

乳児栄養における蛋白質と脂質の 相互利用性に関する研究

(蛋白質の量と質をかえた7種類の
乳汁で哺育された低出生体重児の
窒素代謝および脂肪代謝について)

川崎医科大学 小児科学教室 (指導教授: 守田哲朗教授)

井 上 満 夫

(昭和56年2月19日受付)

Mutual Availability of Protein and Fat in Infant Nutrition

Mitsuo Inoue

Department of Pediatrics, Kawasaki Medical School

(Accepted on Feb. 19, 1981)

乳児栄養における乳汁中の蛋白質と脂肪の相互利用性を検討する目的で、6種類の人工乳(A乳: 蛋白質 1.60 g/dl, ホエー蛋白質 0.35 g/dl, カゼイン 1.25 g/dl, 脂肪 3.72 g/dl; B乳: 1.60 g/dl, 0.96 g/dl, 0.64 g/dl, 3.72 g/dl; C乳: 1.85 g/dl, 0.41 g/dl, 1.44 g/dl, 3.50 g/dl; D乳: 1.85 g/dl, 1.11 g/dl, 0.74 g/dl, 3.50 g/dl; E乳: 2.19 g/dl, 0.61 g/dl, 1.58 g/dl, 2.60 g/dl; F乳: 2.19 g/dl, 1.31 g/dl, 0.88 g/dl, 2.60 g/dl) と人乳(G乳)で低出生体重児63名(AおよびF群10名宛, BおよびG群8名宛, C, D, E各群9名宛)を哺育した。各乳児について、体重が2,100~2,200 g, 2,400~2,500 g および2,700~2,800 g に達した時の3回、24時間中に排泄した尿および尿を採取し、脂肪出納, 尿中排泄脂質分画および窒素出納を比較検討し、つぎの結果をえた。

1. 窒素の吸収量および蓄積量は摂取量とともに増加した。窒素蓄積率は高ホエー蛋白質乳哺育群(B, DおよびF群)の方が高カゼイン乳哺育群(A, CおよびE群)より高値であった。
2. 脂肪吸収率は, B, D両群がA, C両群より高値であった。
3. 尿中排泄中性脂肪量, 遊離脂肪酸量, ケン化脂肪酸量はいずれもA, C, E群がB, D, F群より高値であった。

以上の成績から、高ホエー蛋白質乳はその構成脂肪の吸収を助長し、吸収された脂肪が蛋白質の異化をおさえ、同化作用に好影響をもたらすと結論した。

To study the mutual availability of protein and fat in milk formulae, six different milk formulae (A milk: protein 1.60 g/dl, whey protein 0.35 g/dl, casein 1.25 g/dl, fat 3.72 g/dl; B milk: 1.60 g/dl, 0.96 g/dl, 0.64 g/dl, 3.72 g/dl; C milk: 1.85 g/dl, 0.41 g/dl, 1.44 g/dl, 3.50 g/dl; D milk: 1.85 g/dl, 1.11 g/dl, 0.74 g/dl, 3.50

g/dl; E milk: 2.19 g/dl, 0.61 g/dl, 1.58 g/dl, 2.60 g/dl; F milk: 2.19 g/dl, 1.31 g/dl, 0.88 g/dl, 2.60 g/dl) and breast milk (G milk) were prepared and given to 63 low birthweight infants (groups A and F: 10 infants each, groups B and G: 8 infants each, groups C-E: 9 infants each). Urines and feces were collected 3 times in each infant when the body weight reached at 2,100—2,200 g, 2,400—2,500 g and 2,700—2,800 g, respectively.

The results are summarized as follows:

1) The nitrogen absorption and retention increased with the increasing amount of nitrogen intake. The nitrogen retention ratio was higher in B, D and F groups fed on high whey protein milk formulae than in A, C and E groups fed on high casein milk formula.

2) The amount and rate of fat absorption were higher in B and D groups than A and C groups.

3) The fecal excretions of neutral fat, free fatty acid and saponified fatty acid were all higher in A, C and E groups than in B, D and F groups.

Therefore, it is concluded that the high whey protein milk formula (singular) improves the fat absorption and the absorbed fat depresses the protein catabolism and gives a favorable effect on the protein anabolism.

はじめに

牛乳には人乳の約3倍の蛋白質が含まれ、比率の上ではホエー蛋白質が少なく、カゼインが多い。育児用人工乳の蛋白質組成は人乳のようにホエー蛋白質優位にするのがよいのか、あるいはカゼイン優位でもかまわないのか、これの学理的証明はまだ十分でない。しかるに、今日の人工乳はホエー蛋白質優位になる機運にある。

これに加えて、最近の人工乳においては脂肪は質的には牛乳脂肪の一部を高級不飽和脂肪酸含量の多い植物油で置換し、量的にも人乳の濃度に近似してあるが、蛋白質の方は質的にはホエー蛋白質優位になされていても、量的にはまだ人乳の濃度まで減量されていない。蛋白質組成をホエー蛋白質優位にし、利用効率のよい脂肪を高濃度に用いるならば、蛋白質濃度は人乳の濃度までとはいかなくても、かなり減量できるのではなからうか。この疑問の解決には人工乳蛋白質の量および質に関する栄養代謝的検討はもちろん、それと脂肪代謝との関連性につい

ても併せ検討してみる必要があると考える。

そこで、著者は乳汁蛋白質の質の違いが幼若乳児の脂肪利用にいかなる影響を及ぼすかについて検討するとともに、乳汁蛋白質の量の問題をも追求してみた。すなわち、蛋白質の量および質組成を変えた7種類の乳汁で低出生体重児を哺育し、脂肪出納、尿中排泄脂質分画、窒素出納、体重増加量などを比較測定した。以下、その成績について述べる。

研究方法

1. 研究対象

川崎医科大学小児科学教室未熟児センターに入院中の低出生体重児63名を研究の対象にした。対象児は出生時に強度の仮死なく(Apgar score 7点以上)、出生後も呼吸障害、重症黄疸など異常臨床所見を全く認めなかった者で、これらを **Table 1** のようにAからGまでの7群(AおよびF群10名宛、BおよびG群8名宛、C, D, E各群9名宛)に分けた。

2. 乳汁組成および授乳方法

7種類の乳汁(AからG乳)を研究に供し、

Table 1. Materials

	A 群		B 群		C 群		D 群		E 群		F 群		G 群	
	生下時体重 (g)	胎令 (週)	生下時体重 (g)	胎令 (週)	生下時体重 (g)	胎令 (週)	生下時体重 (g)	胎令 (週)	生下時体重 (g)	胎令 (週)	生下時体重 (g)	胎令 (週)	生下時体重 (g)	胎令 (週)
1	1900	37	1720	36	1900	37	2155	36	1865	35	1980	37	2125	38
2	1830	37	1680	32	2400	34	1900	37	1215	31	2090	33	2100	38
3	1960	36	1325	34	1700	34	1820	34	1530	33	2220	35	2160	39
4	1860	33	1560	41	1720	37	1820	35	2030	34	2000	35	1630	30
5	1290	29	1795	36	2280	35	1960	38	2080	38	1675	37	2140	34
6	2000	38	1820	39	2060	35	1940	41	1660	31	1865	39	2290	33
7	1955	32	1700	31	1960	35	1580	30	1600	33	1845	37	1870	32
8	2370	36	2150	38	2150	38	1410	39	1860	39	1540	31	1900	39
9	1780	40			2000	34	2150	38	1810	35	1610	33		
10	2140	35									1625	33		
平均	1909	35.3	1719	35.9	2019	35.4	1859	36.4	1739	34.3	1845	35.0	2027	35.4

Table 2. Composition of Milk Formulae

	A 乳	B 乳	C 乳	D 乳	E 乳	F 乳	G 人乳	
蛋白質	g/dl	1.60	1.60	1.85	1.85	2.19	2.19	1.4
アルブミン		0.35	0.96	0.41	1.11	0.61	1.31	0.8
グロブリン								
カゼイン		1.25	0.64	1.44	0.74	1.58	0.88	0.6
脂肪	g/dl	3.72	3.72	3.50	3.50	2.60	2.60	3.1
糖質	g/dl	7.45	7.45	7.94	7.94	9.59	9.56	9.6
灰分	g/dl	0.27	0.27	0.43	0.43	0.36	0.36	0.2
エネルギー	Kcal/dl	69	69	70.7	70.7	70.3	70.3	61

それらの成分組成を Table 2 に示した。すなわち、A乳とB乳は蛋白質、脂肪含量がそれぞれ 1.60 g/dl, 3.72 g/dl (以下、比較的低蛋白質・高脂肪と記載) の乳汁, C乳とD乳はそれぞれがそれぞれ 1.85 g/dl, 3.50 g/dl (以下、中等度蛋白質・中等度脂肪) の乳汁, E乳とF乳はそれぞれがそれぞれ 2.19 g/dl, 2.60 g/dl (以下、比較的高蛋白質・低脂肪) の乳汁である。また、A, C, E の3乳はカゼイン含量の多い(以下、高カゼイン) 乳汁, B, D, F の3乳はホエー蛋白質の多い(以下、高ホエー蛋白質) 乳汁である。さらに、すべての人工乳の脂肪組成はラード 50%, トウモロコシ油 30%, ヤシ油

20%から成り、 β 位パルミチン酸含量 45~50% と質的には均一にした。G乳は冷凍人乳である。これら乳汁でAからH群までの低出生体重児をそれぞれ哺育した。

A乳とB乳は体重がおおよそ 2,000 g, G乳とD乳は 1,800 g, E乳とF乳は 1,500 g, G乳は出生時からそれぞれ投与を開始した。初期栄養の進め方は山内¹⁾の方法に準じて行なった。ただ、full feeding 到達後は乳汁は必ずしもエネルギー量 120 kcal/kg, 水分量 150 ml/kg の基準にこだわらず、乳児の要求に応じて弾力的に増量し与えた。

3. 測定事項

(1) 試料の採取

前記各乳児について体重が2,100~2,200 g, 2,400~2,500 g および 2,700~2,800 g に達した時の3回, 24時間中に排泄した尿および糞便を分画採取した。糞便は直ちに研究に供し, 尿は-10°Cの冷凍庫中に保存, できるだけ速やかに研究に供した。

(2) 測定項目

糞便中の総脂肪量, 中性脂肪量, 遊離脂肪酸量およびケン化脂肪酸量 (Saxon 法変法²⁾) を測定し, これらの値をそれぞれの項の a 値とした。ついで, 各群ごとにこれら各項目 a 値の平均値を求め, それぞれの b 値とした。なお, 粉乳中の脂肪含量は Folch 法で測定した。

つぎに, 摂取乳汁, 尿中および糞便中の N 量 (Microkjeldahl, Parness 変法^{3,4)}) を測定し, それぞれの b 値を求めた。

つぎに, 1 日体重増加量を毎日算出し, これらの値を体重 2,000~2,500 g の期間と 2,500~2,900 g の期間とに分け, それぞれの b 値を求めた。出生体重が 2,000 g を超えた児については生後減少した体重が出生時のそれに復帰してから後の成績につき検討した。

最後に, 測定成績を推計学的に比較検討した。すなわち, 蛋白質の質のみを変えた乳汁哺育の A 群と B 群, C 群と D 群, E 群と F 群それ

ぞれの間で, また, 蛋白質の量を変えた高カゼイン乳哺育の A 群と C 群, C 群と E 群, A 群と E 群, 高ホエー蛋白質乳哺育の B 群と D 群, D 群と F 群, B 群と F 群それぞれの間で測定成績を比較, ついで人乳哺育の G 群の成績と人工乳哺育の A から F 群までの成績をそれぞれ比較し, いずれも推計学的に有意差検定 (t-分布⁵⁾) を行なった。

研究成績

1. 脂肪出納

各群における摂取脂肪量, 吸収脂肪量, 脂肪吸収率の b 値および標準偏差 δ を **Table 3** に, a および b 値を **Fig. 1** に, 有意差検定の成績を **Table 4** にそれぞれ示した。

(1) 当 kg 体重摂取脂肪量: 比較的高脂肪乳哺育の A, B 両群, 中等度脂肪乳哺育の C, D 両群, 人乳哺育の G 群, 比較的低脂肪乳哺育の E, F 両群の順に, すなわち, 脂肪含量の多い乳汁摂取群ほど有意に高値であった。高カゼイン乳哺育の A, C, E 3 群とそれぞれ対応する高ホエー蛋白質乳哺育の B, D, F 3 群との間には有意差がなかった。

(2) 当 kg 体重吸収脂肪量: 高カゼイン乳哺育の A, C, E 3 群の間では脂肪摂取量と共に増減する傾向を示したが, 高ホエー蛋白質乳哺育の B, D, F 3 群の間にはかかる傾向を認めな

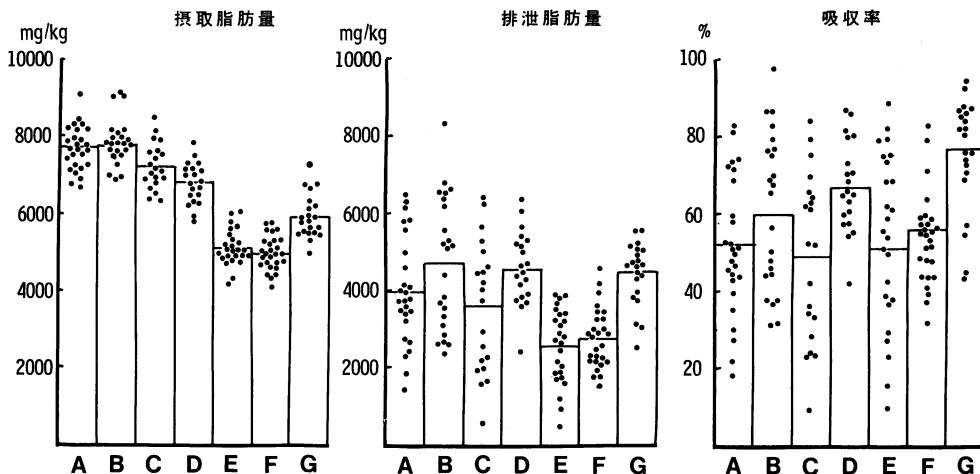


Fig. 1. Fat Balance (a and b)

Table 3. Fat Balance, Fecal Fat Fraction, Nitrogen Balance and Daily Body Weight Gain

群	日	年齢	体重 g	脂質出納尿中脂質分画										N				体増加量 g/日			
				摂取脂肪量		排泄		脂質		吸収		脂肪吸収率 %	摂取N量 mg/kg	排泄N量		吸収N量 mg/kg	N吸収率 %	蓄積N量 mg/kg	蓄積率 %	2000 ~ 2500	2500g ~ 2900g
				総量 mg/kg	遊離脂肪酸 量 mg/kg	ケン化脂肪酸 量 mg/kg	中性脂肪 量 mg/kg	%	%	脂肪量 mg/kg	%			尿	尿						
												量 mg/kg	量 mg/kg			量 mg/kg	量 mg/kg	量 mg/kg	量 mg/kg		
A	b値	32	2462	7728	1598	39.2	1652	47.1	506	13.6	3974	51.7	533	169	75	455	85.3	286	53.5	32.1	44.0
	σ		240	577	971	15.0	544	15.0	256	4.9	1358	17.4	40	37	24	51	5.1	46	6.5	5.3	8.2
B	b値	31	2468	7737	1428	44.0	1278	40.8	484	15.3	4704	60.3	532	145	70	450	84.6	305	57.4	34.6	49.7
	σ		243	450	841	13.3	542	15.1	251	5.9	1669	19.6	30	38	21	43	6.3	62	11.4	11.8	9.3
C	b値	29	2516	7231	1282	29.8	1834	57.4	413	12.7	3590	49.2	594	194	75	518	87.2	321	54.6	33.1	46.2
	σ		224	554	1131	18.8	594	18.2	371	9.2	1656	21.7	23	43	25	32	4.3	46	8.3	8.8	7.7
D	b値	37	2443	6826	852	31.1	1333	55.5	311	13.5	4574	66.8	580	141	76	503	86.9	361	62.4	41.6	46.1
	σ		230	526	673	13.3	413	13.2	176	9.2	915	11.4	45	41	24	50	4.5	58	8.7	7.7	13.0
E	b値	32	2447	5083	1039	34.8	1281	54.8	233	10.5	2550	50.8	685	217	47	584	85.1	360	52.7	42.2	51.0
	σ		250	444	744	16.2	504	16.6	126	7.4	960	20.4	59	52	58	84	8.3	69	9.9	9.6	9.4
F	b値	28	2460	4965	798	32.1	1239	57.6	205	10.3	2764	55.5	669	223	72	594	88.9	371	55.6	39.7	47.4
	σ		235	415	698	13.3	368	11.3	132	7.0	753	14.2	56	57	15	55	2.5	50	7.5	3.3	10.5
G	b値	28	2528	5927	1429	41.4	704	49.0	156	9.7	4498	76.5	447	113	90	356	79.6	244	54.3	34.3	45.9
	σ		206	563	899	8.8	432	11.2	138	4.2	752	13.6	50	60	37	54	8.8	65	11.8	3.5	6.8

かった。高ホエー蛋白質乳哺育のB, D 両群はそれぞれ対応する高カゼイン乳哺育のA, C 両群より高値であったが、その差はB群とA群との間においてのみ有意であった。E, F 両群の間には差はなかった。人乳哺育のG群は高カゼイン・中等度脂肪乳哺育のC群、比較的low脂肪乳哺育のE, F 両群より有意に高値であった。

(3) 脂肪吸収率: 脂肪吸収量の成績と同様の関係が得られた。すなわち、高ホエー蛋白質乳哺育のB, D, F 3群が対応する高カゼイン乳哺育のA, C, E 3群より高値であったが、それらの差は中等度脂肪乳哺育のC, D 両群間においてのみ有意であった。また、高ホエー蛋白質乳哺育相互間では、D群, B群, F群の順に高値であり、D, F 両群間の差は有意であった。しかし、カゼイン乳哺育相互間には、有意差は認められなかった。人乳哺育のG群はすべての人工乳群より有意に高値であった。なお、研究期間を通じて負の出納を示した者は全群に1例もなかった。

2. 尿中排泄脂質分画

尿中排泄総脂肪量、中性脂肪量、遊離脂肪酸量、ケン化脂肪酸量のb値および標準偏差をTable 3に、aおよびb値をFig. 2に、有意差検定の成績をTable 4にそれぞれ示した。

(1) 当kg体重総脂肪排泄量: 脂肪摂取量とともに増減した。高ホエー蛋白質乳哺育のB, D, F 3群は対応する高カゼイン乳哺育のA, C, E 3群より有意に低値であった。人乳哺育のG群はすべての人工乳哺育群より有意に低値であった。

(2) 当kg体重遊離脂肪酸排泄量: 排泄絶対量は脂肪摂取量とともに増減した。高ホエー蛋白質乳哺育のB, D, F 3群が対応する高カゼイン乳哺育のA, C, E 3群より低値であったが、それらの差は有意でなかった。人乳哺育のG群はすべての人工乳哺育群より低値であったが、それらの差はA, B, C 3群との間においてのみ有意であった。排泄絶対量の総脂肪排泄量

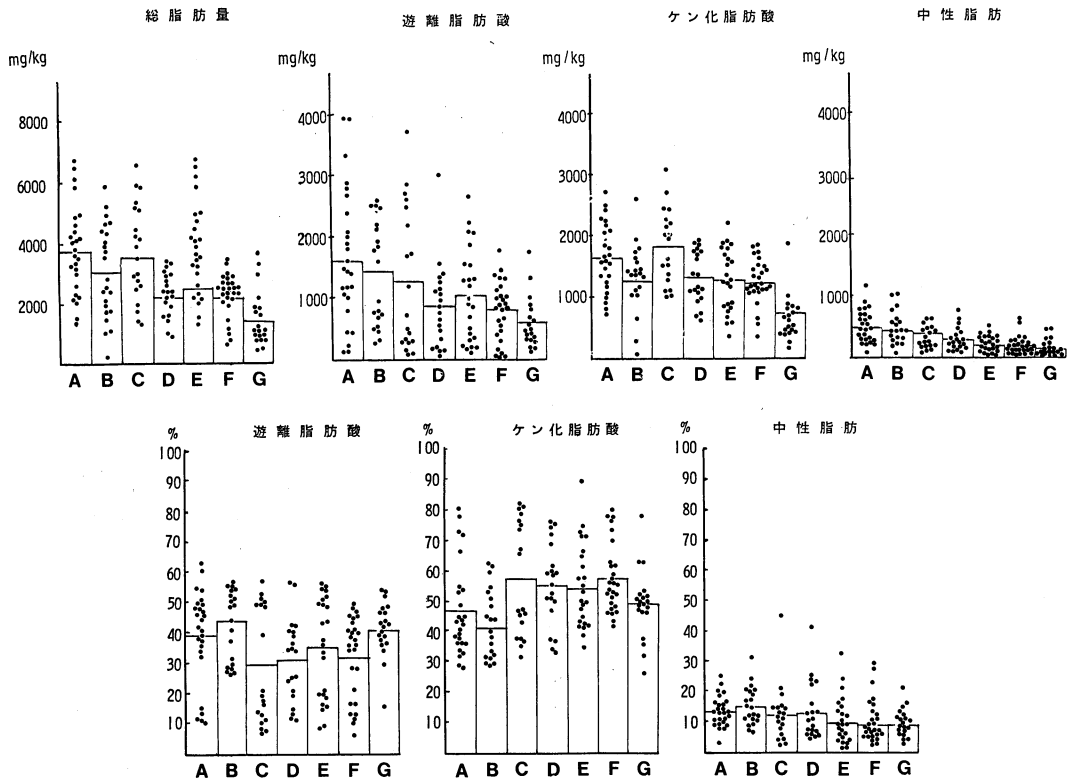


Fig. 2. Fecal Excretion of Fat and Its Fraction (a and b)

に対する比率では上記それぞれの比較の間に特定の関係はみられなかった。

(3) 当 kg 体重ケン化脂肪酸排泄量：排泄絶対量は脂肪摂取量とともに増減する傾向がみられた。高ホエー蛋白質乳哺育の B, D 両群はそれぞれ対応する高カゼイン乳哺育の A, C 両群より有意に低値であった。また、人乳哺育の G 群はすべての人工乳哺育群より有意に低値であった。排泄絶対量の総脂肪排泄量に対する比率では上記比較の間で特定の関係はみられな

った。

(4) 当 kg 体重中性脂肪排泄量：排泄絶対量は脂肪摂取量とともに増減した。高ホエー蛋白質乳哺育群はそれぞれ対応する高カゼイン乳哺育群より低値であったが、それらの差は有意でなかった。G 群はすべての人工乳群より低値であった。

3. 窒素出納

摂取 N 量, 吸収 N 量, N 吸収率, 蓄積 N 量,

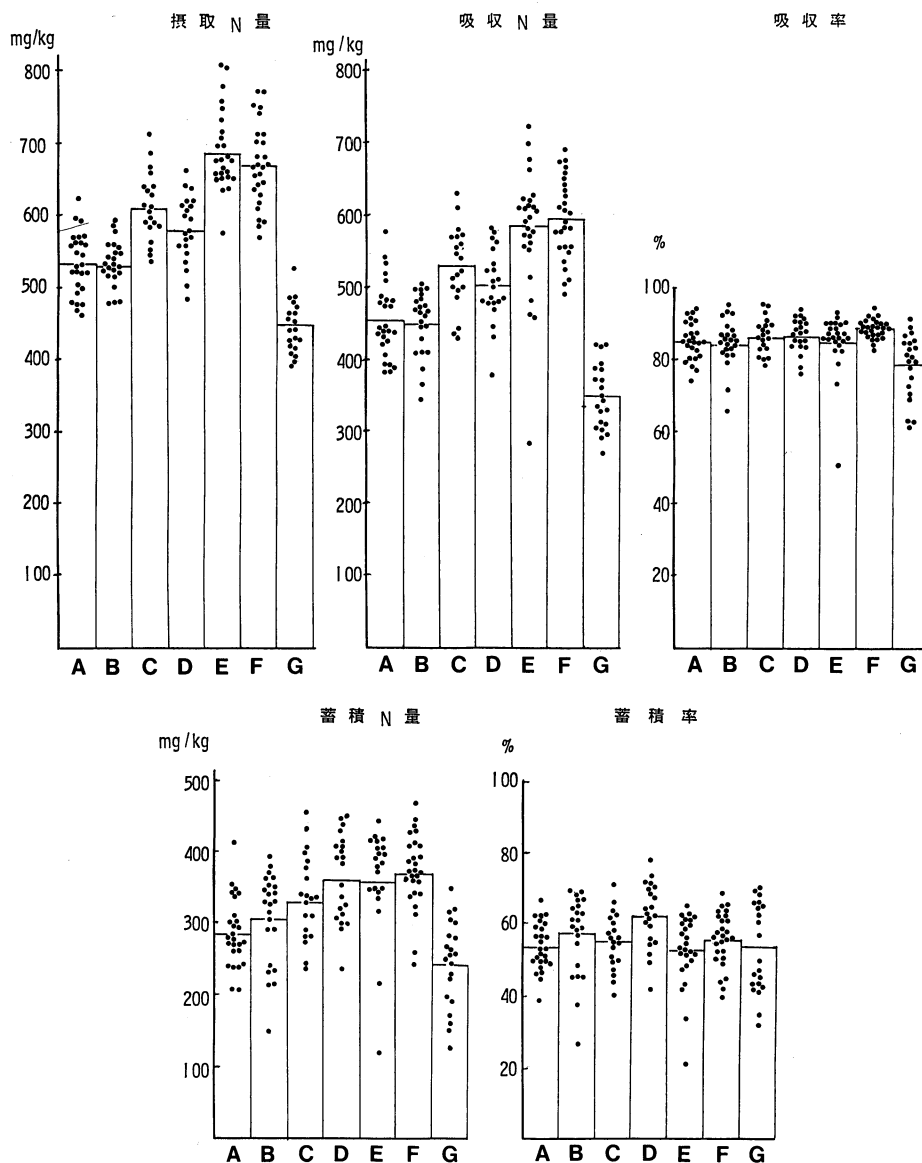


Fig. 3. Nitrogen Balance (a and b)

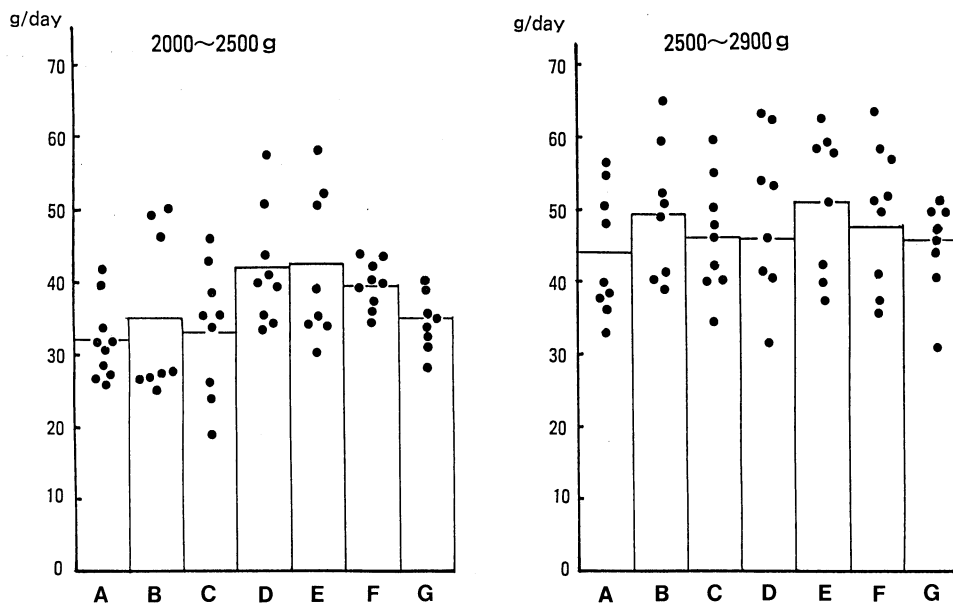


Fig. 4. Daily Body Weight Gain (a and b)

N蓄積率のb値および標準偏差 δ をTable 3, Fig. 3に、有意差検定の成績をTable 4にそれぞれ示した。

(1) 当kg体重摂取N量: 比較的高蛋白質乳哺育のE, F両群, 中等度蛋白質乳哺育のC, D両群, 比較的低蛋白質乳哺育のA, B両群, 人乳哺育のG群の順に、すなわち、蛋白質含量の多い乳汁摂取群ほど有意に高値であった。高カゼイン乳哺育のA, C, E 3群とそれぞれ対応する高ホエー蛋白質乳哺育のB, D, F 3群との間には有意差はなかった。

(2) 当kg体重吸収N量: 摂取N量とともに増減する傾向を示した。高ホエー蛋白質乳哺育のB, D, F 3群とそれぞれ対応する高カゼイン乳哺育のA, C, E 3群との間には特定の関係はみられなかった。

(3) N吸収率: 人工乳哺育のA~F各群では84%から89%にあり、ほぼ一定していたが、人乳哺育のG群では79.6%で人工乳哺育より有意に低値を示した。

(4) 当kg体重蓄積N量: 摂取N量とともに増減する傾向を示した。高ホエー蛋白質乳のD群が高カゼイン乳のC群より有意に高値であ

った。この傾向はA, B両群間, E, F両群間にもみられたが、いずれも有意ではなかった。

(5) N蓄積率: 乳汁中の蛋白質含量の多少に関係がなかった。高ホエー蛋白質乳群と高カゼイン乳群との間には蓄積N量の成績と同様の関係が得られた。なお、研究期間を通じて負の出納を示した例は全群に1例もなかった。

4. 1日体重増加量

1日体重増加量のb値と標準偏差 δ をTable 3に、a値およびb値をFig. 4に、有意差検定の成績をTable 4にそれぞれ示した。体重2,000~2,500gの期間ではA群, B群, C群およびG群が他の3群より低値であったが、その差はA群とE群, G群とD群, G群とF群との間において有意であった。体重2,500~2,900gの期間では群間に有意差がみられなかった。

考 按

牛乳と人乳とでは脂肪含量は同じであるが、脂肪構成の脂肪酸組成が著しく違う。すなわち、牛乳脂肪には飽和脂肪酸、特に低級揮発性脂肪酸が多く、高級不飽和脂肪酸が少ない。こ

のために、牛乳脂肪は低出生体重児や新生児に難吸収性であり、従来、幼若乳児期の人工栄養では2/3希釈牛乳（脂肪は1/3脱脂）の使用が一般的で、調製粉乳もこれを基準にして調乳されていた。しかし、牛乳脂肪の一部を高級不飽和脂肪酸含量の多い植物油で置換すると、幼若乳児の脂肪利用は著しく改善されること^{6)~22)}が明らかにされて以来、人工乳の脂肪濃度は次第に増量され、最近ではすべての市販製品が人乳に近い濃度になっている。

一方、蛋白質組成の方は緒言でも述べたように、量的には牛乳が人乳の約3倍であり、質的には比率の上でカゼインが多く、ホエー蛋白質が少ない。わが国では最近の育児用粉乳の調乳時蛋白質濃度は1.81~1.85 g/dlであり、以前の粉乳に比べると、減少の傾向にあるが、米国の代表的製品 SMAS-26 乳の濃度1.5 g/dlとはまだ、かなりの開きがある。これはわが国の乳児蛋白質所要量が1968年乳児蛋白質必要量研究班²³⁾²⁴⁾ 提唱の至適蛋白質量の主旨を採択しており、研究班が至適量を決める際に必要前提条件の1つとして乳汁の蛋白質濃度を2.0±0.2 g/dl とすると決めたからである。事実、当時集積された研究成績はそのほとんどが加工技術的に進歩した牛乳をもってしても、牛乳蛋白質を人乳蛋白質と等量等価に扱うことができないものであったという。乳汁蛋白質の濃度は蛋白質自身の栄養効率がよくなれば当然減少されるであろうが、その場合、蛋白質のみならず、脂肪や灰分など他の栄養素の質や量との関連においても検討されなければならない。そこで、著者は乳汁蛋白質をホエー蛋白質優位にし、利用効率のよい脂肪を高濃度に用いるならば、蛋白質濃度は人乳の濃度に近く減量できるかもしれないと考えた。

ところで人工乳脂肪の質の問題であるが、最近、中性脂肪 (Triglyceride) のβ-側鎖に結合したパルミチン酸はα-およびα'-側鎖に結合したものよりリパーゼ消化、腸管吸収いずれも著しくよく、人乳脂肪が牛乳脂肪に比べて吸収がよいのはβ位パルミチン酸含量が多い²⁵⁾ ことにも起因しているといわれ、また、ラード

にはこれが牛乳脂肪中より多いことが知られている²⁶⁾。教室の片岡²⁷⁾も牛乳脂肪の一部あるいは全部を植物油（トウモロコシ油、ヤシ油）とラードで置換し、リノール酸の強化とβ位パルミチン酸含量の増加を行なうならば、低出生体重児の脂肪吸収は著明に改善されると報告している。本研究においても人工乳の置換脂肪にはラードを使用し、β位パルミチン酸含量を増加した。

まず、吸収脂肪量および脂肪吸収率は高ホエー蛋白質乳で哺育されたB、D両群がそれぞれ対応する高カゼイン乳で哺育されたA、C両群より高値であったが、その差はD群とC群の間でのみ有意であった。すなわち、低出生体重児の哺育では高ホエー蛋白質乳の方が脂肪吸収に好影響を与えるようである。一方、吸収窒素量および窒素吸収率は高ホエー蛋白質乳哺育のB、D、F 3群とそれぞれ対応する高カゼイン乳哺育のA、C、E 3群との間に差がなかったが、蓄積窒素量および窒素蓄積率では前者が後者より大であり、その差もD群とC群の間でのみ有意であった。高ホエー蛋白質乳の方が高カゼイン乳より大であったと述べており、また、低出生体重児の窒素蓄積に好影響を与えるという成績はBergerら²⁸⁾もえている。高ホエー蛋白質乳はその構成脂肪の吸収を助長し、吸収された脂肪が蛋白質の異化をおさえ、同化作用に好影響をもたらすことを示唆していると考えられる。

ところがE、F両群の脂肪出納の成績には上記の関係はみられなかった。血液の酸塩基平衡状況を分担検討した酒井²⁹⁾もActual pHとBase ExcessはB、D両群がA、C両群より高値であったが、F群とE群との間には差がなかったといい、さらに乳汁中のCl含量がD乳、B乳、A乳、E乳、C乳、F乳の順に大であり、この順序が人工乳群のActual pH、Base Excessの値と逆の関係にあることを確かめ、児の酸塩基平衡には乳汁中のCl含量が蛋白質の質の違いとともに影響すると述べている。Darrowら³⁰⁾もまた低出生体重児において乳汁中のNa含量とCl含量の差が酸塩基平衡に影響すると述べ、アンドーシス環境下では児の

脂肪吸収は低下したと述べている。これら成績を考慮して著者の成績を顧みると代謝性アシドーシスの下では、高ホエー蛋白質乳哺育といえども脂肪の吸収利用が円滑に進まないことを示しており、はなはだ興味深い。

次に、尿中排泄総脂肪量は高ホエー蛋白質乳哺育のB, D, F 3群がそれぞれ対応する高カゼイン乳哺育のA, C, E 3群より有意に低値であった。一般に、経口摂取された脂肪は腸管内で膵リパーゼ消化が十分に進行しないと中性脂肪として、また、消化は進んでも胆汁酸の分泌不全や小腸粘膜細胞の障害により吸収が円滑に行なわれないと遊離脂肪酸としてそれぞれ尿中に排泄される³¹⁾。そこで著者も脂肪排泄の分画を検討してみると、中性脂肪、遊離脂肪酸ともに排泄量は高ホエー蛋白質乳哺育群が平均値の上ではそれぞれ対応する高カゼイン乳哺育群より低値であったが、それらの差は有意でなかった。すなわち、高カゼイン乳哺育群にみられた脂肪排泄量の増加はリパーゼ消化、粘膜吸収ともにとくに負担があつての結果であるとは思えなかった。

一方、ケン化脂肪酸の絶対排泄量はB, D 両群ではそれぞれ対応するA, C 両群より有意に低値であったが、F群とE群との間には有意差はなかった。乳児栄養でいうケン化脂肪酸とは不溶性の脂肪酸塩、それもほとんどがカルシウム塩とマグネシウム塩であるが、上記成績からすると、高カゼイン乳哺育ではカルシウムとマグネシウムの腸管吸収にもわずかながら悪影響を及ぼしていることが示唆された。

さて、著者は蛋白質の濃度と質を変えた乳汁で低出生体重児を比較哺育した結果、高ホエー蛋白質乳の方が高カゼイン乳より構成脂肪の吸収を助長し、吸収された脂肪が蛋白質の異化をおさえ、その同化作用に好影響を及ぼすことを知った。しかしながら、この高ホエー蛋白質乳の優位性も1日体重増加量の成績では証明されなかった。すなわち、1日体重増加量は体重が2,000gから2,500gまでの期間ではA, B, C 3群が他の人工乳群より低値であった。3群とも1日体重増加量は30gあつたが、乳汁摂取量

が180 ml/kgでも足りず、しばしば200 ml/kgを上回って要求する者があつた。中等度蛋白質・中等度脂肪、高カゼイン乳哺育のC群はともかくとして、比較的低蛋白質・高脂肪乳であるA, B 両群にかかる成績がえられたことからすると、体重2,500g以下の低出生体重児においては蛋白質濃度1.60g/dlの乳汁では蛋白質組成をホエー蛋白質優位にし、利用効率のよい脂肪を高濃度に用いても薄すぎることがうかがえた。しかし、体重が2,500gに達すると、各群間には差がなく、上記低蛋白質組成の乳汁でも十分であった。

最後に、人乳哺育のG群の成績をみると、脂肪吸収率はすべての人工乳哺育群より有意に高値であった。また、総脂肪の尿中排泄量はその分画、すなわち、中性脂肪、遊離脂肪酸、ケン化脂肪酸それぞれの排泄量とともに人工乳群より低値を示した。これらの成績は従来既知の事実、すなわち、人乳哺育群が人工乳哺育群よりすぐれた脂質代謝を営むことを改めて示したにすぎない。なお、酒井は低出生体重児の人乳栄養ではエネルギーの摂取が不足することを証明したが、著者もこれには異論がない。低出生体重児の人乳栄養はもっと、エネルギー、蛋白質など栄養学的立場からの検討が必要である。

おわりに

著者は蛋白質の量と質組成を変えた7種類の乳汁で低出生体重児を比較哺育した結果、高ホエー蛋白質乳の方が脂肪吸収と窒素蓄積において高カゼイン乳より優れているという成績をえた。すなわち、高ホエー蛋白質乳はその構成脂肪の吸収を助長し、吸収された脂肪が蛋白質の異化をおさえ、同化作用に好影響をもたらすものと思われる。しかし、一方、脂肪の吸収利用は児の酸塩基平衡状態により左右され、代謝性アシドーシス傾向の環境下では高ホエー蛋白質乳も円滑に進まないことを示唆する成績もえた。乳汁蛋白質の質の差は乳児蛋白質栄養では最大の課題であるので、今後なお、多方面にわたる検討が必要である。

おわりに、守田哲朗教授の御指導と御校閲を深謝します。また、教室員諸兄姉、三宅正恵技術員の御協力と人工乳（調製粉乳）を調整して頂いた糧食研究会に感謝します。

本論文の要旨は昭和54年11月、第90回必須アミノ酸研究委員会、および昭和54年12月、第6回小児栄養発育研究会で発表した。

文 献

- 1) 山内逸郎：未熟児の栄養。医学シンポジウム16，未熟児。東京，診断と治療社。1967，pp. 261—294
- 2) 金井 泉，金井正光；臨床検査法提要。東京，金原出版。1978，p. III-11
- 3) 松村義寛：キエルダール窒素定量法。臨床病理 3：51—56，1955
- 4) 荒谷真平，阿南功一，小林茂三郎：医化学実験入門。東京，南山堂。1961，pp. 132—136
- 5) 仮谷太一：医学・生物学の統計学。東京，共立出版。1979，pp. 146—171
- 6) Frountali, G.: Die Ölmilch. Mschr. Kinderhk. 75: 189—201, 1938
- 7) Holt, L. E., Tidwell, H. C., Kirk, C. M., Cross, D. M. and Baltimore, S. N.: Studies in fat metabolism. I. Fat absorption in normal infants. J. Pediat. 6: 427—480, 1935
- 8) Tidwell, H. C., Holt, Jr. L. E., Farrow, H. L. and Naele, S.: Studies in fat metabolism. II. Fat absorption in premature infants and twins. J. Pediat. 6: 481—489, 1935
- 9) 橋本五郎：油乳に依る乳児栄養の研究。第2編，大豆油乳に依る乳児栄養，日児誌 57：820—826，1953
- 10) Guibert, P., Barker, D. and Barness, L. A.: Fat retention in infants fed breast milk and humanized cow's milk. J. Pediat. 47: 683—689, 1955
- 11) Schreier, K.: Fettstoffwechselstudien im frühen Kindesalter über die Resorption von Fetten mit einem hohen Gehalt an ungesättigtem Fettsäuren. Zschr Kinderhk. 81: 442—447, 1958
- 12) Jochims, J.: Vergleich der Fettresorption aus einer Säuglingsnahrung beim Austausch von Butterfett gegen Pflanzenöl. Zschr. Kinderhk. 80: 677—685, 1958
- 13) Davidson, M. and Bauer, C. H.: Patterns of fat excretion in feces of premature infants fed various preparations of milk. Pediatrics. 25: 375—384, 1960
- 14) Droese, W. und Stolley, H.: Kuhmilchfett und Pflanzliches Fett in der Ernährung des jungen, gesunden Säuglings. Dt. Med. Wschr. 86: 855—860, 1961
- 15) 久原良躬，山口史記，北浦辰子：脂肪置換粉乳による乳児脂肪代謝の研究。小児科 2：861—866，1961
- 16) 小宮弘毅：未熟児の脂肪利用能について。小診療 26：561—568，1963
- 17) 高井俊夫，久原良躬：乳児栄養における脂質とくに脂肪酸組成の意義。最新医学 18：2451—2454，1963
- 18) Widdowson, E. M.: Absorption and excretion of fat, nitrogen and minevals from "filled" milks by babies one week old. Lancet 11: 1099—1105, 1965
- 19) 山本洋三，榊原秀三，市川公子：母乳栄養および各種人工栄養未熟児の脂肪吸収について。小診療 29：406—413，1966
- 20) 田中美知子：高脂肪組成特殊調製粉乳の乳児栄養学的効果に関する研究。第1編。脂肪の質を異にした4種類の高脂肪組成粉乳汁で比較哺育された低出生体重児の脂肪および脂肪酸出納について。日児誌 77：608—621，1973
- 21) 田中美知子：高脂肪組成特殊調製粉乳の乳児栄養学的効果に関する研究。第2編。脂肪の質を異にした4種類の高脂肪組成粉乳汁で比較哺育された健康乳児の脂肪および脂肪酸出納について。日児誌 77：622—635，1973
- 22) 小林淑子：高脂肪組成特殊調製粉乳の乳児栄養学的効果に関する研究（低出生体重児あるいは健康乳児の血清脂質からの検討）。日児誌 80：76—87，1976
- 23) 高津忠夫，浜本英次，平田美穂：乳児の蛋白必要量の研究。日児誌 72：105C—1056，1968
- 24) Takatsu, T., Hamamoto, E. and Hirata, Y.: Protein requirements in infants. Acta. Paed. Jap. 9: 25—31, 1967

- 25) Tommarelli, R. M., Meyer, B. J., Weaber, J. R. and Bernhart, F. W.: Effect of positional distribution on the absorption of the fatty acids of human milk and infant formulas. *J. Nutr.* 95: 583—590, 1968
- 26) Filer, L. J., Mattson, F. H. and Fomon, S. J.: Triglyceride configuration and fat absorption by the human infant. *J. Nutr.* 99: 293—298, 1969
- 27) 片岡直樹: 粉乳汁の Triglyceride 構造と乳児の脂肪利用に関する研究 (中性脂肪 β 位-パルミチン酸含量の異なる高脂肪組成乳汁で哺育された低出生体重児の脂質代謝). *日児誌* 83: 1130—1145, 1979
- 28) Berger, H. M., Scott, P. H., Kenward Caroline, Scott, P. and Wharton, B. A.: Curd and whey proteins in the nutrition of low birth weight babies. *Arch. Dis. Child.* 54: 98—104, 1979
- 29) 酒井章文: 乳児栄養における乳汁蛋白質の種類とその効果に関する研究. *日児誌* 84: 845—857, 1980
- 30) Darrow, D. C., Silva, M. M. and Stevenson, S. S.: Production of acidosis in premature infants by protein milk. *J. Pediat.* 27: 43—58, 1945
- 31) 細谷憲政: 脂質代謝の全体性. 水質舜爾, 菊地吾郎, 浅田敏雄, 阿南功一, 坂本幸哉 編: 新生化学(上). 東京, 医学書院. 1966, p. 662