「労作」、「身辺雑事」、「自由娯楽」および「睡眠」に大別し、それぞれの所要時間ならびにそれに応じた消費熱量を計算して第4表に示した。まず対照群4名は風呂屋手伝い、炊事係などの作業に従事して普通

の勤労生活を営み、その食餌量も1日約2100Calあるいはそれ以上におよんでいる。すなわちこの場合の「労作」の平均R.M.R.は1.54、所要時間は約7.5時間で軽労作に担当し、その基礎代謝をみるとこれは平均約33.0

第4表 低栄養老人の生活時間と消費熱量

	低 栄 養 老 人		正常老人 ¹⁾
	I 群	II 群	
例 数	6	3	4
年 令 (年)	71	69	66
体表面積(m ²)	1.443	1.375	1.367
基代Cal/m ² /hr	28.8	28.6	33.0
礎量 Cal/分	0.693	0.655	0.752
生活時間内容	労 作	1°39'	6°48'
	身辺雑事	2°43'	1°55'
	自由娯楽	11°00'	8°29'
	睡 眠	8°38'	6°48'
	(計)	24°00'	24°00'
消 費 熱 量	平均 R.M.R.	所要熱量 (Cal)	平均 R.M.R.
	1.33	133	所要熱量 (Cal)
	1.04	224	平均 R.M.R.
	0.35	727	所要熱量 (Cal)
	(95%)	340	(90%)
量	睡眠 (計)	1424	1446
	概算摂取熱量 (Cal)	1600	1600
		2100	

注 1) この場合の対照は施設老人よりえらんだ。

Cal/m²/hr ではほぼ正常値である。その1日消費熱量を計算すると平均 1921Cal となり、摂取熱量とほぼ平衡のとれた正常の熱量出納水準にあることがわかる。

これに対して低栄養老人は、まずその生活内容からみて2群に大別できる。すなわち労作（坐業、エフのハトメ打ち）が少なく、終日部屋に閉じこもって無為徒然の生活を送る第1群と、労作時間をはじめ時間配分から見ると普通作業の対照群と変らない第2群とである。しかし後者の場合もその作業内容は紙貼り、新聞紙たたみなどの静的坐業である。したがって1日消費熱量を計算すると第1群で平均 1424Cal、第2群で平均 1446Cal となつて両群ではほとんど差をみとめない。そこで全9例の平均値である約 1430Cal を低栄養老人の平均1日消費熱量と決定することができる。すなわち日常生活行動の消極性ということによって熱量失費をいじめるしく節約していることがわかるのである。この場合その摂取熱量は1日約 1600Cal であるから、摂取熱量の約 10%を特異動的作用に失うものとしても、この摂取熱量で消費熱量 1430Cal とほぼ平衡が成立することになる。

このように老人にはその低熱量摂取に応じて消費熱量を節約するというエネルギー代謝での適応がみられるのであるが、この適応、すなわち消費エネルギーの節約はすべて基礎代謝の低下と消極的生活行動とに基因している。もしかりに表中の第2群に属する老人の基礎代謝値 28.6Cal/m²/hr および労作強度平均 R.M.R. 0.74 が、それぞれ対照老人の 33.0Cal/m²/hr および R. M. R. 1.54 と等しいレベルに上つたと仮定して、その1日消費熱量

を換算すると、「労作」の項で 207Cal、1日基礎代謝量で 281Cal だけ増加し、1日消費熱量は 1934Cal となるのである。これからみても基礎代謝の低下と労作の節約という2つによつて、老人の低熱量水準への適応がなされていることが理解されよう。

C. 低栄養老人の蛋白代謝

1. 窒素出納と蛋白代謝レベル

つぎに低栄養老人の蛋白代謝について検討するが、そのうちまず窒素出納の成績を述べる。第5表は1日全尿について総窒素量、クレアチニンおよびクレアチン量の測定成績をまとめたものである。このうちまず低栄養群の1日総窒素排泄量をみると、これは平均 6.59g（換算蛋白量約 41.2g）である。一方前述のように食餌蛋白量は1日約 55g であるから、かりに便中窒素量を1日約 2g とみなして、窒素出納においても負平衡をまねがれているとみて差支えない。

つぎにこの総窒素排泄量を対照老人の平均値 7.83g と比べると、これは約 16% だけ低いということになる。またクレアチニン係数は低栄養老人平均 19.7mg/Kg、対照老人平均 22.8mg/Kg であつて、前者は後者に比べて約 13% の低値となつていのであるから、低栄養老人の蛋白代謝レベルが正常レベルに比べて低下していることは疑いない。

2. 血清蛋白濃度その他

つぎに血液検査成績のうち、全血および血清比重、ヘモグロビン濃度および血清蛋白濃度についてまとめた結果を第6表に示した。まず血清蛋白濃度をみると、居宅

第 5 表 窒 素 な ら び に ク レ ア チ ニ ン 排 泄 量

例数	年令(年)	尿量(ml)	総窒素量(g)	クレアチニン排泄量		クレアチニン排泄量(mg)	クレアチニン	クレアチニン係数
				一日全量(mg)	係数(不偏分散)			
低栄養老人	10	69	1253	6.59	901	19.7 [*] (2.51)	97	0.93
対照居宅老人	8	64	1084	7.83	1030	22.8 (2.21)	121	0.86

注 * 差が危険率5%で有意であることを示す。

第 6 表 血清蛋白濃度、ヘモグロビン濃度および血液比重

例 数	ヘモグロ ビン濃度 (g/dl)	血 清 蛋 白 濃 度			血 液 比 重		計 算 値 ¹⁾		
		平 均 値 (g/dl)	不 偏 分 散	変 動 範 囲	全 血	血 清	血 清 蛋 白 濃 度 (g/dl)	ヘモグロビン 濃 度 (g/dl)	
低栄養老人	10	12.9 [*]	6.28	0.055	5.96~6.58	1.052	1.024	6.39	13.0
対照居宅老人	11	13.4	6.54	0.077	6.12~7.08	1.054	1.026	6.81	13.6

注 1) 比重値より計算によつて求めた値を示した。

* 差が危険率5%で有意であることを示す。

差は推計学的に無意。

老人では平均 6.54g/dl でやや低いが、これはその採血が起床前空腹安静の条件で行われたことを考えれば、まず正常濃度を維持しているとみなしてよい。ところが低栄養群では平均 6.28g/dl となつて、対照に比べて明かに低く、しかもその差は推計学的に有意である。この血清蛋白濃度の低値であることだけで、低栄養老人が低蛋白血症に陥っていると断定することは早計であるにしても、正常老人の値との対比からみて少くとも低蛋白血症の傾向にあることは否定できない。ただこの場合ヘモグロビン濃度も低値ではあるが、これは対照老人も同様であつて、生理的の老人性貧血の一般的特性によるものであり、これを蛋白欠乏の指標と考えることはできない。つぎに全血ならびに血清比重においても、ともに低栄養群が低値を示し、これから計算によつて求めた血清蛋白濃度ならびにヘモグロビン濃度の値が実測値とはほぼ一致した傾向を示したことを附言する。

以上要するに窒素出入は食餌蛋白量に応じたやや低いレベルながら零平衡を維持しているとはいふものの、蛋白代謝レベル自体は低下し、また血液貯蔵蛋白の減少傾向をまねいていることがわかつたのである。ただこうした血清蛋白濃度減少の原因が、食蛋白不足の直接的なものか、あるいは熱量不足を第一義とした間接的なものであるかについては、ここで断定することはできない。

D. 老人における基礎代謝と蛋白代謝の関係

さきに低栄養老人の基礎代謝と蛋白代謝がともに低下している事実を明かにしたが、つぎにこうした低下に際して両者の間にどのような関係が成立するかを検討する。そのため低栄養対象 10 例を含めた養老院老人 21 例および居宅老人 12 例計 33 例の全測定例数のうち、基礎代謝とクレアチニン排泄量の両測定値の対応ある 30 例について、その結果を便宜上、体表面積当り基礎代謝量の高低の順に配列して第 1 図に示した。またこの図で基礎代謝値 30Cal/m²/hr および 34Cal/m²/hr を界として全例を基礎代謝の高低差による 3 群に分ち、各群の諸測定成績の各平均値を記入した。

まずこの図で体表当り基礎代謝は最高 38.0Cal/m²/hr から最低 25.4Cal/m²/hr で、30% 以上におよぶ大きい変動をしていることが目立つが、一方クレアチニン係数もほぼこれと平行して変動している。この平行関係はクレアチニン係数と基礎代謝 (Cal/m²/hr) との比をとると、その変動の幅が消却されて図にみるようにほぼ直線的となることから理解できるが、さらにこれをたしかめるため両者の相関々係を検討すると第 2 図のようになる。すなわち基礎代謝 (Cal/m²/hr) (X) とクレアチニン係数 (Y) との間には $X = 18.69 + 0.648Y$ または $Y = 12.70 + 0.255X$ の関係式が成立し、その相関係数(r)は +0.407

第 1 図 基礎代謝とクレアチニン代謝との関係

第 2 図 基礎代謝とクレアチニン代謝の相関関係

で 1% 以下の危険率で有意性のある順相関を証明することができる。このことは老人の基礎代謝の変動、この場合おもに基礎代謝の低下は必然的に蛋白代謝の低下を招くものであることを物語っている。つまり低栄養老人においてみられた蛋白代謝と基礎代謝の低下は、老人の細胞酸化機能減退の 2 面現象として常に相平行してあらわれるものであることがわかつた。これは井上¹⁷⁾が成人男子の場合に証明した事実を一致する。

ここでもう一つ興味ある事実がみられる。それは 1 日全クレアチニン量と 1 日基礎代謝量 (Cal/日) との比 (mg/Cal) をとると、これは第 1 図でみるように体表当り基礎代謝 (Cal/m²/hr) とは逆の関係になることがわかる。そこで体表当り基礎代謝 (Cal/m²/hr) (X) とこの比 (mg/Cal) (Y) との相関々係を検討すると、 $X = 44.95 - 14.52Y$ または $Y = 1.41 - 0.0166X$ の関係式が成立し、

$r = -0.479$ (有意水準 1%) の逆相関関係が証明された。このことは体表当り基礎代謝の低いもの、つまり細胞酸化機能の減退しているものほど、1 日基礎代謝量、つまり総細胞酸化量に対する蛋白代謝量の比率が大であると解することができるのである。すなわち低栄養によつて老人の細胞機能が減退する場合、蛋白代謝を含めた全酸化機能が低下することになるが、その低下の度合は蛋白代謝で軽度である。つまり蛋白代謝に相対的安定性がみられるということになるのである。

要するに低栄養状態におかれた老人では細胞機能の減退のあらわれとして基礎代謝と蛋白代謝が相平行して低下するものであるが、そのうち蛋白代謝の低下度はやや軽くてすむ傾向がみられたということになる。基礎代謝と蛋白代謝とが質的には同傾向の、しかも量的には一定の差をもつて変動するということは、それが老人の低栄養の場合のみにみられるものかどうかは別として大変興味深い事実であるといえよう。

E. 身体検査成績その他

最後に一般身体所見、体力および血液成分などを検した成績を第 7 表および第 8 表にまとめた。まず第 7 表で低栄養老人の身長、体重をみると居宅老人に比べてやや劣っている。そのうち体重差は約 7% となるが、これを比体重として比較するとその差はわずか 4% 程度にすぎない。したがつてこの体重の差は体格自体の大小によるものであつて、とくに低栄養のために招来された差と考えなくてよい。つまり老人においては低栄養の影響が基礎代謝や蛋白代謝などの機能面に強くあらわれるが、体重減少という形態的の面にはほとんどあらわれていないのであつて、これは成人の場合、あるいは第 2 報で述べ

る児童の場合と比べていちじるしく異つた所見であり重要である。

つぎに血圧では最高、最低および脈圧のいずれも対照に比べてやや高い値となり、高平均年齢による脈管系の変化が推測せられるが、とくに心機能低下を思わせる所見はみられない。また筋力では握力で左右平均約 13% の低下をみとめるが、これは体格の小さいこと、平均年齢の高いことおよび基礎代謝の低下などの諸因子が影響していると考えられる。しかし肺活量ではこうした差をみとめなかつた。

また血液成分の成績を第 8 表でみると、まず赤血球数、白血球数で両者間に有意差がなく、ともに成人値と比べると低い値である。一方ヘモグロビン濃度は前にも述べたように、低栄養群平均 12.9g/dl、居宅老人平均 13.4g/dl で一様に減少している。しかしヘモグロビン濃度低下とともに、赤血球数およびヘマトクリット値も低値であるから、色素係数および容積係数はいずれもほぼ正常値となる。したがつてここにみられる貧血は正常細胞性、正常色素性であり、尼子ら¹⁸⁾の生理的老年性貧血に一致するものである。

以上低栄養老人の一般身体所見は居宅老人と比べてとくにひどく歪曲しているとはみとめがたいのであつて、これはエネルギー代謝あるいは蛋白代謝などの重要な生理機能に明かな影響をみとめたことと対比して考えるとその意義は大きいといわねばならない。

考 察

以上の成績をまとめるとつぎのようになる。まず対象にえらんだ低栄養老人の摂取食餌は熱量約 1600Cal、蛋

第 7 表 身 体 検 査 成 績

	例 数	年 令 (年)	身 長 (cm)	体 重 (Kg)	比体重 (%)	脈搏数	呼吸数	血 圧 (mmHg)			握 力 (Kg-m)		肺活量 (l)
								最 高	最 低	脈 圧	右	左	
低 栄 養 老 人	10	69	153.3	45.3	29.5	57	15	139	82	57	27	27	2.33
対 照 居 宅 老 人	12	63	158.2	48.7	30.8	58	15	129	80	49	32	29	2.31

注。低栄養老人値を対照値との間の差が推計学的に無意なことを示す。

第 8 表 血 液 成 分 測 定 成 績

	例 数	白血球数	赤血球数	ヘモグロビン 濃度 (g/dl)	ヘ マ ト ク リ ッ ト	色素係数	容積係数
			$\times 10^4$				
低 栄 養 老 人	10	4930	393	12.9	39.0	1.05	1.00
対 照 居 宅 老 人	11	5071	424	13.4	40.2	1.02	0.96

注。両者の差が推計学的に無意なことを示す。

第9表 低栄養による老人の機能ならびに体力の低下

	対 照 正常老人	低 栄 養 老 人	対照に対 する増減 比率(%)
体 重 (Kg)	48.7	45.3	- 7.0
比 体 重	30.8	29.5	- 4.2
基 礎 代 謝 量 (Cal/m ² /hr)	34.4	28.6	- 16.9
クレアチニン係数 (mg/Kg)	22.8	19.7	- 13.3
握 力: 左 右 平 均 (Kg-m)	31	27	- 12.9
肺 活 量 (l)	2.31	2.33	+ 0.9
脈 搏 数	58	57	- 1.8
血 圧 { 最 高	129	139	+ 7.7
血 圧 { 最 低	80	82	+ 2.5
(mmHg) { 脈 圧	49	57	+ 16.3
白 血 球 数 (mm ³)	5071	4930	- 2.8
赤 血 球 数 (mm ³)	424 × 10 ⁴	393 × 10 ⁴	- 7.3
ヘモグロビン濃度 (g/dl)	13.4	12.9	- 3.8
ヘマトクリット値	40.2	39.0	- 3.0
色 素 係 数	1.02	1.05	+ 2.9
容 積 係 数	0.96	1.00	+ 4.1
血清蛋白濃度 (g/dl)	6.54	6.28	- 4.0
摂 取 { 熱 量 (Cal)	(2200)	1600	- 27.3
食 餌 { 蛋 白 質 (g)	(70)	55	- 21.5
尿中総窒素量 (g)	7.83	6.59	- 15.9

注 () 内は栄養所要量値を示す。

白質約 55g であつて、これを所要量に比べると食餌不足の程度は約 20% 程度とみなされた。こうした摂取食餌レベルの低下にもなつて老人にあらわれた身体的所見を対照一般老人と比較して要約すると第9表のようである。これでもなによりも印象的なのは、体表当り基礎代謝とクレアチニン係数に著明な低下がみられること、体重ことに比体重の差がわずかであること、この2点である。その他では血清蛋白濃度と握力に差をみとめるほか脈管系、血液成分などに著変をみとめないという結果になる。つまり対象老人は、まずその生活行動の消極性と代謝機能の低下によつて低熱量摂取レベルに適応しているであつて、この場合体重その他の形態的消耗はほとんどみられないが、みられても軽度すぎないのである。これが老人の低栄養適応におけるいちじるしい特色なのである。

これに対して成人の場合の低栄養適応の第一段階が体重減少であることは周知のとおりである。たとえば吉村¹⁰⁾は熱量 1150Cal, 蛋白質 35g とした減食試験で、まず体重減少 (1ヶ月後で約 10% 減)、ついで基礎代謝の低下がおこることを報告している。また Keys²⁾ は青年で 1750Cal, 蛋白 55g という標準量の約 55% にすぎ

ない実験食餌を与えて長期減食試験を行つた結果、体重減少と基礎代謝の低下がともに著明であること、また体重減少、すなわち体成分の消耗にもなつて必然的に筋力、心機能などの著明な低下を招くに至つていることを述べている。すなわち成人の減食試験によると、低熱量水準への適応には身体消耗と生理機能低下とが相ともなつているのであつて、とくにその一方のみの変化にとどまることはありえない。これが筆者の老人の成績といちじるしく異つた点である。

ただここで注意すべきことは筆者の対象はいわゆる軽度の自然飢餓ともいふべき条件におかれており、低栄養に適応してその低熱量水準で定常状態を維持しているのであるが、吉村、Keys らは対象を正常栄養から急性飢餓の状態におきかえて、その後定常状態に達するまでの動的な適応過程をみているということである。このように実験条件がちがつているのであるが、しかし自然飢餓においても成人の場合はエネルギー消費の自発的節約と同時に、つねに相当度の身体消耗をまねがれることはできないのであつて、これは実験的減食試験の結果と同様である。これに対して筆者の場合では身体消耗はほとんどみないで、基礎代謝の低下と行動の自発的節約だけによつて、20% 以上にもおよぶ低熱量水準に適応しているのであつて、この成績は単に実験条件の相違とか、食餌不足の程度如何とかによるものではなく、老人と成人とでは低栄養適応の過程自体に差のあることによるものと理解すべきであろう。ただし老人の場合身体消耗が皆無だというのではない。すでに触れているように、軽度の身体消耗は当然ともなつているのであるが、これを代謝機能の低下と対比すると問題とするに足りない程度であつたというにすぎない。

要するに一般に低栄養に際しては当然身体消耗と機能低下とは同時に相ともなうものであり、この点では老人と成人とで質的な差異があるとは考えられない。筆者はただその影響のあらわれ方に量的な、あるいは時間的な差異があつて、老人の場合は機能低下の面にとくに著明である点を指摘したいのである。なお老人における代謝機能のこのような易変動性の成因が何であるかは、興味ある研究課題として今後に残された問題であろう。

要 約

1955年初夏、養老院に収容されている老人のうち低熱量摂取の被検者 10 名をえらび、その身体所見ならびに二、三生理機能を検討してつぎの成績をえた。

1) 低栄養老人の平均食餌摂取量は 1 人 1 日当り熱量約 1600Cal, 蛋白質約 55g (動物性約 20%) であり、その所要量に対する不足の程度は熱量で約 27%, 蛋白質

で約 20% であった。

2) 低栄養老人の基礎代謝は平均 $28.6\text{Cal}/\text{m}^2/\text{hr}$ で、対照居宅老人の平均値 $34.4\text{Cal}/\text{m}^2/\text{hr}$ に比べて約 17% の低下となる。またその生活行動はきわめて静的消極的であるためエネルギー消費の自発的節約がいちじるしい。これらの結果その平均 1 日熱量消費は約 1430Cal となり、したがって低熱量摂取に応じて熱量出納の平衡が保たれていることがわかった。

3) 尿中 1 日総窒素排泄量は平均 6.59g であつて窒素出納もまた零平衡を維持していると考えられたが、一方クレアチニン係数は平均 $19.7\text{mg}/\text{Kg}$ で対照老人の平均値 $22.8\text{mg}/\text{Kg}$ に比べて約 13% の低値となり、蛋白代謝レベルは基礎代謝同様のいちじるしく低下している。

また血清蛋白濃度は平均 $6.28\text{g}/\text{dl}$ で対照値 $6.54\text{g}/\text{dl}$ に比べて低く、低蛋白血症の傾向にあることがわかった。

4) なお老人の基礎代謝と蛋白代謝は低栄養に際して密接に相平行して低下するものであり、両者の変動には有意な相関々係が証明された。

5) 一方、低栄養老人の体重減少はきわめて軽度であり、筋力、心機能あるいは血液細胞成分などにもいちじるしい影響はみられなかった。

6) 以上から老人の低栄養水準への適応は、おもに生活行動の消極性、ならびに代謝機能の低下に基くものであり、これを成人の場合と比べると身体消耗をほとんどもなっていない点でいちじるしく特徴的であることが解った。

終りに御指導を賜った井上五郎教授をはじめ、終始御援助下さった小石助教授、新山講師の諸先生に衷心より謝意を表します。

文 献

- 1) Benedict, F.G., Miles, W.R., Roth, P. & Smith, A.M.: Human Vitality and Efficiency under Prolonged Restricted Diet, Publication 280 Carnegie Institution of Washington. 1919.
- 2) Keys, A.: J. Am. Diet. **22**, 582, 1946.
- 3) 高比良英雄: 断食研究 (岩波書店) 1930.
- 4) 井上 硬: 日本人の栄養, 1948
- 5) i. 平野文雄, 高橋 実: 栄養食糧学会誌, **1**, 23, 1948.
ii. 中村 隆他 7 名: 同上, **1**, 85, 1948.
- 6) 飯塚直彦: 日本人の栄養および栄養失調症 (日本医書出版), 1947.
- 7) 福井忠孝: 減食, 厚生科学叢刊第三輯(創元社) 1944.
- 8) 米沢 猛: 京府医大誌 **45**, 113, 1949.
- 9) Wiehl, O.G.: Milbank Mem. Fund Quart. **20**, 329, 1942 (Elvehjem Handbook of Nutrition より引用)
- 10) i. 吉村寿人: 日新医学 **36**, 495, 554, 1949.
ii. 吉村寿人: 栄養学 (朝倉書店) 457, 1955.
- 11) i. Brock, J.F. & Autret, M.: Kwashiorkor in Africa, FAO Nutritional Studies No.8, 1952.
ii. Autret, M.: Syndrome Policarencial Infantil (Kwashiorkor) and its Prevention in Central America, FAO Nutritional Studies No. 13, 1955
iii. Waterlow, J.C.: Protein Metabolism, University Press, Cambridge (Proceedings and Conference in Jamaica, 1953), 1955.
- 12) 井上五郎: 臨床栄養 **9**, 1, 1956.
- 13) 井上五郎他: 大阪市大家政紀要 **3**, 153, 1956.
- 14) 鈴木慎次郎: 労働のエネルギー原則 (誠文堂), 1948.
- 15) 井上五郎, 小石秀夫: 医学と生物学 **41**, 28, 1956.
- 16) 食糧資源調査会編: 日本人の栄養所要量に関する解説 (資源調査会資料第39号) 1954.
- 17) 井上五郎: 日本生理誌 **16**, 216, 326, 1954.
- 18) 尼子富士郎他: 日本内科誌 **17**, 463, 477, 1929.
(大阪市立大学家政学部栄養生理学教室)
(経費著者負担)

アイスクリームの中の大腸菌測定に細菌濾過器を使う方法

アイスクリーム中の細菌を分離するのに細菌濾過器を使用し、このさい湿潤剤 Triton X-100 を併用して混在する脂肪分にさまたげられずに分離できた。これによつて蔗糖がのぞかれるので従来判定に誤りをきたすことのあつた原因を去り、かつ長時間を要していた大腸菌属

細菌の測定が 1 日でできる。

Estimation of Coliform Bacteria in Ice Cream by Use of the Membrane Filter, L. A. Nutting, P. C. Lomot, and F. W. Barber: *Applied Microbiol.* **7**, No.4, 196 (1959) (津村)

Threonine を含む培養液中の Isoleucine の生成

Threonine を唯一の窒素源とする合成培地に *Streptomyces rimosus* を培養すると, threonine の 17% にあたる isoleucine が生成した。微量の alanine を添加すると、この合成は促進され 25% に達した。種々の変異株を用いた実験から + threonine は isoleucine

のプレカーサーと考えられ、アイソトープを使用してこのことを確認した。

Formation of Isoleucine in Culture Media Containing Threonine, I. Horvath, I. Gado, and A. Szentirmay: *J. Bacteriol.* **78**, 293 (1959) (津村)