体位, 体力, 寿命の關係と栄養

中 川 一 郎
(Itsiro Nakagawa)

栄養が成長に影響を及ぼすということについてはいまさらいうまでもなく、これについては多くの研究報告が発表されている。ある一つまたは多くの栄養素が欠乏して栄養状態が悪くなれば当然成長は障害されてくる。栄養素の種類によっては本質的というか、直接成長に影響するものと間接的に影響するという違いはあっても、いずれも終局的には成長に影響する。終戦後日本人の体位の向上が強く叫ばれ、このための種々な施策も行なわれ、かなりの成果を挙げてきた。しかしながら体位の向上あるいは成長速度の促進ということが、そのまま手ばなしで喜ばれていいことであるかどうか、成長の最高速度というものが小児の良い成長のための至適速度であると常にいえるかどうかである。さらに成長を促進する栄養法がはたして生命の長さ、すなわち寿命にも好適なものであるといえるかどうかである。成長速度の促進あるいは体位の向上、それが真に望ましい形で行なわれているかの判定の標示が欲しいと思う。もう一度述べると、どうしたら体位を向上できるか、こういう研究ももちろん必要ではあるが、これと同時にどんな形で——言葉をかえていえばただ単に大きくすればよいというのではなく——どういう形での体位の向上をはかることが健康、寿命のために望ましいかの研究もまた必要であると思う。

一方、最近では体力の増強を伴わない体位の向上は意味が少なくして、体力の増強を新しいスローガンに掲げるようになってきた。これらのことに関し Holt¹⁾の言葉は示唆に富むものがある。氏はアメリカ小児科雑誌にアメリカ人の身体が大きくなってきたことは乳児期に蛋白摂取を多くすることによるといわれるが、この身体が大きくなるということは望ましいことであろうか。大きければそれだけ大きな体力をもつということにはなるが、今日の文明世界ではこの体力などということはプレミアムにはならない。機械は人力に変わりつつある。大きなものは自分を養うのに余計なカロリーを要る。それだけカロリー欠乏にも弱点をもつ。Holt は食餌の即座の効果を観察するのもよいがもっと先きぎきの影響についての研究が必要であると説いている。体力の増強はかえ

って健康、寿命に悪い影響を及ぼすこともあり得る。実際にそういう事例もたくさんある。栄養の効果というのは単に体位の向上、体力の増強にとどまらず、生涯を健康に長寿を全うすることである。さらに Sherman は生涯を通じて全く十分な食餌も、数世代にわたるとそれは十分でないかもしれないと示唆している。

生命の初期にある特殊の食餌を摂ることは生体の成長発育に満足な結果を与えることになるかもしれないが、後年にはこの食餌は疾病の起きることおよび、生命の長さに対しては不適當なものかもしれない。栄養は疾病の起きることおよび、寿命の調整に関与する力の一つである。これとは逆に、生命の初期に最大成長を行なわすのには役立たないかもしれない食餌が、これをつづけてたべることにより寿命を延ばす結果になるかもしれない。生命の初期に多少死亡率は多くても、後年に死亡曲線のゆるやかになることは、栄養要求がこの年令ではこれまでよりはるかによく適合していることを示唆するものである。成長速度そのものが年をとる速さ、従って寿命を決定する。すなわち成長が遅れ、かくて温存されたエネルギーは生命を延ばすために利用される。一方、成長の促進は過剰の消費とエネルギーの早期消耗をきたし、かくて寿命を短くするというのである。一生の内のある時期、適当に食餌を制限することが長生きの秘訣であるという。これに関連して生涯の健康とう見地から重要なことは15才までの環境でそれ以後は、いかに条件をよくしても影響は少ないという学者もいる。このように、生涯のある時期中等度の制限が寿命により影響をするという。離乳直後に栄養不足だと成長は正常に行なわれないし、死亡率も大きい。しかし一旦生き残ったものの死亡率は減少し、あるものは高年まで生き残ると報告されている。いずれにしても不足と十分との間のどこかに長生きのために至適な食餌があるようである。しかし至適影響を得るために制限を始めるべき年令は正確には分っていない。哺乳動物ではこの時期は長骨の発育の段階すなわち退行性変化が骨端軟骨の発育に打勝ち始める時と一致するともいわれる。至適摂取法とは生命の初期に

は佳良な、しかし必ずしも迅速でない成長、発育を遂げさせ、過剰栄養の悪影響を避け、しかも長いばかりでなく同時に元気で、意義ある生活をつづけさせるものである。

一方、成長速度とか生命の長さというのは代謝速度に密接な関係がある。至適ということは年齢と性でも異なる。同一の食餌で成長、蕃殖、寿命のどれにも至適ということはないかもしれない。

1. 栄養の成長、寿命に及ぼす影響に関する統計的調査

食物と寿命との問題については古くより多くの議論がなされている。しかしここには単なる個人的経験については触れるのを止め、近年、栄養学的見地より行なわれた統計的あるいは実態調査研究を紹介する。

表1 成人 1 人 1 日 当 たり 摂 取 栄 養 量

	蛋白質	脂 質	熱 量	ビタミン A	B ₁	B ₂	C	カルシウ ム	蛋 熱 / 総 熱 %	動 蛋 / 総 量 %
柳 ら 調 査	g 105.2	g 45.0	Cal 3090	I.U. 2996	mg 1.98	mg 1.98	mg 137	g 0.42	13.5	20.6
24年度農村平均	76.4	17.5	2527	2875	1.80	1.80	137	0.31	12.1	18.9

また発育期の体位の傾向を見るために同村小学校児童および中学校生徒の身体検査成績を集計し、これを昭和24年度の文部省学校身体検査統計と比較し、男女とも体重において大差なく、身長においては各年令層共約1cm以上の優位を示し、ことに女子は10才以後は2cm以上の差を、男子は12才以後2~6cmの差を以て優位を示したと述べている。次いで田村ら⁹⁾は、同県内で長寿者生存率の低い地方（千葉県香取郡昭栄村、千葉県の東北部に位し、丘陵性の農村で人口約5000人、戸数約1000、農業93%、耕地の73%は畑地、水田は比較的少ない）を選び、前記の高率村と比較した。栄養摂取状態においては明らかに熱量、蛋白、脂肪、ビタミンAにおいて低率地（昭栄村）の方が劣り、特に動物性蛋白質に劣っていた。このことは発育調査において、発育が低学年で大きな差がなく、高学年で差を生じてくることによって明らかであると述べている。なお、長寿村といわれる場合、これを表わす指数として長寿率という言葉が用いられており、これは現在の地区の人口に対する70才以上の人がどれだけいるかの割合をさすのである。これに対しては多くの批判がある。例えば村江⁴⁾は鳥取、島根の両県では年々人口が減少の一途をたどり、しかもこの減少は労働人口ともいべき青少年者の県外就職が多いからといわれ、従って両県はいわゆる長寿率からのみ見ると、青少年の少ない老人のみの残っている長寿地帯になるとして、長寿率ということに對し反駁している。

次に寿命と関係の深い高年期疾患と栄養との関係につ

柳ら⁹⁾は千葉県の一長寿村の村民の栄養調査を行ない、長寿と栄養との関係を述べている。それによるとその地（千葉県安房郡西岬村で房総半島南端に在り半農漁村、人口約5000、戸数約1000、うち農業を主として営むもの7割、水産業2割、その他1割となっている）の人々の摂取栄養量は蛋白質については農村の平均値よりも、成人の必要量よりもはるかに高く、内容的に見ても従来の調査結果よりすぐれている。熱量は農村平均より約20%多く、熱源として脂肪から13%（従来我国の農村では6~7%）をとっているのは他の農村に比べて特長的である。全般的にわが国における食生活に對比してみても、量的にも質的にも優れていると思われる。特に比較的良好な蛋白質を常時相当量摂っているようであるという（表1）。

いて考えてみるのに、鈴鹿⁵⁾によれば欧米人について動物性脂肪をとる国ほど45~46才の人の心臓病の死亡率が高い、また、同氏⁶⁾はWHOの決めた健康水準を定める諸因子から、欧米各国を健康水準1位、2位、3位などに分け、摂取食物の種類を組合わせ観察したが、健康1位に属する国は穀類によるカロリーが総カロリーの30%前後、また乳、果物、野菜、魚、卵、イモの摂取カロリーの総計を摂取、肉カロリーで除した商が3以上、すなわち摂取肉類の少ないか、上記の割合を保つ国々が健康1位群に属していた。その他に、高橋⁷⁾は各国の食糧摂取の統計的調査から、脳卒中は概して穀類の消費量が高く、油脂類、乳類、いも類などの消費量の少ない国々に高い傾向が見られるという。なお学者の中には脳卒中死亡と老人性心臓病死亡を逆相関に考えているものもある。

最後に体位、寿命と栄養の関係について米国生れ日本人のデータを掲げておく。かつて米国生れ日本人が本国生れのものに比べ発育優良、ことに脚長の成育良好なことを石原、須々木らにより報告された。石原⁸⁾は米国生れの満19才以上の日本人529名について身長、体重、胸囲、脚長、Rohrer指数などを測定し、これらがいずれも内地人より優れていることを述べ、その原因の一つに栄養の優れていることを指摘している。須々木⁹⁾も米国生れの児童が一般に日本式食物を好まず、脂肪、蛋白質、特にビタミン、カルシウムに富む食餌を摂ることを挙げている。また、伊藤¹⁰⁾は米国生れ日本人新生児の身

体發育状態が日本生れおよび白人新生児の中間に位すといひ、その原因を環境と食物が胎児の發育に好適なためと述べている。ところが最近の報告ではこの体位の優れた日本人二世が一世に比べ非常に短命だといわれる。このことに対しては同じ家庭でも一世の場合の方が肉食が少ないか、全然食べず、野菜、とうふ、のりを好んで食べており、二世の方は毎日食肉類を大食し、野菜はきわめてわずかに摂取するに過ぎないので、心臓疾患などのために親より早く死亡するというのである。

厳密な意味での栄養が成長、健康および寿命にどんな影響を及ぼすかの研究は今日のところ動物実験による他はない。これに関し今日まで得られた結果の2,3について述べることにする。まず最初に全体の摂取量を制限した場合、次に個々の栄養素の増減による影響について述べることにする。

2. 摂取量制限の影響

Berg ら¹¹⁾の研究について最初に結論から述べると、摂取量の制限は体内に脂肪の過剰蓄積することを防ぎ、骨格の發育にも良好な影響を及ぼした。制限群のネズミの終局の骨格測定値は飼料を好きなだけ摂らした自由食群の90~95%であった。自由食群の雄の約半数は760日以内に死んだが、制限食群の雄、自由食群および制限食群の雌はその時期にはまだ生きており、健康状態も良好であった。

表2 飼料摂取量をいろいろに変えた場合の
760~830日で殺したネズミの体測定値¹¹⁾

	飼 料 摂 取		
	自由食	33%制限食	46%制限食
(雄)			
ネズミの匹数	31	42	38
1日摂取量 ¹¹⁾ (中央値)g	19.5(100%)	13.0(67%)	10.5(54%)
体 重 g	448	342	275
脛 骨 長 cm	4.61±0.12 ⁽⁹⁾	4.39±0.08	4.28±0.09
体 長 cm	25.0±0.5	23.4±0.7	22.4±0.8
(雌)			
ネズミの匹数	58	22	17
1日摂取量(中央値)	13.0(100%)	8.7(67%)	7.0(54%)
体 重 g	280	207	161
脛 骨 長 cm	4.00±0.08	3.81±0.07	3.77±0.05
体 長 cm	21.1±0.6	19.7±0.7	18.3±0.3

(1) 生後125~630日の間の観察

(2) 標準偏差

なお、自由食群についての氏の以前の研究で、骨格の發育は170日以後ではかえって減少するが、体重については雄、雌ともにその後も増加した。それによる20%の

図1 自由食および33%制限食のネズミの体重曲線¹¹⁾

体重増加が、どの程度脂肪の蓄積によるか量的には測られなかったが、大部分が脂肪の蓄積によったと述べている。

ところが摂取量を自由食群のその33~46%に制限した今回の実験では、制限群には体脂肪の過剰蓄積は見られなかった(体重で25~40%少なかった。この体重の差は自由食群の場合と異なり脂肪の過度蓄積が見られなかったことによる)。骨格發育では10%以下の遅れを見た(脛骨の長さで5~7%の減少、体長で6~13%の減少)。しかし、健康度および雌の繁殖力は自由食群のより良かった。なお、氏はネズミが自然の状態におかれた際、空腹というものはネズミにとって第一の本能であり、一方、ネズミにとって極めて人工的である実験室の条件下では空腹は自由食により鈍くされる。制限食では空腹感は鋭くなり、食物に対する欲求は自然的な活動性を高める。食欲が満たされないでいる限りは制限食ネズミというものは自由食群のネズミより自然の状態にあるといえると説明している。33%制限食群の生後730~790日雌ネズミの繁殖力は若い種ネズミのそれと同じであったが、560~620日の自由食群の雌での交合の成功率ははるかに劣っていた。繁殖のうまくいかないことについてはネズミがこの年令で発情周期の続いていることから排卵のないことによるものとするはできなかった。しかし剖検によれば子宮のポリープと囊状淋巴性子宮内膜炎が自由食群の雌に高頻度に見られたのに制限食群には比較的になかった。この病理学的所見が繁殖率の差を説明するものだ述べている。

また、氏ら¹²⁾は身体が最高に大きいということは疾病や寿命に関し至適な影響を与えるものであるとはいえないと述べ、成長に対し比較的僅かではあるがむしろこれを遅らせ脂肪の過剰蓄積を防ぐように食物摂取を制限

表3 制限食群および自由食群ネズミの死亡数ならびに生存数¹³⁾

年 齢 (日)	自 由 食 群 (雄50, 雌50)			33 % 制 限 食 群 (雄48, 雌48)			46 % 制 限 食 群 (雄79, 雌39)		
	死 亡 数	死亡確率 (P)	生 存 (%)	死 亡 数	死亡確率 (P)	生 存 (%)	死 亡 数	死亡確率 (P)	生 存 (%)
(雄)									
200~299	0	0	100	0	0	100	0	0	100
300~399	0	0	100	1	0.021	98	0	0	100
400~499	0	0	100	0	0	98	2	0.025	97
500~599	1	0.020	98	2	0.043	94	1	0.013	96
600~699	11	0.224	76	1	0.022	92	4	0.053	91
700~799	11	0.224	76	1	0.045	87	8	0.111	81
(雌)									
400~499	0	0	100	0	0	100	0	0	100
500~599	0	0	100	1	0.021	98	2	0.051	95
600~699	1	0.020	98	0	0	98	0	0	95
700~799	2	0.041	94	1	0.021	96	0	0	95

P：期間の始めに生存しているネズミの100日内死亡確率

することが病的所見の現われるまでの潜在性期間を延ばし、寿命を長くすると報告した。さらに氏らは、氏らの実験では食餌制限が離乳期に始まり、ためにある程度骨格の発育の遅れをきたしたことからネズミの骨格がほとんど最高の大きさに達する、すなわち約170日になるまで食餌制限は延ばしても疾患の起こることを遅らす効果については同じだろうかとか興味ある問題であると述べ、またホルモン作用は代謝および成長のみでなく疾患の起こることに一役演ずるように思われ、33%制限食群の雄は同年令の自由食群の雌と同じ死亡率、従って生存率を示したと付言している。(両群ともに1匹当たりでは同じ量の食物を摂った——しかし雄は体重が大きかったので体重100g当たりでは飼料の摂取量は少なかった)従って寿命は食餌摂取量と性ホルモン両者で影響されるように思われた。

その他に、Bergらは後述McCayの実験での制限ネズミは未成熟であったということを考えなければならないといい、Bergらは自分たちの結果では制限動物の寿命の延びたということは未成熟とは関係がなく、自分たちの条件下では寿命ははっきり延びたが未成熟の証拠はなかったと述べている。McCayの生存曲線によれば800日で自由食群について10%以下の雄ネズミ、約20%の雌ネズミが生きていた。Bergらの実験では制限食群も自由食群も共に長命で、800日では自由食群で雄の48%、雌の94%が生きており、制限食群では雄の87%、雌の95%が生きていた。McCayの実験でのネズミの寿命の短かったのはおそらく肺感染(これを防ぐことが寿命の研究では重要な問題である)によるものだとBergらは述べている。飼料摂取を33%または46%制限すると

すなわち脂肪蓄積を防ぎ、骨格の発育をわずかに遅らせる量では寿命は延び、疾病の起きるのが遅れた。800日では前述のように自由食群の雄の48%だけが生きているのに比べ、制限動物では81~87%も生き残っていた。800日目における腫瘍および心臓、腎臓および血管の病的所見の有無の比較は、制限食群と自由食群の間で有意差を示した。雄では病的所見の現われる頻度は、自由食

表4 自由食および制限食ネズミの体測定値¹³⁾

年 齢		ネズミの 数	体 重 (中央 値)	体 長 (中央値)	脛 骨 長 (中央値)
中央値	範 囲				
自 由 食(雄)					
786 ⁽¹⁾	760～ 815	31	448	25.0±0.5 ⁽²⁾	4.61±0.12
864	797～ 979	27	345	24.1±0.8	4.62±0.03
46 % 制 限 食(雄)					
818 ⁽¹⁾	814～ 821	38	275	22.4±0.8	4.28±0.09
926	832～ 994	10	225	21.7±0.9	4.22±0.09
1082 ⁽¹⁾	1042～1143	16	257	22.2±0.8	4.24±0.09
自 由 食(雌)					
795 ⁽¹⁾	762～ 833	58	280	21.1±0.6	4.00±0.08
900	798～ 989	45	216	20.7±0.7	4.01±0.08
1063	997～1228	18	227	21.0±0.7	4.03±0.07
46 % 制 限 食(雌)					
821 ⁽¹⁾	818～ 823	17	163	18.3±0.3	3.77±0.05
1150 ⁽¹⁾	1036～1186	17	168	19.3±0.5	3.84±0.06

(1) 殺した当時、状態良好、カッコのないのは弱っているか、死んでいた。

(2) 標準偏差

表 5 自由食および制限食ネズミの臓器重量¹⁾

年 齢 (中央値)	ネズミの 数	体 重 (中央値)	心 臓 重 量 (中央値)	心臓重量 体重×10 ⁴	腎臓重量(両側) (中央値)	下 垂 体 重 量 (中央値)	下垂体重量 体重×10 ⁴
日			自 由 食 (雄)				
786 ⁽¹⁾	31	448 g	1.73±0.22 ⁽²⁾ g	39	4.55±0.94	0.0113±0.0016	0.25
864	27	345	1.92±0.31	59	4.65±0.69	0.0094±0.0019	0.29
		46 %	制 限 食 (雄)				
818 ⁽¹⁾	38	275	1.03±0.06	38	2.14±0.19	0.0074±0.0015	0.27
926	10	225	0.96±0.06	43	2.05±0.21	0.0067±0.0013	0.28
1082 ⁽¹⁾	16	257	1.19±0.18	47	2.47±0.27	0.0071±0.0012	0.28
			自 由 食 (雌)				
795 ⁽¹⁾	58	280	1.14±0.19	41	2.51±0.45	0.0112±0.0023	0.40
900	45	216	1.19±0.23	55	2.60±0.61	0.0106±0.0023	0.49
1063	18	227	1.24±0.22	55	2.41±0.37	0.0104±0.0018	0.44
		46 %	制 限 食 (雌)				
821 ⁽¹⁾	17	163	0.66±0.03	49	1.34±0.12	0.0054±0.0007	0.34
1150 ⁽¹⁾	17	168	0.82±0.06	49	1.63±0.13	0.0065±0.0011	0.39

(1) 殺した当時、状態良好、他は弱っていたか、死んでいた。

(2) 標準偏差

表 6 自由食および制限食ネズミの死亡率、生存数¹⁾

年 齢 (日)	自 由 食				46 % 制 限 食			
	死 亡 数	死亡確率 ⁽¹⁾	生 き 残 り		死 亡 数	死亡確率 ⁽¹⁾	生 き 残 り	
			数	%			数	%
(雄)								
300～399	0	—	89	100	0	—	79	100
400～499	2	0.022	87	98	2	0.026	77	99
500～599	6	0.069	81	91	1	0.013	76	96
600～699	19	0.235	62	70	4	0.053	72	91
700～799	35	0.565	27	30	8	0.111	26 ⁽²⁾	80
800～899	20	0.741	13	8	4	0.154	22	69
900～999	7	1.000	0	0	6	0.273	16	50
1000～1099					10	0.625	6	19
1100～1199					6	1.000	0	0
(雌)								
300～399	0	—	79	100	0	—	39	100
400～499	2	0.025	77	97	0	—	39	100
500～599	3	0.039	74	94	2	0.026	37	95
600～699	5	0.068	69	87	0		37	95
700～799	6	0.087	63	80	0	0.070	20 ⁽²⁾	95
800～899	22	0.349	41	52	2		18	87
900～999	23	0.561	18	23	1	0.061	17	84
1000～1099	14	0.778	4	5	2	0.118	15	77
1100～1199	4	1.000	0	0	1	0.068	14	73

(1) 期間の始めに生存していたネズミの内、100日の期間に死んだものの率。

(2) 生後約800日で制限食ネズミ(雄38, 雌17)を状態良好であったのに殺し、他を生き残りとした。従って生存率のデータは訂正された。

群で 100%, 33% 制限食群では 64%, 46% 制限食群では 24 %であった。雌では 800 日では制限食, 自由食両群とも大部分が生き残っていたが, 制限食群では 800 日まで生き残っていたものの全部が疾病にかかっていたのに, 自由食群では 57% がかかっていた。病的所見および寿命に関し至適な体重および骨格の大きさというものは最大の値ではなくそれ以下である。食餌因子と同様ホルモン因子も雄と比べると雌の寿命の長いことに一役演じていると結んでいる。

Berg ら¹³⁾ はさらに制限期間を 800 日以上に延ばして観察した。すなわち制限食群には自由に摂るネズミの摂取量の 54% を与え1200日観察した。その結果, 寿命は延び疾病の起きるのを遅らせた。なお, この程度の制限では骨格の成長, 性成熟度の遅れはほとんどなく, 体脂肪の過剰蓄積は自由食群に見られるように起きなかった。自由食群に比べると制限食群では寿命は雄で約 200 日, 雌で約 350 日延びた。雌は同じ飼料で飼われた雄より長命した。寿命は病的所見の現われる年令に左右された。年令と共に疾病は自由食, 制限食群共に増してきたが, 病的所見の数および程度は制限食群では自由食群よりいつも低かった。腫瘍発生も制限食群で遅れたが, ただその遅れは他の疾病に見られるように顕著ではなかった。

3. 熱量制限の影響

McCay ら¹⁴⁾ はカロリーのみを制限した場合の影響を観察した(制限群ではもちろん全体の摂取量が少なくなるので, カロリーと同時に蛋白質, 無機質, ビタミンも欠乏する慮れがあり, このことのないように蛋白質, 無機質, ビタミンは濃めに与えた)。その結果はカロリー摂取を長期間制限しても発育する力もっていた。しかし対照と同じ大きさにはならなかった。また, 雄の制限群は平均寿命が長かったが, 雌では制限群と対照群が平均寿命では同じであった。

次いで氏ら¹⁵⁾ はさらに同様な実験を繰返した。成長を遅らせる群に与える量は体重を一定に保つに必要な量とした。しかし, それでもある程度の体重増加はやむをえないことで, 制限群では 100 日で 10 g の体重増加を認めた。その結果, 制限群がまだ生きているのに正常群は 1000 日で全部が死んでいた。なお, 成長をそれぞれ 300, 500, 700, 1000 日間遅らせ, その後, 再び成長を始めたところ, 300 日間遅らされたものでも正常の大きさにはならなかったし, 1000 日遅らせても成長を再び始めることができた。また, 形態的な観察の他に病理学的観察を行なった¹⁶⁾。それによると成長の遅れた群では腎臓の石灰化が大であった。ネズミは特別な管理を行なわないで普通の条件で飼育していると 1 年過ぎると肺疾患が

表 7 個々のネズミの寿命 (日)¹⁴⁾

群					
I (雄)	I (雌)	II (雄)	II (雌)	III (雄)	III (雌)
71	74	41	48	548	134
162	485	249	62	580	341
338	520	313	259	602	479
354	559	758	260	650	565
397	699	758	260	723	577
401	713	780	296	832	641
499	719	797	342	845	663
544	722	964	410	919	810
561	724	1006	755	978	822
563	733	1137	887	998	894
588	817	1244	901	1022	901
627	824	1294	904	1028	920
733	855	1321	925	1168	999
927	857		938	1218	1080
	870		980	1306	1111
	984		999		1123
	997		1041		1132
	1023		1107		1210
	1039		1225		1297
	1074		1232		
	1143		1261		
	1189		1304		
			1421		
483	801	820	775	894	826

I 自由食群 II 離乳期以後制限された群

III 離乳後 2 週間までは十分に与え, 以後 II と同様に制限した群

多くなるが, その影響の程度も制限群の方にはるかに少なかった。その他雌は妊娠しなくても雄より歯の障害を受けやすかった。大動脈の石灰化は正常動物より制限群にはるかに多く起こった。しかし制限群の方が間接的な証拠ではあるが, 上記の如く肺疾患にかかりにくいし, 腫瘍も少なかった。このことに関し Jackson の研究でも中耳疾患, 肺疾患共に制限動物に少なく起こるといわれる。McCay らはさらに発育を遅らされたネズミは, 正常に発育する同年令のネズミより成長期に見られる致命的慢性疾患に対しはるかに罹りにくいと報告している。

その他 Ross¹⁷⁾ によれば蛋白摂取が同じ場合含水炭素摂取の少ない, すなわちカロリー摂取の少ない方が長生きした。等カロリーでただ蛋白成分の摂取のみを制限してもほとんど効果がなかった。カロリー摂取を制限し, 同時に含水炭素摂取のみの制限は寿命を延ばした。蛋白質と含水炭素両者を制限し同時にカロリー摂取を制限すると生命の初期には効果ははっきりしないが, 生命の後

期に効果が現われて寿命を最大に延ばした。

4. 高蛋白、低蛋白の問題

食餌中の蛋白質量の増減の影響に関しては古く Slonaker の報告がある。氏¹⁶⁾ はシロネズミを用い、これに飼料中の蛋白質量を10, 14, 18, 22, 26%などの種々の段階で与え、成長、寿命、活動力、蕃殖に及ぼす影響を観察した。後に実験方法についてとかくの批判はあったが、栄養が成長、健康度、寿命の一つ一つについてでなく、これら全部を含めた総合的な問題にどんな影響を及ぼすかの研究に対し、氏の仕事の一つの導火線となったことは否めないところである。そういう意味で氏の得た結果を要約すれば次のごとくである。

最高の成長は飼料中の蛋白質の量が 14% の時に得られ、これより 4% 程度の上下の変動では著しい差を生じなかったが、蛋白質の含有率がこれを越えて増加するときには成長も漸次遅くなった。ネズミの活動力は14~18%の蛋白質を含む飼料で最も盛んであった。平均寿命ではこれを長いものの順に列べると II(14%), III(18%), V(26%), IV(22%), I(10%) 群の順序であった。蕃殖力では多産の順序では大なるものより列べると II, I, III, IV, V 群の順で、また蕃殖可能期間の長さは(生殖生活の長さ)、これを最大なものから列べると II, I, III, IV, V の順序で(生殖生活期間の短くなることはこの能力の早く消失するよりはむしろ蕃殖の遅く始まることによるものであった), 従って一般的にいって以上 5 群の蕃殖能率の順序は II, I, III, IV, V 群の順であった。成熟時の最大体重(平均)の順序は III(307 g), II(294), I(288), V(253), IV(247) 群であった。しかし最初の 120 日間体重の平均増加率は大なるものの順に列

べると、V, IV, III, II, I 群の順序であった。かくて氏は 14~18% の蛋白質を含む飼料がネズミの成長、活動力、蕃殖および寿命に対し、概して最も効果的であると結論した。

その他にも高蛋白飼料ではカルシウムの所要を増すとか、成熟ネズミの寿命は蛋白濃度 8~30% では変わりがなかったという報告がある。

最近では、Ross ら¹⁹⁾ の研究がある。全生涯中比較的高蛋白を摂ることは平均寿命に関しては有利であるが、低蛋白摂取のものでは生命の後半期に死亡率の減少をきたした。その後氏¹⁷⁾ は栄養と寿命との関係をさらに追究し、一般的にいって制限食の方が自由食のものより寿命が長い。ただ自由食でも低蛋白、高含水炭素では制限食の場合のように寿命が長かったと述べている。このように自由食のときは低蛋白、高含水炭素の C 食(カゼイン 8%, 糖 83%)が他の食餌よりすぐれている。しかしその他の食餌も制限して与えると C の優越性はなくなる。自由食では A(カゼイン 30, 糖 61), B(カゼイン 51, 糖 34), D(カゼイン 22, 糖 54) の飼料摂取量が C より大である。C 食では自分で制限するか、食物に対する欲求の減るために寿命が延びるものだと考えている。

著者ら²⁰⁾ の研究室でも白ネズミを 3 群に分け、これに熱量、無機質、ビタミンを十分に含み、ただ蛋白量のみ 10, 18, 27% の割合にした飼料を与え、成長の状況を尾長および体重の測定で観察した。それによると生後 5~15 週のちょうど人間の思春期に当たる時期に 18, 27% 群の発育が 10% 群に比して有意差をもって大であった。しかし成長完了時の生後 1 年では 3 群間の体重の差はほとんどなかった。ただ尾長だけは 10% 群が思春期の時期

図 2 食餌の種類と生存率¹⁹⁾

に見られたと同様有意差をもって小であった（尾長増加の完全に停止した 30 週以後の体重増加は、骨格などの硬組織の増加よりむしろ脂肪などの軟組織の増加によるものと思われる）。なお、この差の原因がたんに蛋白量の差だけによるものか、あるいは蛋白の質、すなわちある特定アミノ酸の量が制限因子となっているのかを追究してみた²¹⁾。蛋白源としてはカゼイン 10% を主体とし、第 1 群はこのまま、第 2 群の飼料には第 1 群の飼料にさらに全体の組成がカゼイン 18% に相当するようにアミノ酸を加え、第 3 群には第 1 群の飼料に可欠アミノ酸のみを加えて全体の窒素量が第 2 群のそれに相当するようにし、第 4 群は第 2 群の添加アミノ酸の内の一つの必須アミノ酸を可欠アミノ酸でおきかえ、全体の窒素量は第 2、第 3 群と同じにした。以下同様に第 2 群の飼料中の添加アミノ酸中の必須アミノ酸の一つ一つを可欠アミノ酸でおきかえ、必須アミノ酸 10 種類について実験した。その結果は尾長、体重の発育に関する限りでは上記の 10% 群に相当する第 1 群が最も劣り、その他の群の間では有意差がなかった。従って本実験では蛋白の質の問題よりはむしろ量の問題に帰されると思う。これに関連して著者ら²²⁾が行なった都市、農村小児の発育の差は興味あることと思う。すなわち身長、体重に関する限り思春期発育の最盛期においては都市小児の体位が農村小児のそれを断然凌駕している。しかし発育完了期までにその差は漸次縮まり、体重については全然なくなる。ただ身長において農村小児のそれがやや劣っている。思春期発育のこの差は人間の場合では動物実験の際と異なり、都会的生活と農村的生活の相違によるもので栄養の違いのみには帰されないが蛋白摂取量の差も一つの原因であるように考えられる。

一方、寿命の問題に関しては前述蛋白量 10, 18, 27% 群のネズミを全部が死亡するまで (766 日) つづけて飼育した。なお、27% 群の一部は 1 年後の発育が大体停止した時期に蛋白量を減らし、10, 18% とした。また本実験では飼料の与え方に制限を加えず、好きなだけ摂らせた自由食群と 3 群の摂取量を同じにするため多少の制限を加えた制限食 (paired feeding) 群の 2 組に分けて飼育した。飼料の摂取量は制限群の間ではもちろん同じであったが、自由食群でも 3 群間に大差がなかった。飼料を自由に摂らせた場合、ネズミの生き残っている割合、すなわち残存率は 18% 群が最もよく、10% 群と 27% 群の比較では実験期間の²⁾。ぐらいまでは 27% 群の方がよいが、それ以後ではむしろ 10% 群の方がややよかった。10% 群は 1 年前の死亡率が他の 2 群に比べ特に高い。また 27% 群の 1 部を 10% 群および 18% 群に切替えた後では 27% 群が最も悪かった。一方、paired

feeding のものについては、生後 1 年までは残存率 10% 群が最もよく、1 年後では 27% のものが最もよかった。また切替え後は 18% が最もよく、10% 群が最も悪かった。

なお、病理学的所見については目下検討中である。

図 3

注：3 群摂取量をそれぞれ自由にさせた場合。20 週では 18% および 27% 群は 10% 群との間に体重に有意差あるも 50 週では有意差なし。

図 4

注：3 群摂取量を同じにさせた場合。20 週では 18% および 27% 群は 10% 群との間に体重有意差あるも 50 週では有意差なし。

5. 無機質、ビタミン

無機質、ビタミンについてはこれらに欠乏すればもちろん成長は阻害され、欠乏症状を現わし、最後には死をきたす。また脂溶性ビタミンでは過剰な場合にも種々な障害を起こしてくる。このような極端な場合でなくても

図 5

摂取量については蛋白質や熱量の項で述べたと同じような問題が今後起こってくると思う。柳沢²³⁾は Elvehjem らが無機質の不均衡ということは栄養障害の原因になると指摘していると前提し、しかもこの理論が近藤教授の観察とよく一致する。すなわちカルシウムとリンの比は食物を選択する場合近藤の説ともよく符合すると述べ、たとえばノリ、野菜を食べる地方に長寿が多い(2頁長寿率の項参照)という近藤の観察はカルシウムが多い食物であるということになる。また魚肉類を多く摂っている人は長寿が多いといわれているのも、これらの海岸では小魚を主として摂るためカルシウムの摂取が多くカルシウムとリンの比が1対4に近づくためであると報じている。さらに成人病に罹りやすい人、またはすでに罹っている人はカルシウムとリンを1対4になるように食物を摂ること、いいかえればリンの多い酸性食品を摂る場合にはこれを中和するカルシウムの多いアルカリ性食品を摂ることである。特に日本人のごとく、粒食を主食としている国民はカルシウムとリンの比が1対26の白米では酸性食品に偏しやすい傾向があり、さらに副食のアンバランス、塩の過剰摂取などのために栄養と寿命の関係を悪化する。これに反し麦飯を主食とするか、あるいは少なくとも米麦混食する場合にはこの弊害が除かれ、わが国々民全体に見られる低蛋白、ビタミン不足などの成人病の起因が防がれることになるかと結んでいる。しかし一方、石崎²⁴⁾の言葉は示唆に富むものと思う。すなわち従来一部に行なわれてきたカルシウムの最大の蓄積量を実現できる摂取量を所要量とする方式は、これが妥当か否かは問題である。カルシウムの最大蓄積がはたして健

康のために最良な条件であるといえるかどうか、根本的な点に疑問があると。

結 語

栄養の効果というものは成長、健康度、寿命などの一つ一つについて離して論ずべきものではなく、これらを全体的にあるいは総合的に、これに対する影響を考えるべきである。これに関し従来行なわれてきた研究報告を綜説し、さらに最近著者らが得た成績を加えてみた。

結果として成長を最高に促進することは健康(疾病の起生)、長寿のためには必ずしも好ましいことではない。健康、長寿のための至適な成長というものがある。これがどういものであるかは今日のところ分からない。栄養の欠乏はもちろん成長、健康、長寿に悪影響を及ぼすが、だからといって最高速度の成長を来す栄養が最上のもではない。むしろ成長がこれより多少劣る程度に食餌摂取を制限、殊に熱量および蛋白質摂取の制限は疾病の起生、長寿に好ましい影響を与えるようである。

栄養の効果を云々するには単に体位の向上、体力の増強ということではなく、長い期間の観察が必要である。

文 献

- 1) Holt, L. E., Jr.: *J. Pediatrics*, 54, 496 (1959)
- 2) 柳, 西原, 横田, 松野: 栄養学雑誌, 9, 44, 昭26
- 3) 田村, 西原, 横田, 松野, 磯部: 同誌, 11, 41, 昭28
- 4) 村江: 保健の科学, 7, 400, 昭40
- 5) 鈴鹿, 渡辺: 栄養と食糧, 15, 265, 昭37 より引用
- 6) 鈴鹿: 同上
- 7) 高橋: 日本衛生学雑誌, 17, 81 昭37

- 8) 石原：東京医事新誌，2727号，1238頁，昭6
- 9) 須々木：顕微鏡学会雑誌，40，83，昭8
- 10) 伊藤：児科雑誌，43，224，昭12
- 11) Berg, B. N.: *J. Nut.*, 71, 242 (1960)
- 12) Berg, B. N. & Simms, H. S.: *ibid.*, 71, 225 (1960)
- 13) Berg, B. N. & Simms, H. S.: *ibid.*, 74, 23(1961)
- 14) McCay, C. M., Crowell, M. F., & Maynard, L. A.: *ibid.*, 10, 63 (1935)
- 15) McCay, C. M., Maynard, L. A., Sperling, G. & Barnes, L. L.: *ibid.*, 18, 1 (1939)
- 16) McCay, C. M., Ellis, G. H., Barnes, L. L., Smith, C. A. H., & Sperling, G.: *ibid.*, 18, 15 (1939)
- 17) Ross, M. H.: *ibid.*, 75, 197 (1961)
- 18) Slonaker, J. R.: *Amer. J. Physiol.*, 96, 547, 557 (1931), 97, 322 (1931), 98, 266 (1931)
- 19) Ross, M. H.: *Federation Proc.*, 18, 1190 (1959)
- 20) 高橋，小林，中川，大木：栄養と食糧，19巻発表の予定
- 21) 小林，中川，正名：未発表
- 22) 中川：小児科臨床，17，1311，昭39
中川，高橋，小林，正名，大木：栄養と食糧，18
52，昭40
中川，高橋，正名，大木：未発表
- 23) 柳沢：臨床栄養(11月臨時増刊号)，27，680，昭40
- 24) 石崎：栄養の日本，8巻9号(臨時増刊)，昭40

(国立公衆衛生院栄養生化学部)

必須脂肪酸欠乏に対する非必須脂肪酸の影響

必須脂肪酸欠乏のネズミに C_4 から C_{18} までの脂肪酸 (オレイン酸，エライジン酸，リノール酸も含む) のメチルエステル添加飼料を与えたときの影響について調べた。成長の減少度を指標にしてみるとオレイン酸，リノール酸以外の脂肪酸はいずれも必須脂肪酸欠乏をより強め，中でも C_4 から C_{10} までの脂肪酸およびエライジン酸の方が長鎖脂肪酸よりも影響が大きかった。死亡率は雌ではカプロン酸，カプリル酸，ラウリン酸，雄ではカプリル酸，ラウリン酸，ステアリン酸の各エステルを摂取したとき高かった(20～30%)。ミリスチン酸，パルミチン酸，ステアリン酸，オレイン酸およびリノール酸の

エステルは，無脂肪飼料を摂取した雌ネズミの生殖能を回復させたことから部分的に必須脂肪酸欠乏が軽減したと考えられる。無脂肪飼料にラウリン酸，オレイン酸のエステルを添加した場合には，肝臓コレステロールエステルの蓄積が増大した(表3)。

Effect of Non-essential Fatty Acids on Essential Fatty Acid Deficiency.

by Alfin-Slater R. B., Morris R. S., Hansen H., Proctor J. F.:

J. Nutrition, 87, (2), 168～172 (1965)

(堀井)