

人工栄養児のエネルギーおよび各栄養素の摂取量

誌名	ミルクサイエンス = Milk science
ISSN	13430289
巻/号	632
掲載ページ	p. 63-69
発行年月	2014年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



原著論文

人工栄養児のエネルギーおよび各栄養素の摂取量

神野慎治^{1*}・中村吉孝¹・菅野貴浩¹・金子哲夫¹・木ノ内俊¹(¹株式会社 明治 研究本部食機能科学研究所, 神奈川県小田原市成田540, 250-0862)

Intake of energy and nutrients in exclusively formula-fed infants

Shinji Jinno^{1*}, Yoshitaka Nakamura¹, Takahiro Kanno¹, Tetsuo Kaneko¹ and Toshi Kinouchi¹(¹Meiji Co., Ltd. R&D Div., Food Science Research Labs., 540 Naruda, Odawara, Kanagawa, 250-0862)

Abstract

We evaluated the daily intake of energy, protein, and micronutrients in exclusively formula-fed infants at 1/2–6 months of age. In 2006–2007, we researched the growth and volume of formula intake in 33,642 infants until 6 months of age by a cross-sectional survey in Japan. The daily nutritional intakes were assessed in 578 exclusively formula-fed infants. The average volume of formula intake was 819, 834, 869, 864, 869 and 928 mL per day at 1/2–1, 1–2, 2–3, 3–4, 4–5 and 5–6 months of age, respectively. The average energy intake per body weight (128 and 84 kcal/kg/day at 1–2 and 5–6 months of age respectively) was comparable to the estimated energy requirements set by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. The daily intake of protein and micronutrients except biotin, selenium, and iodine at each age exceeded “the adequate intake” for each nutrient indicated in the Japanese Dietary Reference Intakes (JDRIs). The daily intake of vitamin A and vitamin D at each age was less than “tolerable upper intake level” indicated in the JDRIs, respectively. In the previous report, we showed that growth of the formula-fed infants was comparable to that of breast-fed infants until 6 months of age. In conclusion, the present study has demonstrated that the formula-fed infants take adequate energy to the estimated energy requirements, and that the daily intake of each nutrient from the infant formula is adequate to JDRIs, except for biotin, selenium, and iodine.

Key words: formula-fed infants, nutrient, body weight, Japanese Dietary Reference Intakes (JDRIs)

緒言

母乳栄養児は、母乳の哺乳量を自律的に調節することで、発育に必要なエネルギーを過不足なく摂取すると考えられている¹⁾。一方で、人工栄養児が発育に必要なエネルギーを過不足なく摂取しているかについての結論は出ていない。これまでに日本では、人工栄養児が発育が母乳栄養児と同等であり²⁾、また、人工乳の哺乳量は人工乳のエネルギー濃度によって変化することが示されている²⁻⁴⁾。しかし、欧米では、人工栄養児のエネルギー

摂取量および体重増加量は母乳栄養児に比べて多く、人工栄養児のエネルギー摂取量が過多になっているとする報告や^{5,6)}、人工栄養児は母乳栄養児に比べて体重増加が速いとする報告もある⁷⁻⁹⁾。

たんぱく質は、エネルギーとともに乳児の発育を直接左右する最も重要な栄養成分である。すなわち、たんぱく質の摂取不足は、乳児の発育不良の原因になり得る^{10,11)}。一方でたんぱく質の過剰摂取は乳児への負担ともなる。近年は、乳児期のたんぱく質過剰摂取が将来の健康や肥満・高血圧等の発症に影響を与える可能性も指摘されるようになってきている¹²⁻¹⁵⁾。人工乳のたんぱく質の設計にあたっては、乳児の成長のために不足にも過剰にもならない量のたんぱく質を摂取できるようにすることが重要である。

乳児期における微量栄養素摂取実態の報告例は限られている^{16,17)}。我々は、人工栄養児の発育、哺乳量に関する調査を、1972年以来12回にわたり、延べ20万人

* 連絡者 神野慎治 (じんの しんじ)
〒250-0862 神奈川県小田原市成田540
株式会社 明治 研究本部食機能科学研究所
(Tel : 0465-37-3674, Fax : 0465-37-3624,
E-mail : shinji.jinno@meiji.com)
2014年5月12日 受付
2014年6月18日 受理

以上の乳児を対象に実施し、その結果を報告しているが^{2,3,18~26)}、乳児の微量栄養素の摂取量に着目した評価の報告はこれまでにしていない。こうした情報不足が、日本人の食事摂取基準において人工栄養児の基準値が定められていない一因ともなっている。

本研究では、2006-2007年に実施した「乳児の発育・哺乳量に関する全国横断調査²⁾」で得た完全人工栄養児(1-6ヵ月齢)の哺乳量のデータから、エネルギー、たんぱく質ならびに微量栄養素の摂取量を算出し、エネルギーならびに各栄養素摂取量の過不足を「the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)」が示している推定エネルギー必要量²⁷⁾および「日本人の食事摂取基準(2010年版)」で示されている各栄養素の目安量²⁸⁾との比較により評価した。

材料および方法

1. データベース

2006年10月-2007年9月に実施した「乳児の発育・哺乳量に関する全国横断調査」で得た33,642名分のデータを用いた²⁾。本調査は、管理栄養士または栄養士の資格を持つ調査員が病産院および粉ミルクの販売店で行う乳児栄養相談において実施したものである。調査の対象は、出生体重が2,500 g以上で先天異常や感染症などを認めないことを保護者に確認した生後6ヵ月までの乳児としている。調査目的や参加の任意性などについて口頭で保護者に説明して参加の同意を得た。用意した調査票に基づき、24時間思い出し法により調査日前日の栄養法、哺乳回数、ならびに人工乳を使用している場合はその銘柄と哺乳状況を聴取した。住所、氏名等の個人を特定できる情報は聴取していない。なお、本調査は、「疫学研究に関する倫理指針(文部科学省, 厚生労働省)」に則って実施したものである。

2. 解析対象

解析対象は、調粉Aを哺乳していた児で、かつ調査日前日の24時間において哺乳1回毎の哺乳量が記録されていた児とした(調粉A哺乳児:578名)。なお、調粉Aは、明治乳業株式会社(現 株式会社 明治)が2005年に発売した人工乳で、当調査において人工乳の中で使用率の最も高かった製品である。調粉Aの栄養組成はTable 1に示す通りで、ビオチン、マンガン、ヨウ素については製品に含量の記載がないため、実測値(3試料の平均値)を記載した。調粉A哺乳児の栄養素摂取量を「FAO²⁷⁾」や「日本人の食事摂取基準(2010年版)」²⁸⁾で示されている基準値との比較により評価するため、これらに採用されている月齢区分方法に従って生後16-30日を1/2-1ヵ月齢、生後31-60日を1-2ヵ月齢、生後61-90日を2-3ヵ月齢とし、生後91日齢以降もこれらと同

Table 1 Nutrient composition of formula A.

		per 100 kcal	per 100 ml
Energy	kcal	100	68
Protein	g	2.30	1.57
Fat	g	5.13	3.50
Carbohydrate	g	11.37	7.75
Vitamin A	μgRE	77	53
Vitamin D	μg	1.3	0.88
Vitamin E	mg	1.2	0.84
Vitamin K	μg	5.0	3.4
Vitamin B ₁	mg	0.06	0.04
Vitamin B ₂	mg	0.12	0.08
Niacin	mg	1.2	0.82
Vitamin B ₆	mg	0.06	0.04
Vitamin B ₁₂	μg	0.40	0.27
Folic acid	μg	20	14
Pantothenic acid	mg	0.73	0.50
Biotin ^{a)}	μg	0.65	0.45
Vitamin C	mg	9.9	6.8
Sodium	mg	28	19
Potassium	mg	97	66
Calcium	mg	75	51
Magnesium	mg	7.9	5.4
Phosphorus	mg	42	28
Iron	mg	1.2	0.81
Zinc	mg	0.59	0.41
Copper	mg	63	43
Manganese ^{a)}	μg	3.9	2.6
Iodine ^{a)}	μg	11	7.4
Selenium	μg	1.5	1.0

a) Average measurement value on 3 samples

様に区分した。

3. 栄養素摂取量の算出と評価

「乳児の発育・哺乳量に関する全国横断調査²⁾」で得た哺乳量に関するデータから、各月齢で哺乳量が得られた調粉A哺乳児の1日の総哺乳量の平均値をそれぞれ求めた(平均値±標準偏差)。調粉A哺乳児のエネルギーおよび各栄養素の摂取量については、得られた月齢毎の哺乳量と調粉Aの栄養素含量とを乗算することで求めた(平均値±標準偏差)。エネルギー摂取量については、「FAO」が示している体重あたりの推定エネルギー必要量²⁷⁾との比較により評価した。たんぱく質および24種類の微量栄養素の摂取量については、「日本人の食事摂取基準(2010年版)」で示されている基準値(目安量および耐容上限量)²⁸⁾との比較により評価した。

結果

1/2-6ヵ月齢の調粉A哺乳児578名の1日の哺乳量(全体および男女別)をTable 2に示す。これらの哺乳

Table 2 Volume of formula intake in infants fed formula A.

Age (months)	n	Formula intake (ml/day)
Male		
1/2-1	27	811±102
1-2	86	858±147
2-3	33	898±119
3-4	56	854±166
4-5	49	903±174
5-6	40	958±144
Female		
1/2-1	22	830±119
1-2	75	806±121
2-3	33	840±148
3-4	59	874±141
4-5	52	838±158
5-6	46	903±147
Total		
1/2-1	49	819±109
1-2	161	834±137
2-3	66	869±136
3-4	115	864±153
4-5	101	869±169
5-6	86	928±147

Table 3 Daily energy intake in infants fed formula A.

Age (month)	Energy intake (kcal/kg/day)	EER ^{a)} (kcal/kg/day)
1/2-1	137±20	—
1-2	128±22	120→109
2-3	103±18	109→100
3-4	91±16	100→87
4-5	84±17	87→86
5-6	84±17	86→84

a) Estimated energy requirement for formula-fed infant indicated by FAO; 120, 109, 100, 87, 86 and 84 kcal/kg/day at 1, 2, 3, 4, 5 and 6 months of age, respectively

量から算出したエネルギー、たんぱく質ならびに微量栄養素の摂取量をそれぞれ Table 3, Table 4, Table 5 に示す。

調粉 A 哺乳児の哺乳量は、各月齢区分とも正規分布をしていた。調粉 A 哺乳児の1日の平均哺乳量は、1/2-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, および 5-6 ヶ月齢でそれぞれ 819, 834, 869, 864, 869, および 928 mL であった (Table 2)。調粉 A 哺乳児の体重あたりのエネルギー摂取量は、FAO²⁷⁾ が示している人工栄養児の推定エネルギー必要量 (1→6 ヶ月齢) と同水準で推移していた (Table 3)。調粉 A 哺乳児の平均たんぱく質摂取量は、日本人の食事摂取基準で人工栄養児向けに参考値として示されている目安量 (14 g/日) を 1/2-5 ヶ月齢においてわずかに下回っており、目安量を下回っていた乳児の比率は、哺

Table 4 Protein intake in infants fed formula A.

Age (month)	Protein intake (g/day)	AI ^{a)} (g/day)
1/2-1	12.8±1.7	
1-2	13.1±2.1	
2-3	13.6±2.1	
3-4	13.5±2.4	10
4-5	13.6±2.6	
5-6	14.5±2.3	

a) Adequate intake indicated in the Japanese Dietary Reference Intakes

Table 5 Intakes of vitamins and minerals in infants fed formula A. (per day)

		Age		AI ^{a)}	UL ^{b)}
		1/2-1 mo	5-6 mo		
Vitamin A	μgRE	431±57	489±77	300	600
Vitamin D	μg	7.2±1.0	8.1±1.3	2.5(5.0) ^{c)}	25
Vitamin E	mg	6.9±0.9	7.8±1.2	3.0	—
Vitamin K	μg	28±4	31±5	4	—
Vitamin B ₁	mg	0.33±0.04	0.38±0.06	0.1	—
Vitamin B ₂	mg	0.66±0.09	0.75±0.12	0.3	—
Niacin	mg	6.7±0.9	7.6±1.2	2	—
Vitamin B ₆	mg	0.33±0.04	0.38±0.06	0.2	—
Vitamin B ₁₂	μg	2.2±0.3	2.5±0.4	0.4	—
Folic acid	μg	111±15	125±20	40	—
Pantothenic acid	mg	4.1±0.5	4.6±0.7	4	—
Biotin	μg	3.6±0.5	4.1±0.7	4	—
Vitamin C	mg	55±7	63±10	40	—
Sodium	mg	155±21	175±28	100	—
Potassium	mg	542±72	614±97	400	—
Calcium	mg	420±56	476±75	200	—
Magnesium	mg	44±6	50±8	20	—
Phosphorus	mg	232±31	263±42	120	—
Iron	mg	6.6±0.9	7.5±1.2	0.5	—
Zinc	mg	3.3±0.4	3.8±0.6	2	—
Copper	mg	0.35±0.05	0.40±0.06	0.3	—
Manganese	μg	22±3	25±4	10	—
Iodine	μg	61±8	69±11	100	250
Selenium	μg	8.2±1.1	9.3±1.5	15	—

a) Adequate intake indicated in the Japanese Dietary Reference Intakes

b) Tolerable upper intake level indicated in the Japanese Dietary Reference Intakes

c) Adequate intake for infants who have less exposure to sunlight

乳量の最も少ない 1-1/2 ヶ月齢で 67% であった。一方で、母乳栄養児の目安量 (10 g/日) に対しては 1/2-6 ヶ月齢で上回っていた (Table 4)。調粉 A 哺乳児の微量栄養素の各月齢の平均摂取量は、ビオチン、ヨウ素、セレンを除き、日本人の食事摂取基準²⁸⁾ で示されている目安量をそれぞれ上回っており、耐容上限量は下回っ

ていた (Table 5)。調粉 A 哺乳児のビオチン、ヨウ素、セレンの各月齢毎の平均摂取量は、それぞれの目安量の90~103%, 61~69%, 55~62%の値で推移していた (Table 5)。

考 察

本研究では、推定エネルギー必要量および日本人の食事摂取基準との比較による評価において調粉 A 哺乳児のエネルギーおよびたんぱく質の摂取量は過不足がないこと、および微量栄養素の摂取量については、ビオチン、セレン、ヨウ素が不足している可能性があるが、それ以外は過不足がないことを確認した。特に、乳児の発育に直接影響し得るエネルギーとたんぱく質の摂取量に関しては、前報で調粉 A を哺乳していた乳児の発育が母乳栄養児と同等であったことから適切であると推察されていたが²⁾、今回の検討で各基準値との比較による評価においても適切であることが示唆された。

今回の検証で、調粉 A 哺乳児のエネルギー摂取量は、推定エネルギー必要量に対して過不足のない適正な量に保たれていることが示された。FAO は、人工栄養児のエネルギー消費量は母乳栄養児よりも多いというデータに基づき、人工栄養児と母乳栄養児の推定エネルギー必要量を別々に示している^{5,27)}。一方、日本人の食事摂取基準では、同じデータに基づいて母乳栄養児の推定エネルギー必要量のみを示している²⁸⁾。そこで本研究では、FAO が示している人工栄養児の推定エネルギー必要量を参照値に用いた。その結果、Table 3 で示したように、調粉 A 哺乳児の月齢毎のエネルギー摂取量は FAO の推定エネルギー必要量と同水準で推移していることが確認された。調粉 A を哺乳していた人工栄養児の発育は母乳栄養児と同等であることは前報で確認しているが²⁾、推定エネルギー必要量との比較による評価においても調粉 A 哺乳児のエネルギー摂取量が適切なものであると考えられた。

調粉 A 哺乳児のたんぱく質摂取量は、母乳栄養児の目安量を十分に上回っており、母乳栄養児と同等の発育が確保される水準に保たれていると推察された。調粉 A 哺乳児のたんぱく質摂取量の平均値 (12.8-14.5 g/日) は、日本人の食事摂取基準で参考値として示されている人工栄養児の目安量 (14 g/日) を下回っていた。一方で、調粉 A 哺乳児の下位16パーセントの摂取量を示す値 (平均-標準偏差) が全月齢区分で母乳栄養児の目安量 (10 g/日) よりも高かったことから、調粉 A 哺乳児のたんぱく質摂取量は母乳栄養児の目安量を十分に上回っているといえる。日本人の食事摂取基準²⁸⁾では、人工栄養児の目安量 (参考値) は、人工乳のたんぱく質利用率を母乳の70%として算出しているが、使用

するたんぱく質の質やアミノ酸の組成等を考慮する必要がある。数十年前には、たんぱく質原料の分離・精製技術が十分ではなかったため、人工乳のたんぱく質の質をコントロールすることが困難で、アミノ酸組成が整っていなかったのも確かであるが、近年ではたんぱく質の分離・精製技術の向上に伴って人工乳のアミノ酸組成等のたんぱく質の質は大幅に改善されている。調粉 A では、必須アミノ酸を豊富に含む乳たんぱく質である α -ラクトアルブミンを増やすことでアミノ酸組成を母乳に近づけている。乳児の臨床介入試験では、アミノ酸組成を母乳に近づけてたんぱく質濃度を母乳と同等の1.8 g/100 kcal に低減した人工乳を哺乳した児の発育および血中アルブミン濃度が正常範囲内であることが示されている³¹⁾。たんぱく質の質が改善された近年の人工乳からのたんぱく質摂取量の評価においては、母乳栄養児の目安量を参考にする余地が十分にあると考えられる。過去の検討で調粉 A を哺乳した児の発育が母乳栄養児と同等であることが確認されていることから²⁾、調粉 A 哺乳児のたんぱく質摂取量は、調粉 A 哺乳児が母乳栄養児と同等の発育が確保される水準であると考えられる。

人工乳のたんぱく質量は、乳児の良好な発育が確保される範囲内であっても母乳により近づくよう減量することが望ましい。乳児の腎臓等の臓器への負担リスクや代謝調節への過剰刺激のリスクを小さくできるからである。しかし、乳児のたんぱく質摂取不足は、発育不良の直接の原因となり得るため、人工乳のたんぱく質濃度を安易に減量するのは適当ではない。この点、我々は、過去40年以上にわたり、人工乳を改良するたびに発育調査を実施し、その人工乳を哺乳した児の発育が適正であることを確認してきた^{2,3,18~26)}。調粉 A ではたんぱく質濃度 (2.3 g/100 kcal) が母乳のたんぱく質濃度²⁹⁾の平均値±標準偏差 (1.90±0.43 g/100 kcal) の範囲内まで減量されているが、今後は母乳の平均値を目指してさらに濃度を下げていくことになるだろう。その過程においては、臨床評価^{30,31)}や発育調査によって乳児の発育を確認する重要性はさらに増すだろう。

調粉 A 哺乳児の微量栄養素の摂取量については、ビオチン、ヨウ素、セレン以外は、日本人の食事摂取基準に対して過不足がないことが示された。日本人の食事摂取基準では、26種類の微量栄養素について母乳栄養児の摂取目安量が示されている。これらの数値との比較により、今回評価対象とした24種類の微量栄養素の中でビオチン、ヨウ素、セレン以外の21種類の微量栄養素の摂取量が調粉 A 哺乳児において適正であることが示唆された。また、ビタミン A およびビタミン D は耐容上限量が設定されているが、調粉 A 哺乳児のこれらの摂取量はいずれも下回っていた。特にビタミン A については、必要な摂取量と耐容上限量の幅が極めて狭いた

め、適正な量を摂取できるような人工乳の配合設計をすることは難しい。本研究で示された結果は、調粉AのビタミンAの配合設計が適正であることを示している。たんぱく質や微量栄養素等の摂取量の過不足は、本来的には、臨床試験等³¹⁾において欠乏症や過剰症の発症頻度ならびに血中マーカーを検証し、総合的に判断するのが妥当である。一方で、乳児、特に健常乳児での試験は安全面、倫理面の観点で障壁が極めて高い。このような背景から、本報のような調査結果を積み重ねることの意義は大きいと考えられる。

哺乳量の調査では、「24時間思い出し法」で一定程度の精度を確保できると考えられる。哺乳量は、通常の食事調査に比べ、調乳量と飲み残し量から比較的精度よく思い出すことが可能である。また、哺乳回数が多い（1日に5~7回以上）ことから、1日間の哺乳量を調査することによって1回ごとの哺乳量のばらつきを平均化することができ、日常的な1日の哺乳量に近い値が得られると考えられる。一方で、哺乳量を2日間以上さかのぼって思い出すことは、調査誤差を高める要因にもなり得る。著者らは、24時間思い出し法による哺乳量調査結果をこれまでに複数報告しており、哺乳量の調査結果の再現性が高いことを確認している。さらに、哺乳する人工乳のエネルギー濃度の違いによる児の哺乳量の差を検出したことを前報で示している²⁾。本研究では、評価の精度をさらに高めるため、思い出し法による調査で得たデータの中から、24時間の1回毎の哺乳量が記されている児のみを選抜し、解析の対象とした。以上のことから、本調査では、一定精度の哺乳量データを得られたと考えられる。

本研究では、調粉A哺乳児のビオチン、ヨウ素、セレンの摂取量が必ずしも十分ではない可能性が示された。日本では人工乳中にビオチン、ヨウ素、セレンを添加することが法的に認められておらず（2014年5月時点）、人工乳中のこれら栄養素はたんぱく質原料からの持ち込みに頼らざるを得ないため、いずれも分量は含まれていない。今回の検討で得られた調粉A哺乳児のビオチン、ヨウ素、セレンの平均摂取量がいずれも「目安量」を下回っていたことは、必然的な面がある。しかし、「目安量」は母乳栄養児の平均摂取量に相当するため、平均摂取量が「目安量」を下回ることが必ずしもその栄養素の摂取不足を意味するわけではない。哺乳量のばらつきが比較的小さく（Table 2）、そのためにこれら微量栄養素の摂取量のばらつきも比較的小さい（Table 5）ことから、いずれも極端に摂取量が少ない児がいることは考えにくい。とはいうものの、一部の乳児では摂取不足の状態となっている可能性も否定はできない。2014年5月時点で、小児医療関係の各学会および業界の行政への働き掛けの結果としてビオチンの人工乳への

添加が認められる見込みとなっており、状況は改善しつつある。ヨウ素やセレンについても、海外と同様に人工乳へ添加できるようになることが強く望まれる。

本研究では、調粉A哺乳児のエネルギー摂取量は推定エネルギー必要量に対して過不足がなく、欧米で指摘されているようなエネルギー摂取過多の可能性は低いことが示唆された。また、各栄養素の摂取量についても、法制度に起因して人工乳中に十分な配合ができていないビオチン、ヨウ素、セレン以外は、日本人の食事摂取基準に対して過不足がないことが示された。我々の前回の検討では、本研究で評価対象とした調粉A哺乳児が母乳栄養児と同等の発育を示していることを確認している。したがって、本報告で示した人工栄養児のエネルギーおよび各栄養素の摂取量のデータは、乳児の摂取量に関する基準を策定する際にも極めて有用な情報となり得るだろう。

要約

1/2-6ヵ月齢の完全人工栄養児のエネルギー、たんぱく質および微量栄養素の摂取量を算出し、評価した。2006-2007年に33,642名の乳児を対象とした発育・哺乳量に関する全国横断調査を実施し、578名の6ヵ月齢までの完全人工栄養児の栄養摂取量を評価した。1日の平均哺乳量は、1/2-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, および5-6ヵ月齢でそれぞれ819, 834, 869, 864, 869, および928 mLであった。調粉A哺乳児のエネルギー摂取量（1-2ヵ月齢で128 kcal/kg/日、5-6ヵ月齢で84 kcal/kg/日）は、FAOが示している人工栄養児の推定エネルギー必要量と同水準であった。たんぱく質の摂取量およびビオチン・セレン・ヨウ素以外の微量栄養素の摂取量は、日本人の食事摂取基準で示されている目安量を各月齢とも上回っていた。ビタミンAおよびビタミンDの摂取量は、日本人の食事摂取基準で示されている耐容上限量を各月齢とも下回っていた。我々は前報で、これらの完全人工栄養児の発育が6ヵ月齢まで母乳栄養児と同等であることを確認している。以上のことから、今回評価対象とした完全人工栄養児のエネルギー摂取量は推定エネルギー必要量との比較による評価において過不足のない量に保たれていること、および各栄養素の摂取量については、ビオチン・セレン・ヨウ素以外は、日本人の食事摂取基準に対して過不足がないことが示された。

謝辞

2006-2007年の調査にご協力くださった保護者の皆様、調査の機会をくださった病産院、調粉販売店諸施設、および調査を担当した当社栄養士の諸氏に感謝いた

します。なお、著者はいずれも株式会社明治の従業員であり、当研究は株式会社明治の研究費を用いて実施したものである。

引用文献

- 1) Dewey, K. G. and Lönnerdal, B.: Infant self-regulation of breast milk intake. *Acta Paediatr. Scand.*, **75**, 893-898 (1986)
- 2) 菅野貴浩・神野慎治・金子哲夫: 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11報) —調粉エネルギーが栄養摂取量に及ぼす影響—, *小児保健研究*, **72**, 253-260 (2013)
- 3) 菅野貴裕・米久保明得: 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), *小児保健研究*, **64**, 594-601 (2005)
- 4) Timby, N., Domellöf, E., Hernell, O., Lönnerdal, B. and Domellöf, M.: Neurodevelopment, nutrition, and growth until 12 mo of age in infants fed a low-energy, low-protein formula supplemented with bovine milk fat globule membranes: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, **99**, 860-868 (2014)
- 5) Butte, N. F., Wong, W. W., Ferlic, L., Smith, E. O., Klein, P. D. and Garza, C.: Energy expenditure and deposition of breast-fed and formula-fed infants during early infancy. *Pediatr. Res.*, **28**, 631-640 (1990)
- 6) Heinig, M. J., Nommsen, L. A., Peerson, J., Lönnerdal, B. and Dewey, K. G.: Energy and protein intakes of breast-fed and formula-fed infants during the first year of life and their association with growth velocity: the DARLING Study. *Am. J. Clin. Nutr.*, **58**, 152-161 (1993)
- 7) Baird, J., Poole, J., Robinson, S., Marriott, L., Godfrey, K., Cooper, C., Inskip, H. and Law, C.: Milk feeding and dietary patterns predict weight and fat gains in infancy. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.*, **22**, 575-586 (2008)
- 8) Dewey, K. G.: Growth characteristics of breast-fed compared to formula-fed infants. *Biol. Neonate*, **74**, 94-105 (1998)
- 9) Kramer, M. S., Guo, T., Platt, R. W., Vanilovich, I., Sevkovskaya, Z., Dzikovich, I., Michaelsen, K. F. and Dewey, K.: Feeding effects on growth during infancy. *J. Pediatr.*, **145**, 600-5 (2004)
- 10) Fomon, S. J., Ziegler, E. E., Nelson, S. E. and Frantz, J. A.: What is the safe protein-energy ratio for infant formulas? *Am. J. Clin. Nutr.*, **62**, 358-63 (1995)
- 11) Fomon, S. J., Ziegler, E. E., Nelson, S. E., Rogers, R. R. and Frantz, J. A.: Infant formula with protein-energy ratio of 1.7 g/100 kcal is adequate but may not be safe. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, **28**, 495-501 (1999)
- 12) Gunnarsdottir, I. and Thorsdottir, I. Relationship between growth and feeding in infancy and body mass index at the age of 6 years. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, **27**, 1523-1527 (2003)
- 13) Koletzko, B., Broekaert, I., Demmelmair, H., Franke, J., Hannibal, I., Oberle, D., Schiess, S., Baumann, B. T. and Verwied-Jorky S.: Protein intake in the first year of life: a risk factor for later obesity? The E.U. childhood obesity project. *Adv. Exp. Med. Biol.*, **569**, 69-79 (2005)
- 14) Koletzko, B., von Kries, R., Closa, R., Escribano, J., Scaglioni, S., Giovannini, M., Beyer, J., Demmelmair, H., Gruszfeld, D., Dobrzanska, A., Sengier, A., Langhendries, J. P., Rolland Cachera, M. F. and Grote, V.: Lower protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y: a randomized clinical trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, **89**, 1836-1845 (2009)
- 15) Weber, M., Grote, V., Closa-Monasterolo, R., Escribano, J., Langhendries, J. P., Dain, E., Giovannini, M., Verduci, E., Gruszfeld, D., Socha, P. and Koletzko, B.: Lower protein content in infant formula reduces BMI and obesity risk at school age: follow-up of a randomized trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, **99**, 1041-1051 (2014)
- 16) 中埜 拓・加藤 健・小林直道・島谷雅治・石井恵子・瀧本秀美・戸谷誠之: 乳幼児の食生活に関する全国実態調査: 離乳食および乳汁からの栄養素等の摂取状況について, *小児保健研究*, **62**, 630-639 (2003)
- 17) 中埜 拓・井戸田正・中島一郎: 離乳食からの栄養摂取に関する全国実態調査, *小児保健研究*, **9**, 16-27 (1995)
- 18) 土屋文安・関口すみ江: 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績, *小児保健研究*, **32**, 322-331 (1974)
- 19) 土屋文安・山本良郎・米久保明得・高橋 断・関口すみ江: 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績 (第2報), *小児保健*

- 研究, **38**, 133-139 (1979)
- 20) 土屋文安・山本良郎・米久保明得・高橋 断・浜田八重子: 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績 (第3報), 小児保健研究, **39**, 252-262 (1980)
- 21) 土屋文安・山本良郎・米久保明得: 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量および便性に関する調査成績 (第4報), 小児保健研究, **43**, 618-626 (1984)
- 22) 土屋文安・米久保明得・山本良郎: 栄養法別に見た乳児の発育, 哺乳量, 便性ならびに罹病傾向に関する調査成績 (第5報), 小児保健研究, **47**, 357-362 (1988)
- 23) 山本良郎・米久保明得: 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6報), 小児保健研究, **52**, 465-471 (1993)
- 24) 米久保明得・菅野貴浩・山本良郎: 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7報), 小児保健研究, **56**, 103-113 (1997)
- 25) 米久保明得・菅野貴浩: 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8報), 小児保健研究, **58**, 93-103 (1999)
- 26) 菅野貴浩・米久保明得: 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9報), 小児保健研究, **64**, 585-593 (2005)
- 27) FAO: Human energy requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, Rome, pp. 11-19, (2001)
- 28) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会: 日本人の食事摂取基準 (2010年版), 第一出版, 東京, pp. 276-284 (2009)
- 29) Yamawaki, N., Yamada, M., Kan-no T., Kojima, T., Kaneko, T. and Yonekubo, A.: Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women. *J. Trace. Elem. Med. Biol.*, **19**, 171-181 (2005)
- 30) Turck, D., Grillon, C., Lachambre, E., Robiliard, P., Beck, L., Maurin, J. L., Kempf, C., Bernet, J. P., Marx, J., Lebrun, F. and Van Egroo, L. D.: Adequacy and safety of an infant formula with a protein/energy ratio of 1.8 g/100 kcal and enhanced protein efficiency for term infants during the first 4 months of life. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, **43**, 364-71 (2006)
- 31) Riih , N. C., Fazzolari-Nesci, A., Cajozzo, C., Puccio, G., Monestier, A., Moro, G., Minoli, I., Haschke-Becher, E., Bachmann, C., Van't Hof, M., Carri  F ssler, A. L., Haschke, F.: Whey predominant, whey modified infant formula with protein/energy ratio of 1.8 g/100 kcal: adequate and safe for term infants from birth to four months. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, **35**, 275-81 (2002)