

## スキムミルクの栄養学的検討

### 第3部 スキムミルク中の乳糖および乳清蛋白質の 栄養的役割について

研究第4部 水 野 清 子  
土 井 正 子  
武 藤 静 子

#### I 研究目的

我々は給食用スキムミルクの栄養学的検討を行ない、スキムミルクを幼動物飼料の蛋白源として用いるとカゼインを蛋白源とした場合に比べ、体重発育ばかりでなく窒素出納、骨長、骨重量、骨灰分含量、骨灰分中のカルシウム含量などの点でもすぐれた成績を示すことを経験した<sup>1)</sup>。

この際両飼料の窒素、カルシウム、ビタミンB<sub>1</sub>およびB<sub>2</sub>は同水準になるよう実測値にもとずいて調整されており、他の無機質、ビタミンも充分添加されていたので、

スキムミルク群優位性の要因として考えられるのは、主としてアルブミンを含む whey protein、乳糖などの存在である。

今回はこれらのいずれがスキムミルク群の飼料効率を高めたかを知るため再び幼動物を用い、カゼイン群にこれらのいずれか、あるいはその組合せを補給して、スキムミルク群との比較を試みた。

又前回諸種の事情で行なうことのできなかつたスキムミルクと全脂粉乳との栄養価比較を合せ行なった。

#### II 研究方法

##### 1. 試料調整法

実験に供した飼料は①蛋白源をカゼインとし、これに乳糖を添加したもの(C.Lと略称)②蛋白源をカゼイン+アルブミンを含む whey protein (以後これをアルブミンと略称する)としたもの(C.A)③蛋白源をカゼイン+アルブミンとし、これに乳糖を添加したもの(C.A.L)④蛋白源をスキムミルクとしたもの(Sk)、⑤蛋白源を全脂粉乳としたもの(Wh)の5種で、各飼料の配合は第1表に示す通りである。

蛋白質レベルはいずれも窒素の実測値と乳蛋白質係数6.38を用いて10%になるよう調整した。

アルブミンとしては whey powder からの硫酸沈澱物をセルロースチューブ透析で、Lactose free にしたものを凍結乾燥して用いた。これには乳アルブミンと乳グロブリンが混在する。

当初は単体のアルブミン使用の予定であったが、市販品は卵アルブミンであり、これはアミノ酸組成の上から

乳アルブミンとかなり相違している<sup>2)3)</sup>、今回は上記のような Lactose free whey powder を乳アルブミンとして用いることにした。

飼料のカゼインと乳アルブミンとの混合比は Shahan<sup>4)</sup>、Harland<sup>5)</sup> らの数値(牛乳全窒素中、カゼイン態窒素79.0%、アルブミン態窒素を含む whey protein 窒素21.0%)を用いて算出した。すなわち蛋白源としてスキムミルクを用いた場合の乳アルブミン量を算出し、これと等しくなるよう whey protein の量を定め(2.67g)、残りをカゼインで満たすようにした。

C.LおよびC.A.L群に対する乳糖添加量は実測された<sup>6)</sup>スキムミルク中の乳糖量にもとずいて定め、精製乳糖( $\alpha$ 型)として加え、その分澱粉量を減じた。スキムミルク中の乳糖量は50.4%であった。

バターは Wh 群以外の群に対し、Wh群と等しくなるようこれも実測値にもとずいて添加量を定め、無塩バターとして添加した。脂肪測定にはレーゼ・ゴットリーブ法<sup>7)</sup>を用いた。

第1表 飼料配合割合(%)

飼料		カゼイン食+乳糖	カゼイン食+アルブミン	カゼイン食+アルブミン+乳糖	スキムミルク食	全脂乳食
略称		CL	CA	CAL	Sk	Wh
蛋白質源 <sup>1)</sup>	カゼイン	11.22	8.86	8.86	—	—
	whey protein <sup>2)</sup>	—	2.67	2.67	—	—
	スキムミルク	—	—	—	26.73	—
	全脂粉乳	—	—	—	—	40.90
乳糖 <sup>3)</sup>	13.43	—	13.43	—	—	
無塩バター	12.77	12.77	12.77	12.77	—	
無機質 <sup>4)</sup>	5.55	5.55	5.55	2.52	2.52	
ビタミン類 <sup>5)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
α-コーンスターチ	56.03	69.15	55.72	56.98	55.58	

- 1) 蛋白質…飼料の蛋白質は実測値にもとづいて10%に調整した。
- 2) Lactose free whey powderの調整本文中
- 3) 乳糖…局法α型乳糖を使用
- 4) 無機質の配合割合(飼料100g中のg)…NaCl 0.260, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.400, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.200, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.520, Ca[CH<sub>3</sub>CH(OH)COO]<sub>2</sub>·5H<sub>2</sub>O 3.03 (但しSk, Wh群は含まず) KI 0.020, Ferric Ammonium Citrate 0.120
- 5) ベンビタン末を使用

無機質のうちCa以外は各群に同量ずつ添加した。Sk群およびWh群はそれぞれ飼料100g中1472.68mg、921.90mgのCaを含み、これらはすでに白鼠の至適Ca量をこえているので、この両群の飼料にはCa添加を行わず、

### III 研究結果および考按

#### 1. 一般健康状態

CA群およびCAL群にそれぞれ一匹ずつの肺炎による死亡例を出したほかは全例最後まで順調な発育と良好な健康状態を保ち、行動も活潑であった。但し実験終了時の解剖の結果はSkとCA群のそれぞれに一例と、CL、CAL群のそれぞれ2例が組織学的に肺炎と診断された。しかしこれらの発育は普通であった。

#### 2. 体重発育

蛋白質がカゼインのみであったCL群の発育は他に比べて著しく劣るが(Sk群との差は2.5%で、また最高値を示したWh群との差は1.0%で有意)カゼインにアルブミンを添加した群では発育が著しく改善され、最終的

CL、CA、CAL群にはSk群と等しくなるよう乳酸カルシウムの形で添加した。

#### 2. 試験動物および飼育法

体重30g前後の離乳直後のWistar系、雄の白鼠を用い、6匹ずつ5群に分け、実験当初から各群毎に1つの代謝用ケージに入れ6匹飼いとす。試験飼料と水はad. libに与えて20日間飼育した。体重および摂取飼料の計量、採尿は一日おきに行なった。

#### 3. 飼料栄養価の評価法

各群飼料の栄養価の評価は一般健康状態および体重発育、蛋白質効率、全期間の尿中窒素および尿素排泄量、尿中クレアチニン排泄量、実験終了時における右側大腿骨、腓骨および脛骨の重量、長さ、灰分およびCa含量などの観点から行なった。

体重発育は一日おきに測定、飼料摂取量も一日おきに投与量から残量および、こぼし量を差し引いて出した。

採尿は実験期間を通し48時間毎に行ない、尿中窒素の測定にはマイクロキールダール法によった。こぼした飼料量は尿中澱粉量から推定し、これによって尿中窒素排泄量を補正した。澱粉の定量法はベルトラン法を用いた。

尿中クレアチニンは佐藤<sup>8)</sup>の方法を、尿素定量法はLeurine<sup>9)</sup>の方法を用いた。これらの測定はすべて採尿毎に、採尿直後に行なった。

骨長は1/20mm感度のノギスで測定、乾燥脱脂骨および灰分量は常法<sup>10)</sup>により測定、Caの定量は過マンガン酸カリウム容量法<sup>11)</sup>を用いた。

第2表 体重発育(g)

		実験開始時	8日目	14日目	20日目
実験	CL	30.1±3.2	35.6±6.1	45.4±6.7	56.7±6.2
	CA	29.8±1.0	42.8±2.7	55.9±3.9	70.0±3.6
	CAL	29.9±0.7	45.0±3.8	59.3±5.0	70.5±8.6
	Sk	29.9±3.1	41.7±3.5	54.0±4.2	64.8±8.0
	Wh	29.9±2.4	40.0±2.4	55.3±3.8	71.8±4.7
前回	C <sup>1)</sup>	32.8±1.7	54.6±4.1	75.3±7.1	90.9±9.4
実験	Sk <sup>2)</sup>	31.6±3.3	59.0±4.0	82.7±4.7	104.7±7.8

- 1) カゼイン群
- 2) 給食用スキムミルク群

にはSk群を凌駕してWh群とはほぼ等しくなった。すなわちアルブミンはOsborne<sup>12)</sup>やMarriot<sup>13)</sup>らのいうよう

にカゼインの栄養価に対し明らかに大きな補足効果を示した。これに更に乳糖を添加したものは発育の初期（飼育8日目まで）には全群中最大の増加を示したが、その後はCA群よりむしろ緩慢となったため最終体重はCA群と等しくなった。これらを総合すると前実験でみられたスキムミルクの体重発育における優位性は主として乳アルブミンの存在に帰せられるように思われる。

whey protein の製造過程中、この区分には含硫アミノ酸が移行しやすい<sup>14)</sup>。Cox<sup>15)</sup>らは鼠や犬にlactalbumin中に含まれるCys. とMet. の等量をカゼインに加えると、カゼインの栄養価が改善されたと報告している。本実験で観察された乳アルブミンのカゼイン補足効果が主としてこれらの含硫アミノ酸に帰因するものであるかどうかについては今後の検討にまたねばならない。

カゼイン食に対する乳糖添加の結果を前実験における乳糖無添加の場合と比較すると、1匹飼いと6匹飼いの差異はあるが、前回のカゼイン群の体重発育はスキムミルク群の約90%であったが、今回のカゼイン+乳糖群の発育はスキムミルク群の約85%で、僅かながら開きがむしろ大きくなった。カゼイン食に対する乳糖のみの添加は、むしろカゼインの栄養効果を低下しているようにみえる。しかし蛋白質源をカゼイン+アルブミンとした場合の乳糖添加(CAL)は発育の初期にCA群に勝るとも劣らぬ発育を示しているので、乳糖添加の影響は蛋白質源がカゼインのみの場合とカゼイン+アルブミンの場合とで異なる可能性が考えられる。また実験の後期にはCA群とCAL群との体重発育の差が消失したことから乳糖添加の効果は発育の時期によっても変化するのではないかと感を得た。

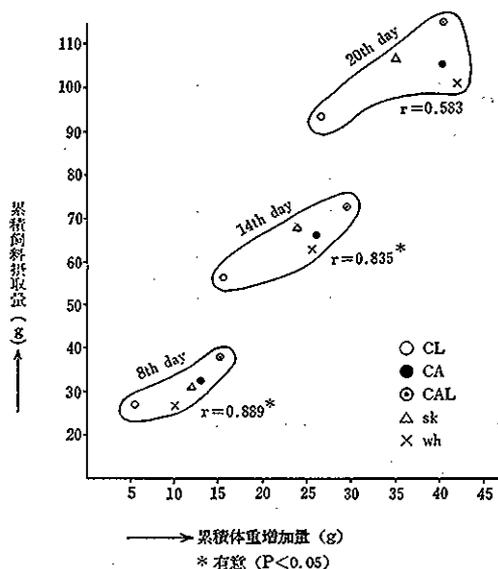
Sk 群とWh 群の発育を比較すると 飼育2週間頃迄は両者間に殆んど差異を見出せないが、それ以後は両者の間に次第に開きを生じ、20日目におけるSk 群の体重は2.5%水準でWh 群より有意に少なかった。両飼料の栄養組成は実質的に殆ど同一に調整されているので、この実験の後期に生じた両者間の体重発育の差異を飼料の栄養組成の差異に帰することはできないように思う。Sk 群の発育が最終的にはCA群やCAL群よりも劣ったことを考え合わせると、その原因の一つをスキムミルクの製造工程に求められそうにも思う。

しかし本実験のサンプルについてその製造工程を明らかにすることはできなかった。

### 3. 飼料摂取量、飼料効率および蛋白質効率

前述の体重発育に関係するものとして動物の先天的要因のほか飼料摂取量、飼料効率などが考えられる。第1

第1図 飼料摂取量と体重増加量との相関関係



図は実験開始後8日目、14日目および20日目における累積飼料摂取量と、同じく累積体重増加量との相関を示す。

CL群は常に最低の飼料摂取量で体重増加も最低、CAL群は常に最大の飼料摂取量で体重増加も20日目を除けば最大、他の群、すなわちCA、Sk およびWh 群は20日目を除きこれら両群の中間に位し、8日目、14日目の飼料摂取量と体重増加量との間には高い正相関（5%水準で有意）がみられた。すなわち体重増加の多少は一部飼料摂取の多少に帰することができるであろう。20日目に相関が低下したのはWh群とCA群とが比較的少ない飼料摂取で比較的大きな体重増加を示したからである。

前回実験のスキムミルク群、カゼイン群にくらべ、今回のSk 群、CL群の飼料摂取の著しく少ないのは一匹飼いと集団飼いの差異によるものであろうか。体重増加もそれに準じて少ない。

上記の数値から実験の各時期における飼料効率を算出してみると第3表のようになる。

各試験食の蛋白質量はどれも10%に調整してあるので蛋白質効率はすべて飼料効率の10倍に一致する。従って以下述べる飼料効率に関する事柄は蛋白質効率にもそのまま適用し得ることになる。

カゼイン食に乳糖を添加したCL群の飼料効率は8日目、14日目どれも全群中最低、20日目にはSk 群の効率低下によりSk 群とはほぼ等しくなったが尚低位を占めて

第3表 累積飼料効率

		8 日 目	14 日 目	20 日 目
CL		0.20	0.27	0.30
CA		0.40	0.39	0.38
CAL		0.40	0.40	0.35
Sk		0.38	0.35	0.33
Wh		0.38	0.40	0.41
前回実験	C <sup>1)</sup>	0.38	0.33	0.28
	Sk <sup>2)</sup>	0.47	0.37	0.33

- 1) カゼイン群
- 2) 給食用スキムミルク群

いる。このことからCL群にみられた体重発育の不振は飼料摂取量の少なさによるばかりでなく、飼料効率の低下にもその一因を求めることができよう。

前実験におけるカゼイン群対スキムミルク群の飼料効率を本実験のCL群対スキムミルク群の飼料効率と比較すると(第3表)カゼイン食に対する乳糖の添加は飼料効率の上でも、むしろマイナスに作用したとさえそうである。

この際用いられた乳糖がα型であったことも一考に入れるべきであろう。

CAおよびCAL群の飼料効率は全実験期間を通してほぼ等しく、20日目にCAL群が僅かに低い値を示した程度である。即ち蛋白源をカゼイン+アルブミンとした場合、乳糖添加の有無は飼料効率に殆ど影響を及ぼさないようにみえる。従って実験初期、中期におけるCAL群のすぐれた体重増加は主として飼料摂取の多かった事に帰せられよう。

Sk群の実験初期の飼料効率はCA、CALおよびWh群とほぼ等しいが、その後は次第に低下して中期には三群を下まわり、後期には最低のCL群と同水準になった事は前記の通りである。

実験中期まではCA、CAL、Wh群に近い体重発育を示していたSk群が後期にいたってこれら三群とCL群との間に位置するようになったのは飼料摂取量が少なかったためではなく、むしろ週令に伴う飼料効率の低下が他群より著しかったことによるとみることができると。

前実験におけるスキムミルク群の飼料効率は全体に本実験のスキムミルク群より高いが、これは1匹飼いと6匹飼いとの方がいいによるものであろう。しかし動物の週令による飼料効率の低下の度合は両者ほぼ同程度であった。(第3表下段)

Wh群の飼料効率は実験中期まではCAおよびCAL群とほぼ同水準であったが、後期には他群の効率の低下に反して上昇を示し、全群中最高となった。Wh群の体重発育が実験後期にいたって最高に達したのは飼料摂取量が多かったからではなく、この時期において示された高い飼料効率に帰することができる。

同一飼料の飼料効率は一般に発育の初期ほど高く次第に低下するのが通例であるが<sup>16)</sup>、今回の実験ではCL群とWh群はこれに逆行する傾向を示した。

20日間で実験を終結させたので、発育に伴う変化を充分に映し出せなかったことも考えられる。また6匹飼いであったため例外的な動物があったとしても、これを識別できず、それが平均値に影響した可能性も一応考えられる。しかし今回の実験に関する限りこれ以上の考察はひかえたい。

#### 4. 尿中窒素、尿素およびクレアチニン排泄量

実験開始後8日目、14日目および20日目における各群の窒素摂取量、これに対する尿中総窒素量、尿素、クレアチニン排泄量を第4表に示す。何れも累積値である。

尿中窒素排泄量は8日目および14日目にはSk群とCL群が第一位と第二位を占め、20日目には両者ほぼ同値となった。すなわちカゼインに対する乳糖の添加は発育初期において尿中窒素の損失を多少抑制するようにみえるが、CL群は窒素の摂取量自体が少ないので摂取量に対する尿中排泄量の比はCL群が最も高く、約20%に上る。またCL群における窒素の摂取量と尿中排泄量との差は常に全群中最低値を示す。前回実験は一匹飼いであったため、グループ飼いとした本実験と直接の比較はできないが、14日目における窒素摂取と尿中窒素排泄量との関係を前回実験カゼイン群とスキムミルク群、本実験のCL群とSk群について比較してみると、窒素摂取量に対する尿中窒素排泄量の比(前回カゼイン群30%、スキムミルク群23%、今回CL群20%、Sk群19%)や両窒素量の差(前回カゼイン群(mg)/スキムミルク群(mg)=75%、今回CL群(mg)/Sk群(mg)=82%)などの点で今回の成績は乳糖添加により僅か乍ら改善されたかにみえる。

CAおよびCAL群の窒素排泄は全期間を通してSk群より遙かに少なく、カゼインに対するアルブミンの補足効果は予想以上のものとなった。摂取窒素に対する排泄窒素の比も常に最低を示し、窒素の摂取量と尿中排泄量との差は最も大きく、カゼインに対するアルブミン補足は尿中への窒素の損失を抑制するようにみえる。カゼインに対するアルブミンの補足効果は予想以上のものと

第4表 尿中窒素、尿酸およびクレアチニン排泄量（累積値、一匹当り）

	8 日 目					14 日 目					20 日 目					
	CL	CA	CAL	Sk	Wh	CL	CA	CAL	Sk	Wh	CL	CA	CAL	Sk	Wh	
平均体重(g)	35.6	42.0	45.0	41.7	40.0	45.4	55.9	59.3	54.0	55.3	56.7	70.0	70.5	64.8	71.8	
窒素摂取量(mg)	426.3	511.0	595.6	485.9	420.1	876.2	1037.6	1117.6	1067.4	984.3	1452.9	1648.9	1774.3	1674.0	1583.0	
尿中排泄量	総窒素(mg)(A)	90.38	65.78	63.82	100.56	69.94	174.28	143.62	149.00	201.24	150.36	297.28	225.30	251.54	292.88	267.76
	尿酸(mg)	52.60	22.06	26.48	39.82	34.98	112.38	81.88	92.60	105.74	80.14	190.84	136.26	154.38	157.16	124.26
	クレアチニン(mg)(B)	32.78	26.88	36.32	49.40	32.64	55.76	52.14	59.62	92.24	66.90	87.52	76.28	93.32	133.24	114.48
尿酸窒素/窒素摂取量(B/A)	21.2	12.9	10.7	20.7	16.6	19.9	13.8	13.3	18.8	15.3	20.4	13.6	14.2	17.5	16.9	
	0.36	0.47	0.57	0.49	0.47	0.32	0.36	0.40	0.45	0.44	0.29	0.34	0.35	0.45	0.43	

なった。摂取窒素に対する排泄窒素の比も常に最低を示し、窒素の摂取量と尿中排泄量との差は最も大きく、カゼインに対するアルブミン補足は尿中への窒素の損失を抑制するように見える。カゼインに対するアルブミン補足量は Shahani<sup>4)</sup>, Harland<sup>5)</sup> らの測定値にもとずいてスキムミルクと等しくしてあるにも拘らず、このような結果を生じたのは何によるものであろう。本実験で用いられたスキムミルクの製造過程についての情報が得られないので、今後の課題として残したい。

CA、CAL両群間に著しい差はみられないが、実験初期のみはCAL群の方が窒素の摂取量が多いに拘らず、尿中排泄量は少なく、窒素のより有効な利用が示唆される。この傾向は実験の後期までには殆ど消失した。体重発育が実験の初期においてCA群よりCAL群の方がまさり、後期までにはその差が消失したことを考え合わせて興味深い。蛋白源がカゼイン+アルブミンの場合の乳糖添加は発育の初期において窒素の利用を助ける可能性が考えられる。

Ferrier<sup>17)</sup> らは魚粉を蛋白源としてこれに乳糖を15、30%添加した時の蛋白質と乳糖との関係を発育の面から観察している。これによると乳糖15%添加群では発育もよく、また臓器重量、肝臓中の蛋白質量も増加したという。飼料に対する乳糖添加の影響はその蛋白源如何により、また添加量により、あるいは対象動物の発育の時期により異なるのかも知れない。

Sk 群と Wh 群の尿中窒素排泄量、摂取窒素に対する尿酸窒素比を比較すると Sk 群が常に高値を示すが、Sk 群は窒素摂取量も多いので、これと尿中窒素排泄量との差は両者ほぼ等しい。実験中期までは両者の発育もほぼ等しかったが、最終的な体重に有意の差(2.5%水準)を生じたのをどう解釈すべきか、ここにも疑問が残る。

尿中尿酸の排泄はCL群とSk群の順序が入れ代った

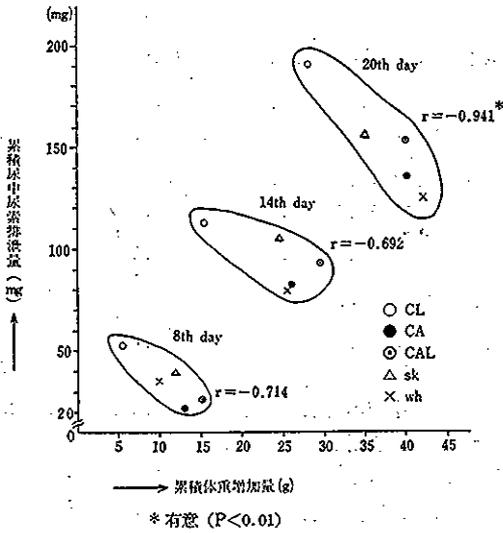
のみで、尿中窒素排泄と大体類似の傾向を示した。尿酸排泄の点から判断するとカゼイン食に乳糖を添加しても蛋白質利用はスキムミルク食レベルに達しないことになる。CA群の尿酸排泄量は実験期間を通してSk群より遙かに少なく、ここでもアルブミン補足がカゼインの利用率を著しく高めたことを伺わせる。一方これに対する乳糖の添加はむしろ尿酸排泄を増加させる結果となり、尿酸排泄量から判断すると乳糖添加はむしろ蛋白質の利用率を低下させたことになる。

Sk 群と Wh 群とを比較すると、常に後者の尿酸排泄が少なく、この場合は総窒素排泄の場合と同一関係を示した。実験初期にはCA群、CAL群の尿酸排泄はWh群より低かったが(有意水準には達しない)最終的にはWh群が最も低い値をとり、この面からすれば発育初期にはカゼイン+アルブミン、発育後期になると全脂粉乳蛋白質の利用率がより高いと判定される。これは年齢によるアミノ酸需要量の変化や、消化能力の発達過程など何等かの関係がないものであろうか。

尿酸排泄量は窒素摂取量や総窒素排泄量との間に何等の関係も見出せないが、第2図に示した様に体重増加との間に-0.692、~-0.941のかなり高い逆相関を示し、殊に最終の値は1%で有意水準に達した。また完全にではないが蛋白質効率の値ともかなりよく一致する。

尿中クレアチニン排泄量は常にSk群が最高、発育初期を除けば二位はWh群、三位がCAL群、最低は常に乳糖を全く含まないCA群で、これには乳糖の存在が何等かの形で関係しているかにみえる。カゼインに乳糖添加したもののクレアチニン排泄は既にスキムミルクの場合より低く、カゼインにアルブミンを補足したものではさらに低くなるが、これに乳糖を添加するとクレアチニン排泄量はむしろ増加し、カゼイン+乳糖の場合よりも高くなる。これからも蛋白代謝に対する乳糖関与の可能性が

第2図 尿中尿素排泄量と体重増加との相関関係



示唆されるように思う。

芦田の提唱するクレアチニン/総窒素<sup>19)</sup>をみると常にCL群が最低値をとり、最高値は初期ではCAL群、中期から後期にかけてはSk群とWh群とが占める。初期を除いてCAとCAL群とがほぼ等値を示すこと、SkとWh群とが常に近似値をとることなどから、この比にかなり妥当性があるように思われるが、体重発育、飼料の蛋白質効率などは必ずしも一致せず、解釈は簡単でない。

5. 骨発達、骨組織に対する影響

カルシウムの体内利用状態をみるために実験終了時の20日目に各群よりの4匹(最大、最小を除いた残り、但

しCAL群のみは健全だった4匹)ずつにつき、一側の骨長、重量、灰分、Ca含量を測定した。その結果は第5表の通りである。

骨長はCAL群とSk群とが最長、Wh群がこれにつき、CLとCA群とが最短であった。

この視点からするとカゼインに対する乳糖またはアルブミンの単独添加は骨の長育にあまり影響せず、この両者の共存が長育に効果を示すようにみえる。また骨長は必ずしも体重に平行せず、Ca摂取量との間にある程度関係が認められる。

骨重量はCAL、Wh、CA、Sk、CL群の順で、体重とほぼ平衡する。カゼイン食に対する乳糖添加の骨発達に対する効果を見るため、前回の実験におけるC(カゼイン):Skと今回実験のCL:Skの骨重量比および骨長比を比較すると(本実験期間20日、前実験期間49日の結果)、骨の長さでは前実験95%に対し、本実験90%、重さでは前実験85%に対し、本実験90%で乳糖添加の効果らしきものは殆んど認められない。しかしカゼインに対するアルブミン補足の効果は骨重量において明かで、Sk群を上まわり、さらにこの場合の乳糖添加は骨重量をWh群レベルまで引上げている。すなわち骨重量に対する乳糖添加の効果は蛋白源がカゼインのみである場合とアルブミンで補足されたカゼインである場合とでかなり相違するようにみえる。Sk群とWh群とを比較すると摂取量や骨長は前者に大きいにも拘らず、骨重量は後者に大きい。しかしこれらの差は何れも有意水準に達しない。

骨灰分量の大小は骨重量の場合と全く同じ順序でCAL群が最高、CL群が最低である。カゼイン食に対する乳糖添加の骨灰分量に対する効果らしいものは殆ど観察されないが(第5表)カゼインにアルブミンが補足さ

第5表 骨長、骨重量、および、灰分、カルシウム含量

		CL	CA	CAL	Sk	Wh
平均体重(g)		57.5	69.6	70.5	65.8	72.9
総カルシウム摂取量(mg)(A)		371.4	414.4	452.6	420.5	380.9
骨長(大腿骨+脛骨)(cm)		4.48 ± 0.12	4.48 ± 0.10	4.81 ± 0.10	4.90 ± 0.14	4.57 ± 0.13
脱脂乾燥骨重量(大腿骨+脛骨+腓骨)(g)(B)		0.167 ± 0.014	0.193 ± 0.017	0.206 ± 0.016	0.184 ± 0.005	0.203 ± 0.008
灰分	総量(mg)(C)	80.9 ± 11.2	93.9 ± 7.7	106.3 ± 7.5	89.3 ± 2.5	97.9 ± 5.3
	C/B (%)	48.2 ± 3.7	48.5 ± 2.1	51.6 ± 0.6	48.8 ± 0.6	48.2 ± 1.1
カルシウム	総量(mg)(D)	41.2 ± 5.1	46.5 ± 4.5	52.8 ± 3.8	44.0 ± 1.3	50.0 ± 1.2
	D/C (%)	51.0 ± 1.8	49.3 ± 2.2	49.6 ± 1.2	49.3 ± 1.8	51.2 ± 2.2
	D/A (%)	11.0	11.1	11.8	10.4	13.1

れると灰分蓄積は著しく増加して、Sk 群を凌駕し、これに乳糖が添加されるとさらに蓄積量が増す。すなわちここでも蛋白源がカゼインのみか、カゼイン+アルブミンかによって乳糖添加効果に著しい相異が認められた。

カルシウム代謝におよぼす乳糖またはアルブミンの単独添加に関する報告は今までにかなりみられる<sup>19)20)21)22)23)24)</sup>が、今回の実験成績ではカゼインにこの両者が添加された時、その効果が一層大きくなることを観察した。Wh 群の骨灰分量は Sk 群より多い。骨重量に対する灰

分比はCAL群に僅かに高いのみで、全群殆んど等値を示し、武藤ら<sup>25)</sup>の報告にもみられるように骨の大小、飼料如何に拘らず、骨組成はほぼ一定に保たれていることを伺わせる。

骨カルシウム量はこれも骨重量、骨灰分量と全く同一の傾向を示し、CAL, Wh, CA, Sk, CL 群の順序に大きく、乳糖添加、アルブミン補足の効果については上と全く同様な推測をすることができる。また Sk と Wh 群の関係についても同様であった。

## IV 要 約

カゼイン食に対するスキムミルク食の栄養的優位性がスキムミルクに含まれる乳糖によるものか、乳アルブミンによるものか、あるいは両者の総合作用によるものかをみるため、蛋白源をカゼインとしてこれに乳糖を加えた群 (CL群)、カゼインに乳アルブミンを添加した群 (CA群)、カゼインに乳アルブミンと乳糖を添加した群 (CAL群)を設け、スキムミルク群 (Sk 群) と比較した。また念のため全脂粉乳群 (Wh群) を加えた。

各飼料の蛋白質レベルは実測値にもとづいて10%とし、離乳直後の白鼠を用い、6匹ずつのグループ飼いと20日間飼育した。

一般健康状態、体重発育、飼料効率、蛋白質の利用、骨発育、骨組成などに対する試験飼料の影響を観察した。

CL群は体重発育、飼料および蛋白質効率、尿素排泄、骨発育、骨灰分およびカルシウム量などの点において全群中最低、Sk 群との間に大差がみられ、乳糖添加の効果は殆んど観察されなかった。

これに反しCA群は上掲項目の大部分においてSk 群を凌駕する成績を示し、さらに乳糖を添加した群は発育の初期においてCA 群より飼料摂取量や体重増加量がCA群を凌駕する成績を示した。しかし実験終了時の体重はCA群とほぼ等しくなり、飼料効率はCA群とほぼ同値であった。また乳糖の添加 (CAL) は尿素およびクレアチニン排泄の増加をもたらしたが、窒素摂取量も多かったため、窒素摂取量と尿中窒素排泄量との差はCA群とほぼ等しかった。

カゼイン食に乳糖を添加しても骨発育、骨組成の上でSk 群レベルに達しなかったが、アルブミンを添加するとSk 群を上まわり、これにさらに乳糖を添加すると一層すぐれた成績を示した。

飼料の蛋白源として栄養効率の上からスキムミルクは

全脂粉乳に劣った。

whey protein は明治乳業株式会社研究部、土屋文安博士の御厚意により調整されました。

尿中尿素およびクレアチニン排泄量の測定に関して国立公衆衛生院、高橋徹三博士の御指導をいただき、また本研究に対し日本児童福祉給食会から研究費の御援助を受けました。

ここに記して深く感謝致します。

### [文 献]

- 1) 武藤静子、水野清子、伊東明子、内藤寿七郎：栄養と食糧 22, 37 (1969)
- 2) Gordon, W. G., and Ziegler, J.: Arch. Biochem. Biophys., 57, 80 (1955)
- 3) Haurowitz, F.: Chemistry and Biology of Protein, p. 32 (1950) Academic Press. (New York)
- 4) Shahani, K. M., and Sommer, H. H.: J. Dairy Sci., 34, 1010 (1951)
- 5) Harland, H. A.: J. Dairy Sci., 38, 858 (1955)
- 6) 中西武雄、足立達、鴛田文三郎、中江利孝、菅原弘、下村正巳、中野覚：乳業技術講座編集委員会編、牛乳・乳製品検査、p. 54 (1967)、朝倉書店(東京)
- 7) 佐々木林治郎、津郷友吉：乳の化学、p. 200 (1957) 地球出版(東京)
- 8) 佐藤徳郎、福山富太郎：臨床病理 4, 235 (1956)
- 9) Leurine, J. M., Leon, P., and Stegmann, F.: Clin. Chem., 7, 488 (1961)
- 10) 永原太郎、岩尾裕之、久保彰治：全訂 食品分析法、p. 140 (1969) 柴田書店(東京)
- 11) 同上 p. 153 (1969) 柴田書店(東京)

- 12) Osborne, J. B., and Mendel, L. B.: *J. Biol. Chem.*, 20, 351 (1915)
- 13) Marriot, W. M.: *Infant Nutrition*. 4th Ed., p. 49 (1947) St. Louis, Mosby.
- 14) 津郷友吉、吉野梅夫: 乳業技術講座編集委員会編、牛乳 p. 24~58 (1966) 朝倉書店 (東京)
- 15) Cox, W. M., and Mueller, A. J.: *J. Nutr.*, 33, 437 (1947)
- 16) 武藤静子、水野清子: 栄養と食糧 22, 3 (1970)
- 17) Février, C., and Rérot, A.: *Biochim. Biophys.*, 4, 423 (1964)
- 18) 芦田 淳: 栄養化学特論 p. 193 (1963) 養賢堂 (東京)
- 19) Macane, R. and Widdowson, E. M.: *J. Physiol.*, 101, 304 (1942)
- 20) Wassermann, R. H., and Leugemann, F. W.: *J. Nutr.*, 70, 377 (1960)
- 21) Fournier, P. L., and Dupuis, Y.: *C. R. Acad. Sci.*, 262D, 797 (1967)
- 22) Fournier, P. L., and Dupuis, Y.: *C. R. Acad. Sci.*, 259, 2132 (1964)
- 23) Chang, Y. O., and Hegsted, D. M.: *J. Nutr.*, 82, 297 (1964)
- 24) Stenollikar, I. S., and Rao, B. S. N.: *Indian J. Med. Res.*, 56, 1412 (1968)
- 25) 武藤静子、赤沢典子: 栄養と食糧 20, 6 (1968)

## Study on Skimmed Mik (2)

Part 3. Effects of lactose and albumin supplements to casein diet upon the growth, nitrogenous components in the urine and bone development of young rats.

Dept. 4 Kiyoko Mizuno  
Masako Doi  
Shizuko Mutoo

In our previous report we demonstrated that skimmed milk powder was superior to casein as a source of protein for the growing rat.

The present experiment was conducted to find out whether the superiority of skimmed milk powder was attributable to the presence of lactose, albumin, or combination of both elements.

Thirty weaned rats were divided into 5 groups each of which was fed for 20 days on casein diet plus lactose (CL group), casein diet plus albumin (CA group), casein diet plus albumin plus lactose (CAL group), skimmed milk diet (Sk group), and whole milk diet (Wh group), respectively. The body weight, food intake, and the total nitrogen, creatinine and urea excretion in the urine were determined every other day. On the 20th day they were killed and the femur length, weight, ash and calcium contents of the femur were determined.

The addition of lactose to the casein diet brought little improvement either in growth or in food efficiency, showing the significantly lower weight gain than the skimmed milk group and the consistently lower, but not significant, nitrogen utilization, and the poorer bone development compared with those of the skimmed milk group.

The addition of albumin, however, yielded a marked improvements in these items, even surpassing those of the skimmed milk group. The further addition of lactose besides albumin to the casein diet resulted in the promotion of bone development compared with the results of the single addition of albumin to the casein diet, though not significant. The whole milk group was superior in every point to the skimmed milk group.