

研 究

栄養法別にみた乳児の発育、哺乳量、便性ならびに
罹病傾向に関する調査成績（第10報）菅野 貴浩¹⁾，米久保明得¹⁾

〔論文要旨〕

2001年9月～2002年3月に、1～4か月齢の乳児26,869名の発育、哺乳量、便性などの状況を、栄養法別に全国規模で調査した。人工栄養児におけるたんぱく質、エネルギーの摂取量は、第6次改定「日本人の栄養所要量」を満たしていた。 α -ラクトアルブミン増強によるトリプトファンの強化およびリン脂質強化に伴うスフィンゴミエリンの強化を図った調製粉乳による哺育乳児の体重発育は、母乳栄養児とはほぼ同等であった。母乳栄養児と人工栄養児とも平成13年厚生労働省発表の体重発育値の50パーセントイル値をわずかに上回っていた。オリゴ糖がすでに配合されている人工乳で哺育された乳児にあっては軟便が主体であり、黄色傾向の便となっている。罹病傾向については、栄養法による差を認めず、良好な健康状態を示した。最新調粉の哺育乳児は母乳栄養児と同等の発育状態にあることが認められた。

Key words : 発育, 哺乳量, 便性, 栄養法, たんぱく質, エネルギー

I. はじめに

母乳に代わりうる唯一の栄養組成物である乳児用調製粉乳（以下、調粉と略す）を摂取した乳児および母乳栄養児の発育、哺乳量および便性などについて、われわれは1972年以来すでに10回の全国調査を実施してきた。前回調査では、たんぱく質濃度を1.64g/dlまで低減した調粉を摂取した乳児においても、その発育が確保できることを認めた。

2001年には、 α -ラクトアルブミンを増強し、トリプトファン含量を高めてアミノ酸組成を母乳に近づけるとともに、母乳に多く含まれるスフィンゴミエリンの増強、ヌクレオチド組成の母乳への更なる近似を図った調粉が発売された。

乳児栄養にとって必須アミノ酸バランスは大

変に重要である。乳児栄養の血漿アミノ酸組成の研究結果から、現在市販されているタイプである乳清たんぱく質増強型調粉であってもトリプトファンに余裕が少ないことが報告されており、調粉へのトリプトファン増強の必要性が提案されている¹⁾²⁾。FAO/WHO/UNU (1985)ではトリプトファンの推奨値として、たんぱく質1gあたり17mgを推奨している³⁾。母乳の主要な乳清たんぱく質である α -ラクトアルブミンはトリプトファン濃度が高く、さらに体内利用性にも優れているたんぱく質である⁴⁾。トリプトファンはナイアシンの前駆物質に成り得るだけでなく、神経伝達物質として睡眠を誘発する作用のあるセロトニンの前駆物質でもある⁵⁾⁶⁾。ラットの試験では、乳児がトリプトファンを摂取することにより、脳内セロトニン濃度が上昇することが報告されている⁷⁾。また、スフィン

A Survey of Physical Growth, Nutritional Intake, Fecal Properties and Morbidity of
Infants as Related to Feeding Methods (X)

Takahiro KANNO, Akie YONEKUBO

1) 明治乳業(株)研究本部 食機能科学研究所 (研究職)

別刷請求先: 菅野貴浩 明治乳業(株)研究本部 食機能科学研究所 〒250-0862 神奈川県小田原市成田540

Tel: 0465-37-3674 Fax: 0465-36-2776

[1710]

受付 05. 3.23

採用 05. 5.24

ゴミエリンは母乳に特徴的なリン脂質で、スフィンゴミエリン、ホスファチジルコリン、およびホスファチジルエタノールアミンをバランスよく含むミルクリン脂質に、ラットから分離した肝細胞のDNA合成を促進する作用などが報告されている⁸⁾。

このように、たんぱく質、脂質組成が改善された調粉が発売されたのを機会に第11回調査を実施した。

II. 調査の対象と方法

2001年9月～2002年3月に、全国規模で第11回調査を実施した。調査方法は前報(第9報)と同様である。

地域ごとの出生数分布になるべく見合うように日本全国で調査を実施し、26,869名の乳児のデータを解析した。

栄養法の分類は母乳栄養児、混合栄養児ならびに人工栄養児とし、混合栄養児はさらに、本調査で得られた人工乳の平均1日哺乳量851.3mlの1/2量を境として、人工乳摂取量がそれ以下のものを混母、他を混ミとした。人工栄養児が摂取した代表的な調粉A、B、C、Dの各調乳液100mlあたりの基本組成を表1に示した。調粉Aは、 β -ラクトグロブリンを選択的に酵素分解し、さらに α -ラクトアルブミンを増強し、トリプトファン濃度をたんぱく質1gあたり18mgとした調粉である。

III. 調査結果

1. 栄養法の分布

月齢別栄養法の分布を図1に示した。今回の調査では4か月齢で母乳栄養児が34.8%、人工

栄養児が35.3%であった。

2. 発育状況

性別、栄養法別、月齢別に分類して体重、身長およびカウプ指数の統計値を求め、表2に示した。母乳栄養児と人工栄養の調粉別乳児の体重発育を図2に示した。平成13年に厚生労働省から報告された乳幼児身体発育調査報告とは月齢区分が異なるので正確な比較はできないが、本調査の体重、身長の平均は、乳幼児身体発育調査報告のそれぞれの50パーセントイル値よりも若干上回っていた。人工栄養児は母乳栄養児とほぼ同等の発育が得られることが確認された。

3. 哺乳状況および栄養摂取状況

人工栄養児のうち、「昨日の哺乳量」が「普段と変わらない」と答えた乳児について、人工栄養児の体重当たりの哺乳量、たんぱく質摂取量およびエネルギー摂取量を銘柄別に図3に示した。調粉A哺育の1か月齢児、3か月齢児、4か月齢児において他調粉乳児よりも哺乳量が少なかった。しかしたんぱく質摂取量、エネルギー摂取量においては、第6次改定「栄養所要量」に準拠した摂取量であった。哺乳量とお茶や果汁飲料などをあわせた総水分摂取量に調粉による差はなかった(データ未提示)。

図4に各月齢とも十分な検体数を集計できた調粉A、調粉C乳児の哺乳量分布を示した。1～3か月齢の最頻値のみを見ると調粉A、調粉C哺育乳児いずれも800～900ml/日で同様であ

表1 乳児が摂取した調製粉乳の組成

		調粉A	調粉B	調粉C	調粉D
全固形分	g/dl	13.6	12.6	12.6	12.4
たんぱく質	g/dl	1.64	1.64	1.60	1.52
脂肪	g/dl	3.50	3.51	3.61	3.56
炭水化物	g/dl	8.16	7.22	7.14	7.10
灰分	g/dl	0.31	0.30	0.29	0.27
エネルギー	kcal/dl	70.0	66.7	67.2	66.5

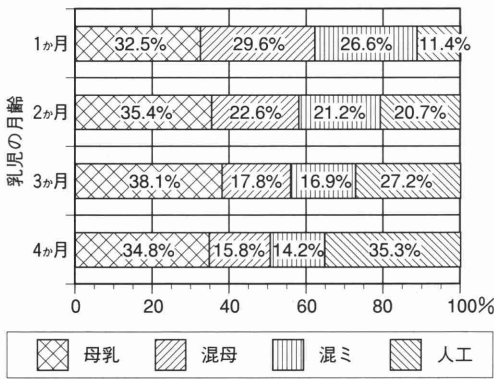


図1 対象乳児の月齢別栄養法の分布

表 2 栄養法別月齢別に分けた乳児の体重，身長，カウプ指数

表2-1 栄養法別月齢別乳児の体重

栄養法	性別	男			女		
	月齢	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差
母乳	0	4,420	3,150	337	4,612	3,074	331
	1	2,673	4,409	496	2,831	4,175	451
	2	321	5,666	666	368	5,288	584
	3	788	6,571	718	810	6,100	686
	4	561	7,150	762	536	6,632	727
混合	0	3,524	3,141	360	3,345	3,070	329
	1	2,558	4,382	477	2,464	4,139	446
	2	227	5,492	687	212	5,159	568
	3	373	6,510	693	368	5,982	670
	4	283	7,023	773	219	6,566	681
混ミ	0	3,331	3,149	381	2,812	3,065	362
	1	2,483	4,441	466	2,051	4,202	450
	2	208	5,623	653	205	5,213	615
	3	364	6,539	708	339	6,161	637
	4	248	7,114	735	198	6,666	662
人工	0	2,380	3,126	367	2,240	3,080	348
	1	973	4,470	500	965	4,234	448
	2	197	5,638	659	203	5,303	550
	3	601	6,624	666	536	6,204	640
	4	592	7,176	760	514	6,729	701

(単位：g)

るが，調粉A哺育乳児では800～900ml/日より少ない哺乳量における分布が多く，一方，調粉C哺育乳児では800～900ml/日より多い哺乳量分布が多かった。

4. 排便状況

乳児の便性は，「ふだんの便性に比べて昨日の便性が変わらない」とした乳児の「昨日の便性」について，データを集計した。

母乳栄養児と各調粉哺育乳児の1か月齢または4か月齢における排便回数の分布を図5に示した。1か月齢において，人工栄養児に比べて母乳栄養児の排便回数が多く，また4か月齢にかけて母乳栄養児，人工栄養児いずれも排便回数が減少していく傾向は，前回までの調査結果と同様であった。

表2-2 栄養法別月齢別乳児の身長

栄養法	性別	男			女		
	月齢	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差
母乳	1	2,679	54.18	2.23	2,821	53.34	2.14
	2	320	57.82	2.39	368	56.82	2.58
	3	787	61.25	2.49	810	59.82	2.48
	4	561	63.33	2.57	536	61.83	3.14
混合	1	2,548	54.09	2.22	2,457	53.25	2.35
	2	227	57.31	2.48	212	56.57	2.30
	3	373	61.17	2.25	368	59.53	2.30
	4	283	63.22	2.86	219	61.73	2.61
混ミ	1	2,479	54.17	2.18	2,047	53.39	2.44
	2	208	57.68	2.64	204	56.70	2.35
	3	364	61.30	2.47	339	59.93	2.33
	4	248	63.53	2.97	198	61.95	2.57
人工	1	969	54.22	2.56	963	53.40	2.49
	2	197	57.64	2.52	203	56.72	2.22
	3	601	61.37	2.37	536	60.02	2.29
	4	591	63.58	2.43	514	62.26	2.13

(単位：cm)

表2-3 栄養法別月齢別乳児のカウプ指数

栄養法	性別	男			女		
	月齢	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差
母乳	1	2,679	15.01	1.30	2,821	14.67	1.29
	2	320	16.94	1.67	368	16.37	1.45
	3	787	17.53	1.83	810	17.05	1.81
	4	561	17.85	2.11	536	17.41	2.26
混合	1	2,548	14.97	1.29	2,457	14.59	1.26
	2	227	16.69	1.62	212	16.13	1.58
	3	373	17.38	1.48	368	16.89	1.90
	4	283	17.64	2.44	219	17.27	2.12
混ミ	1	2,479	15.13	1.26	2,047	14.74	1.28
	2	208	16.88	1.45	204	16.19	1.52
	3	364	17.40	1.61	339	17.18	1.90
	4	248	17.70	2.29	198	17.44	2.42
人工	1	969	15.21	1.41	963	14.85	1.26
	2	197	16.96	1.57	203	16.48	1.47
	3	601	17.60	1.67	536	17.25	1.89
	4	591	17.78	1.82	514	17.35	1.52

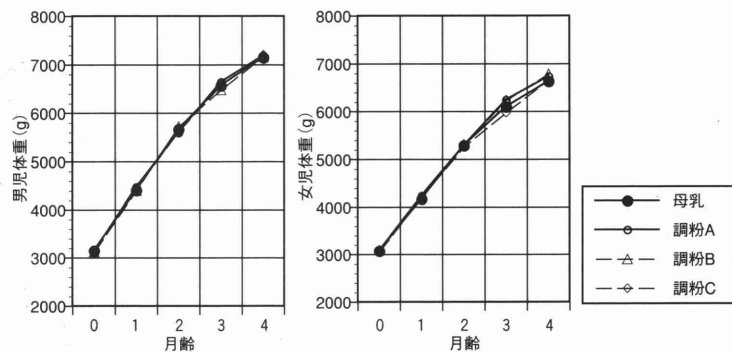


図2 母乳栄養児, 人工栄養児の体重の月齢推移

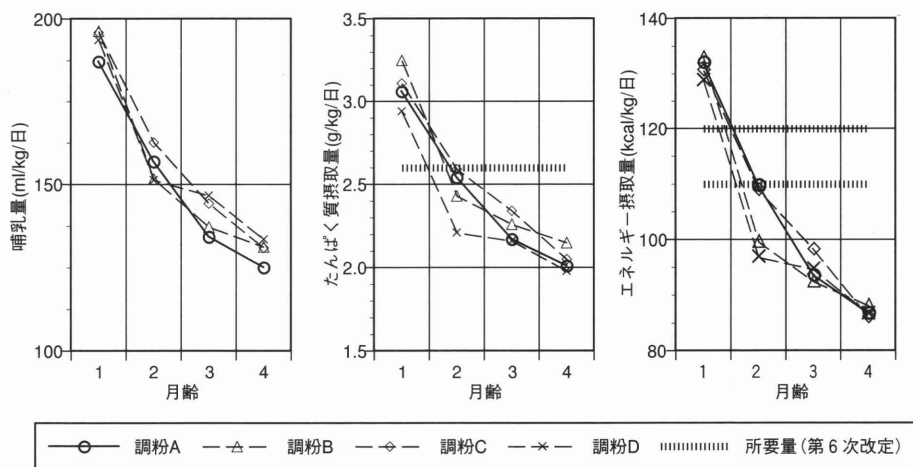


図3 人工栄養児の哺乳量および栄養摂取量の月齢推移

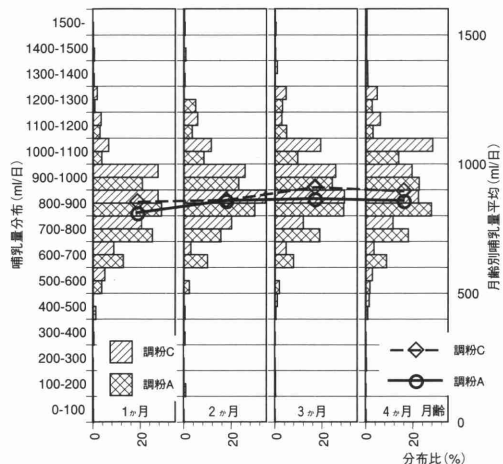


図4 調粉A哺育乳児, 調粉C哺育乳児の哺乳量分布

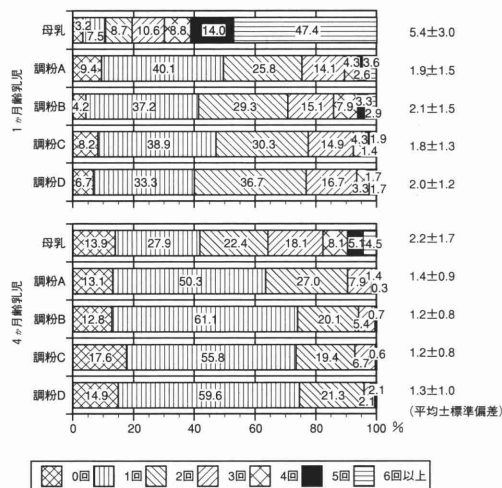


図5 1ヵ月齢, 4ヵ月齢における母乳栄養児および人工栄養児の排便回数分布

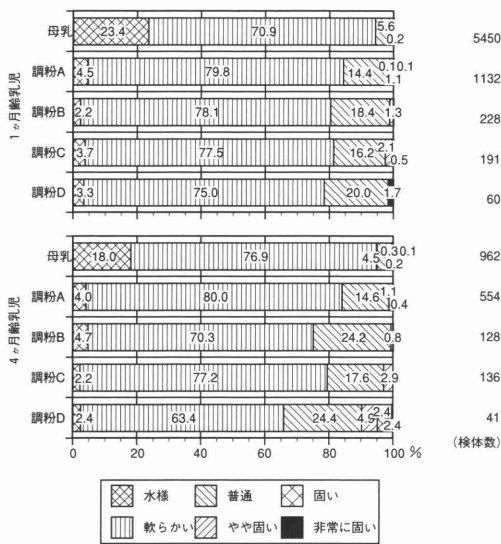


図6 1ヵ月齢、4ヵ月齢における母乳栄養児および人工栄養児の便の固さ分布

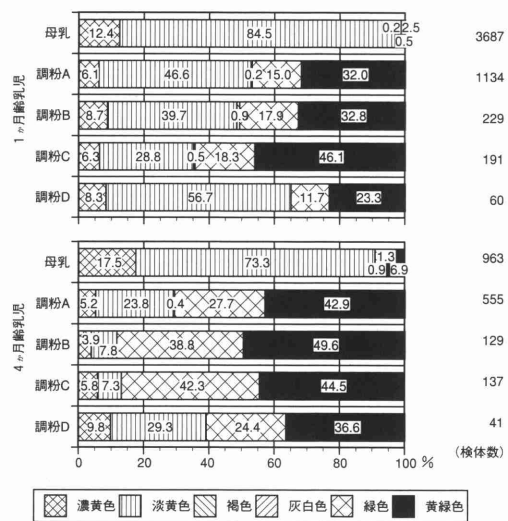


図7 1ヵ月齢、4ヵ月齢における母乳栄養児および人工栄養児の便の色分布

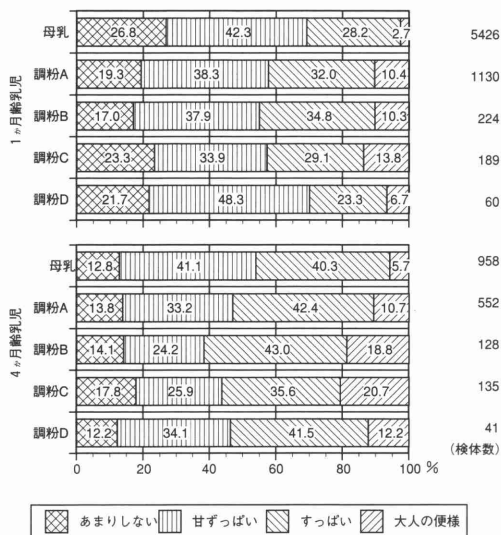


図8 1ヵ月齢、4ヵ月齢における母乳栄養児および人工栄養児の便のにおい分布

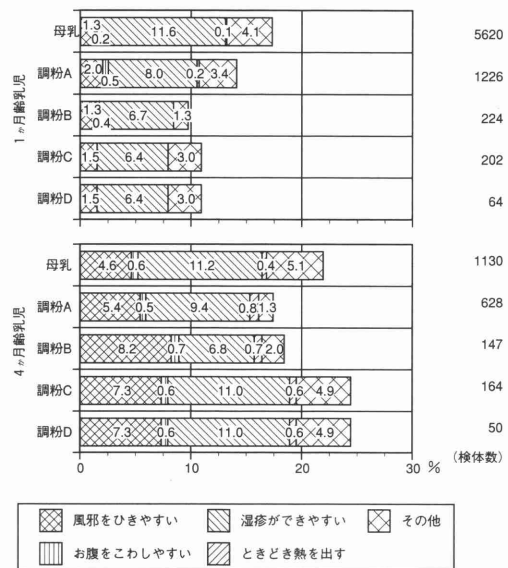


図9 1ヵ月齢、4ヵ月齢における母乳栄養児および人工栄養児の罹病傾向分布

母乳栄養児と各調粉哺育乳児の1ヵ月齢または4ヵ月齢における便の固さの分布を図6に示した。便の固さの最頻値は母乳栄養児，人工栄養児いずれも「軟らかい」便に見られ，60～80%の割合で認められた。母乳栄養児では，「水様」便の割合が人工栄養児よりも高い点が特徴的で，その傾向は1ヵ月齢，4ヵ月齢いずれも同じであった。

母乳栄養児と各調粉哺育乳児の1ヵ月齢または4ヵ月齢における便の色の分布を図7に示した。母乳栄養児では1ヵ月齢と4ヵ月齢で「濃黄色」便と「淡黄色」便とが大部分を占めており，便の色の分布に大きな変化はなかった。人工栄養児では1ヵ月齢に比べて4ヵ月齢で「淡黄色」便が減少し，「緑色」便，「黄緑色」便が

増加している傾向が見られた。特に調粉B, 調粉C乳児では「濃黄色」便と「淡黄色」便の分布は合計で10%近くにまで減少していた。

母乳栄養児と各調粉哺育乳児の1か月齢または4か月齢における便のにおいの分布を図8に示した。栄養法別においても調粉別においても大きな差はなく, 1か月齢に比べ, 4か月齢において「すっぱい」においの便が増えていることが認められた。

5. 罹病傾向

乳児が病気にかかりやすい(「風邪をひきやすい」, 「お腹をこわしやすい」, 「湿疹がでやすい」, 「ときどき熱を出しやすい」)か否かの質問を母親に対して行い, 1か月齢と4か月齢における調査結果を図9に示した。人工栄養児は母乳栄養児に比べて罹病の傾向は高くなかった。

IV. 考 察

今回の調査では試験の精度を高めるため, 対象数を増やし, 26,869名まで収集した。平成13年の1年間の出生数は1,175,000名⁹⁾であり, 調査期間約7か月の出生数は概算685,000名と推計されることから, 今回の調査対象乳児は全体の約4%と推計される。今回の調査では4か月齢で母乳栄養児が34.8%, 人工栄養児が35.3%で, 厚生労働省から平成13年に報告された4~5か月齢の母乳栄養児, 人工栄養児の割合である35.9%, 39.5%に近かった¹⁰⁾。

乳児の発育にはたんぱく質, エネルギー供給が重要である。それぞれたんぱく質濃度, エネルギー濃度が異なる調粉について, 乳児の栄養摂取量を比較した。3か月齢, 4か月齢の栄養摂取量について比較してみると, 標準調乳濃度が低い調粉では, 哺乳量が多くなる傾向にあり, 結果としてエネルギー摂取量はほぼ同程度で推移していた。乳児のエネルギー必要量は, 成長率, 身体組成, 活動量などにより影響される。近年の報告^{11)~13)}では, 3か月齢, 4か月齢児のエネルギー摂取量は95.0~98.7kcal/kgで推移しており, 本報告(86~98kcal/kg)とはほぼ同じ程度である。乳児の哺乳量が, エネルギー必要量に応じて調整されていると考えられる。

たんぱく質摂取量は調粉Aに比べ, 調粉B,

調粉C乳児で高めに推移した。調粉A, B, C, Dそれぞれの100kcalあたりのたんぱく質濃度は2.34g, 2.46g, 2.38g, 2.29gである。すなわち, 標準調乳濃度におけるたんぱく質濃度は低いものの, 哺乳量が多い調粉では, たんぱく質摂取量は逆に多くなっている。

乳児の哺乳量はおおよそ1日当たり780mlであると報告されている¹⁴⁾。母乳のエネルギー濃度, たんぱく質濃度¹⁵⁾と乳幼児身体発育調査結果¹⁰⁾から推察すると, 生後3か月の母乳栄養児のエネルギー摂取量, たんぱく質摂取量はそれぞれ90kcal, 1.7g程度と計算される。この母乳栄養児の栄養摂取量と比較すると, 人工栄養児の栄養摂取量は多い。見た目の発育は確保されていても, 栄養摂取量に違いがあることから, 乳児の代謝負担に違いがあることが推察される。乳児の代謝負担を抑えることになりうる, ひとつの大きな手段が, 調粉の組成を母乳に近づけていくことである。しかし, 調粉の組成を母乳に近づけるには, 乳児の発育の確保を最優先させることは当然のことである。われわれの調査では, β -ラクトグロブリンを選択分解した調粉を摂取した乳児の調査である1992年以来, 母乳栄養児と同じ発育が十分に確保された現在の調粉では, 乳児の発育を確保していることから, さらに母乳の組成に近づけ, 乳児の代謝負担を減らしていくことが可能であることが示唆される。

乳児は糖質, 脂質, たんぱく質のうち, いずれかの摂取が増加するとエネルギー消費量が増加すると考えられている¹⁶⁾。乳児のエネルギー必要量はこれらの摂取成分のバランスに依存している。それぞれの成分の利用性の違いに伴って成分相互のバランスを調整する必要がある。海外の報告では, 日本国内の調粉よりも低いたんぱく質濃度である2.1g/100kcalの人工乳による発育調査が行われている¹¹⁾¹²⁾¹⁷⁾。しかし, 調粉のたんぱく質濃度は乳児の発育確保を最優先して設定すべきであり, 調粉の設計には各成分の質とその利用性に対する十分な配慮が必要と考える。

各調粉哺育乳児の発育は, いずれも母乳栄養児に匹敵する発育を示していた。人工栄養児で調査数が最も多かった調粉Aは, β -ラクトグ

ロブリンの選択的分解や今回新たに α -ラクトアルブミン強化によるたんぱく質の質改善や、スフィンゴミエリン増強を目的としたミルクリン脂質の配合による脂質の質改善などが実施された⁸⁾。これらの改善が、乳児の発育向上に一層寄与したと考えられる。

人工栄養児の便の状態は母乳栄養児に近づいてきている。その要因のひとつとして、人工栄養児の腸内菌叢が母乳栄養児に近づいてきていることがある¹⁸⁾。人工乳にはフラクトオリゴ糖をはじめ、ラフィノース、ガラクトシルラクトースなどのビフィズス菌増殖活性成分が配合されている。フラクトオリゴ糖は1-kestose, ニストースおよびフラクトフラノシルニストースを含む難消化性糖質の混合物で、腸内菌叢の改善作用が報告されている¹⁹⁾。人工乳ではさらにビフィズス菌増殖因子であるスクレオチドの配合やたんぱく質濃度の低減を実施した。人工栄養児の便性はさらに母乳栄養児に近づいてきている。

罹病傾向については、母乳栄養児に比べ人工栄養児において「湿疹がしやすい」児の頻度が低いことが認められる。その理由のひとつとして、 β -ラクトグロブリンの選択分解により抗原性が低くなっていることや、アレルギー体質を改善する作用のあるスクレオチド²⁰⁾のバランスを調整したことなどが寄与したものと考えられる。最近、フラクトオリゴ糖が仔マウスの腸管IgA産生を促すことが報告されている²¹⁾。このような調粉の成分が総合的に罹病傾向の減少につながっていると考えられる。

V. ま と め

- 1) 今回調査した26,869名のうち、母乳栄養児の割合は4か月齢で34.8%、人工栄養児の割合は35.3%であった。
- 2) 哺乳量から計算したたんぱく質とエネルギーの摂取実態は、第6次改定「日本人の栄養所要量」を満たすものであった。エネルギー100kcalあたりのたんぱく質濃度が2.34~2.46gの調粉では、エネルギー摂取量に依存して哺乳量が調整されていると推察された。
- 3) たんぱく質の質を整え、スフィンゴミエリンを強化した調粉で哺育された乳児の発育

は、母乳栄養児とほぼ同等の発育が得られた。

- 4) 人工栄養児の便性は、前回までの調査同様、母乳栄養児に比べて排便回数が少なく、「濃黄色」および「淡黄色」便の出現割合が低い傾向であった。
- 5) 人工栄養児の罹病傾向では、母乳栄養児と比べると「湿疹がしやすい」割合が低い傾向を示した。

謝 辞

今回の調査の場所を提供いただいた病院諸施設、実際の調査にあたった当社栄養士の諸氏に感謝いたします。

本論文の要旨は、第2回日本小児栄養研究会(2005年)にて発表した。

文 献

- 1) Fazzolari-Nesci A, Domianello DI, Sotera V, Riha NCR. Tryptophan fortification of adapted formula increases plasma tryptophan concentrations to levels not different from those found in breast-fed infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1992; 14: 456-459.
- 2) Hanning RM, Paes B, Atkinson SA. Protein metabolism and growth of term infants in response to a reduced-protein, 40:60 whey:casein formula with added tryptophan. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 1004-1011.
- 3) FAO/WHO/UNU Energy and protein requirement. Technical Report Series 724. World Health Organization, Geneva (1985)
- 4) 金子哲夫. たんぱく質栄養から見た乳児用調製粉乳における母乳化の展望. *日本臨床栄養学会雑誌* 2000; 21: 13-17.
- 5) Hartmann E, Spinweber C, Ware JC. Effect of amino acids on quantified sleepiness. *Nutr Behav* 1983; 1: 179-183.
- 6) Steinberg LA, O'connell NC, Hatch TF, et al. Tryptophan intake influences infant's sleep latency. *J Nutr* 1992; 122: 1781-1791.
- 7) Sarwar G, Botting HG. Liquid concentrates are lower in bioavailable tryptophan than powdered infant formulas and tryptophan supplementation of formulas increased brain tryptophan and sero-

- tonin in rats. *J Nutr* 1999 ; 129 : 1692-1697.
- 8) 佐々木一. 平成14年酪農科学シンポジウム講演内容 ミルクリン脂質の脂質代謝調節作用. *Milk Science* 2002 ; 51 : 173-177.
 - 9) 厚生労働省報告, 平成13年人口動態統計
 - 10) 厚生労働省報告, 平成12年乳幼児身体発育調査報告書
 - 11) Butte NF, Smith EOB, Garza C. Energy utilization of breast-fed and formula-fed infants. *Am J Clin Nutr* 1990 ; 51 : 350-358.
 - 12) Heinig MJ, Nommsen LA, Peerson JM, et al. Dewey KG. Intake and growth of breast-fed and formula-fed infants in relation to the timing of introduction of complementary foods : The DARLING study. *Acta Paediatr* 1993 ; 82 : 999-1006.
 - 13) Alexy U, Kersting M, Sichert-Hellert W, et al. Energy intake and growth of 3- to 36-month-old german infants and children. *Ann Nutr Metab* 1998 ; 42 : 68-74.
 - 14) 鈴木久美子, 佐々木晶子, 新澤佳代, 戸谷誠之. 離乳前乳児の哺乳量に関する研究. *栄養学雑誌* 2004 ; 62 : 369-372.
 - 15) 山脇奈見子. 日本人母乳組成の現状分析～一般組成～. 第27回日本小児栄養消化器病学会. P-3. 2000.
 - 16) 竹内敏雄. 成熟児, 未熟児の発育とエネルギー代謝. 板橋家頭夫編. 臨床新生児栄養学. 東京 : 金原出版, 1996 : 39-46.
 - 17) Dewey KG, Heinig MJ, Nommsen LA, Peerson JM, Lonnerdal B. Growth of breast-fed and formula-fed infants from 0 to 18 months: The DARLING study. *Pediatrics* 1992 ; 89 : 1035-1041.
 - 18) Katoku Y, Yonekubo A, Kuwata T, Sawa A, Kobayashi A. Effect of dietary nucleotide supplementation on development of the fecal flora in newborn infants. *Jap J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1998 ; 12 : 118-125.
 - 19) 徳永隆久, 中田裕子, 田代靖人, 他. フラクトオリゴ糖摂取が健康人の腸内菌叢および便性に及ぼす影響. *ピフィズ* 1993 ; 6 : 143-150.
 - 20) Nagafuchi S, Katayanagi T, Nakagawa E, Takahashi T, Yajima T, Yonekubo A, Kuwata T. Effects of dietary nucleotides on serum antibody and splenic cytokine production in mice. *Nutr Res* 1997 ; 17 : 1163-1174.
 - 21) Nakamura Y, Nosaka S, Suzuki M, Nagafuchi S, Takahashi T, Yajima T, Yakenouchi-Ohkubo N. Dietary fructooligosaccharides up-regulate immunoglobulin A response and polymeric immunoglobulin receptor expression in intestines of infant mice. *Clin Exp Immunol* 2004 ; 137 : 52-58.