1,2 歳児のタンパク質, エネルギー摂取量および窒素出納成績

山 本 茂*, 上江洲 典子*, 池 本 真二*
王 銘 富*, 岸 恭 一*, 岡 田 良 江**
谷 本 祖**, 井 上 五 郎*,***

* 徳島大学医学部栄養学科

** 徳島県立徳島乳児院

*** 現在: 中村学園大学

Protein and Energy Intakes and Nitrogen Balance in 1- and 2-Year-Old Children

Shigeru YAMAMOTO,* Noriko UEZU,* Shinji IKEMOTO,* Ming-Fu WANG,*
Kyoichi KISHI,* Yoshie OKADA,** Hajime TANIMOTO,** Goro INOUE*,***

* *Department of Nutrition, School of Medicine, The University of Tokushima,
Tokushima, 770*

** *Tokushima Niujin, Komatsushima, 773*

*** *Present address: Nakamura Gakuen College, Fukuoka, 814*

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food. Sci.*) 37, 171~176 (1984)

Since little is known about the nitrogen balance in children when the protein intake is about the level of the Japanese recommended dietary allowance (JRDA) and since few data have been reported about the amount of protein intake in daily life, a nitrogen balance study and a nutrition survey were carried out in children aged 1-2 years. The nitrogen balance of 22 children living in a nursing home was studied for 3 days. The amount of ingested food was obtained by weighing the food before and after cooking and after food was ingested. Nitrogen intake was calculated from the weight of ingested food and the nitrogen concentration of the food which was analyzed by the Kjeldahl method. Energy intake was calculated by using the Japanese food composition table. The nutrition survey of a village was done in summer (July) on 15 children and winter (December) on 9 children for 3 consecutive days. Nine of them were studied in both seasons. The amount of food ingested was obtained by the same manner as in the nitrogen balance study. Protein and energy intakes were calculated by using a Japanese food composition table. Height and weight were measured in both studies.

Changes in height and weight of the children at the nursing home were similar to the Japanese average. With an intake of 460 mg nitrogen/kg/day (about the JRDA level for 1-2-year-old children), nitrogen retention was about 90 mg/kg/day. The energy intake of the children at the home was 78 kcal/kg/day, about 8 kcal lower than the JRDA value. The slope of the regression line between nitrogen intake (x) and nitrogen balance (y) was 0.33, indicating that the protein utilization was about 33 %. Children in the village made normal height and weight gains during the 5 months. Their energy and protein intakes in summer and winter were 74 and 79 kcal/kg/day and 2.30 and 2.47 g/kg/day, respectively. Both the energy and the protein intakes were lower than those of the JRDA.

The results indicate that JRDA of protein for children aged 1-2-year is sufficient to retain adequate body protein even with an energy intake lower than that of the JRDA.

(Received September 24, 1983)

日本人の栄養所要量は、昭和 50 年にひきつづき昭和 54 年に改定された¹⁾²⁾。しかし、タンパク質所要量に関

しては、基本的な考え方や体重当たりの数値はほぼ全面的に昭和 50 年度のものが踏襲されている。2~19 歳のタンパク質所要量は、成人の値 (1.2 g タンパク質/kg/日) と、1 歳児の値 (2.8 g/kg/日) の間に漸減曲線をひき、これより推定したものである。しかも 1 歳児の所要

* 〒770 徳島市蔵本町 3

** 〒773 小松島市中田

*** 〒814 福岡市城南区別府 5-7-1

量算定の基礎となっている不可避損失窒素量は、成人で得られた成績を基礎代謝 1 kcal 当たり 2.4 mgN/kg とし計算したものであり、このような数値が小児にとって適切なものであるかどうかについては検討が必要である。さらに、卵や乳タンパク質の利用効率の成績も、外国の一報告から採用したものであり、十分な研究で得られたものではない。また、ストレスに対する安全率をどのように扱うべきかについても不明である。このように現在のタンパク質所要量には検討すべき多くの問題点がまだ残っているといえる。

そこでわれわれは、現在のタンパク質所要量、とくに成長期における、を評価する第一歩として、1, 2 歳児で二つの研究を行なった。第1の研究では、食事が日本人の所要量にそって作られている乳児院での窒素出納と発育について、第2の研究では一般家庭のタンパク質摂取の実態と発育について調べた。

実験方法

1. 実験 1

乳幼児の長期託児を行なっている徳島乳児院の1歳児15人(男6人, 女9人)および2歳児7人(男4人, 女3人)について、連続3日間の食事実測調査と窒素出納試験を行なった。エネルギー摂取量は、調理前の材料量、できあがり量および小児の摂取量を秤量し、これらから小児が摂取した原材料量を求めて、四訂日本食品標準成分表³⁾により計算した。タンパク質摂取量は、調理食品の一部を乾燥後、ケルダール法にて窒素含量を測定し、これに上記で求めた摂取量をかけて得た。尿は午前8時を境として、24時間尿を3日間採集した。おむつをしている小児では、汚れたおむつを各個人別にバケツにとり、水を適量加えて尿を浸出させた。またおむつをしていない小児は、小児用便器に排泄したものを採集したが、もらした場合は、おむつの場合と同様の方法をとった。希釈尿の重量は、あらかじめ計っておいたおむつおよびパンツの重量を差し引いて求めた。希釈尿の一部を用いケルダール法により窒素量を求めた。糞便はおむつをしている小児では、ヘラでおむつから取り出して、おむつをしていない小児では、小児用携帯便器に排泄したものを採集した。3日間の糞便をいっしょにし、乾燥後ケルダール法により窒素量を求めた。入院後毎月の身長および早朝空腹時排尿後の体重を測定した。

2. 実験 2

徳島県下の農村(三好郡山城町)で夏期(7月)15名(1歳児男子4名, 女子5名, 2歳児男子5名, 女子1名)および冬期(12月)9名(1歳児男子1名, 女子2名, 2歳児男子4名, 女子2名)について連続3日間の食事実測調査を行なった。なお9名(男子5名, 女子4

名)は、夏冬とも同一対象者であった。

摂取タンパク質およびエネルギー量は、調理前の材料の重さ、できあがり食品の重量、できあがり食品の摂取重量を測定し、個人の摂取材料重量を求めて日本食品標準成分表³⁾により計算した。全小児の身長および早朝空腹時排尿後の体重を測定した。

結果

Table 1 に、対象者の平均年齢、身長、体重、エネルギー摂取量、タンパク質摂取量および 18, 24~30 か月歳の全国平均身長、体重⁴⁾さらに日本人のエネルギー、タンパク質所要量²⁾を示した。対象者の年齢差を考えると、乳児院、農村の対象者の身長、体重はほぼ全国並みであったといえよう。エネルギー摂取量は、いずれのグループにおいても所要量より低かった。タンパク質摂取量は、農村の2歳男女で所要量よりかなり低かったが、それ以外では、所要量とほぼ同じような摂取であった。また一般に男女差があり、体重 1 kg 当たりの女子のタンパク質、エネルギー摂取量は男子のそれらより低い傾向にあった。

Fig.1. Comparison of the changes in height and weight of children at the nursing home and in Japan as a whole.

Height of children at the nursing home (○) and average Japanese height for boys (□) and girls (●). Weight of children at the nursing home (●) and average Japanese weight for boys (△) and girls (▲). Values for the nursing home are the average of 4 boys and 7 girls.

Table 1. Average age, height, energy intake and protein intake of the subjects at a nursing home and in a village; average height and weight of children in Japan; recommended dietary allowances of energy and protein for Japanese children.^{a)}

Group		Age (month)	Height (cm)	Body weight (kg)	Energy intake (kcal/kg/day)	Protein intake (g/kg/day)
1-year-old boys	Nurs. Home ^{b)}	(6) ^{c)}	77.5±4.7	10.4±1.7	85.2±13.1	3.16±0.47
	Village ^{d)}	(5)	80.5±4.1	10.8±0.9	76.8±17.7	2.84±0.83
	Japan ^{e)}	18	81.1	10.7	—	—
	RDA ^{f)}	18	—	—	86.2	2.91
1-year-old girls	Nurs. Home	(9)	80.2±5.6	11.5±1.4	74.7±8.6	2.78±0.29
	Village	(7)	76.1±3.6	10.3±1.8	84.3±12.7	2.94±0.60
	Japan	18	79.9	10.3	—	—
	RDA	18	—	—	86.4	2.90
2-year-old boys	Nurs. Home	(4)	91.1±3.7	14.0±1.2	78.0±11.7	2.80±0.42
	Village	(9)	88.1±3.7	12.5±1.3	85.2±18.9	2.49±0.93
	Japan	24~30	87.1	12.3	—	—
	RDA	30	—	—	91.8	2.84
2-year-old girls	Nurs. Home	(3)	84.9±5.7	11.9±1.9	73.8±12.4	2.68±0.36
	Village	(3)	81.8±4.1	11.7±1.5	67.5±10.7	1.78±0.24
	Japan	24~30	86.2	11.8	—	—
	RDA	30	—	—	91.7	2.82

^{a)} Figures indicate mean±SD except for the values of Japan and RDA.

^{b)} Subjects at Tokushima Nursing Home.

^{c)} Number of subjects.

^{d)} Subjects at a village in Yamashiro Town, Miyoshi-gun, Tokushima Prefecture.

^{e)} Japanese average.⁴⁾

^{f)} Japanese recommended dietary allowances.²⁾

Table 2. Changes in height, weight and energy and protein intakes between summer and winter in the same subjects living in the village.^{a)}

	Height (cm)	Weight (kg)	Protein intake (g/kg/day)	Energy intake (kcal/kg/day)
Summer (July)	80.0±5.0	11.2±1.3	2.30±0.64	74±7
Winter (December)	85.1±6.2	12.3±1.5	2.47±0.60	79±11

^{a)} Figures indicate mean±SD of 9 subjects (boy 5, girl 4).

Fig.1 に、乳児院対象小児および全国の男女の月ごとの身長、体重変化を示した。なお小児により入院、退院の年齢が異なるので、10~20 か月の間の資料の得られた11名(男4, 女7)についてのみ、その平均値を示した。身長は男子全国平均値とまったく同じような変化を示した。体重は、10~14 か月歳までは男子の全国平均値とほぼ同じであったが、15~20 か月歳では乳児院小児のほうが増加が大きく、20 か月歳で約 500 g 重かった。

Table 2 に、農村の小児で、7月と12月の2回にわたって調査を行なった9人(男5人, 女4人)の身長、体重、エネルギーおよびタンパク質摂取量の夏冬の結果を示した。5か月間に身長は 5.1 cm、体重は 1.1 kg 増加した。これは1, 2歳児の全国平均の5か月間の身長増加約 4.6 cm (男女平均)、体重増加約 1.0 kg⁴⁾を上まわるものであった。エネルギー、タンパク質の摂取は、ともに冬でやや高い傾向にあったものの有意差は見られなかった。

Table 3 に、乳児院小児各人の年齢、身長、体重および体重 1 kg 当たりのエネルギー、タンパク質摂取量、尿および糞便中窒素排泄量、窒素出納値を示した。体重 1 kg 当たりのエネルギー摂取量は、1歳児の所要量 86 kcal を越すものは15例中わずかに2例で平均摂取量は 79 kcal と約 7 kcal 低かった。2歳児では所要量の 91 kcal を越えるものはまったくいず、7例の平均は 76 kcal で、所要量より 15 kcal も低かった。摂取窒素量も、エネルギー摂取量とほぼ比例していた。とくに K.I., N.T., I.S. ではエネルギー摂取量が 60~62 kcal と低く、窒素摂取量も約 360 mg と低かった。その結果窒素出納は、正であるが低い傾向にあった。1歳男子の K.M., Y.S., S.F. の窒素摂取量はあまり低くはなかったが、窒素出納は平衡維持程度であった。全平均の体重 1 kg 当たりの窒素摂取量は 460 mg で、このときの窒素出納は約 +90 mg であった。

Fig.2 に、乳児院対象者の体重 1 kg 当たりの窒素摂取量と窒素出納の関係を示した。両者の相関関係は、月齢別、性別とせず全員を同一カテゴリーとして扱った。その第1の理由は、対象者が22名と限定されていたためである。第2に、体維持のための窒素必要量は、基礎代謝量によく比例すると考えられている⁵⁾が、昭和 54

Fig.2. Relationship between nitrogen intake and nitrogen balance in children aged from 1-2 years living at a nursing home in Tokushima.

年度改定の日本人の栄養所要量²⁾によれば、体重 1 kg 当たり1日の基礎代謝量は、1歳児で男女とも 59.9 kcal、2歳児で男子 58.8 kcal、女子 58.4 kcal とほとんど差がないため同じカテゴリーとして扱っても問題は少ないと考えたためである。回帰直線は $y = 0.327x - 60.728$ であった。この式より求めた $y = 0$ の点、すなわち窒素平衡維持レベルの窒素摂取量 (x の値) は体重 1 kg 当たり 186 mg であった。

考 察

乳児院小児の平均窒素摂取量は、体重 1 kg 当たり1日 460 mg で、このときの窒素出納は平均約 +90 mg であった。Ziegler ら⁶⁾は、米国小児での窒素出納試験で、米国の一般的食事を与えたとき、12~18 か月歳では平均 529 mgN/kg/日 (タンパク質 3.3 g) の摂取に対し、窒素出納は +110 mg/kg/日であり、18~36 か月歳では平均 543 mgN/kg/日 (タンパク質 3.4 g) の摂取に対し窒素出納が +90 mgN/kg/日であったことを報告している。このようなタンパク質摂取レベルはかなり高いものであることから、1, 2歳児の窒素保留の最大値は 90~110 mgであることを示唆している。Chan と Waterlow⁷⁾は、カシオコアーから回復した1歳児で、窒素摂取量が約 180 mg/kg/日までは窒素保留は直線的に増加するが、それ以上の摂取では窒素保留は一定で約

Table 3. Individual values of age, height, weight, energy and protein intakes, urinary and fecal nitrogen excretions and nitrogen balance of the subjects at a nursing home.

Subject	Sex	Age (month)	Height (cm)	Weight (kg)	Energy intake (kcal/kg/day)	Intake N ^{a)} (mg/kg/day)	Urinary N ^{b)} (mg/kg/day)	Fecal N ^{c)} (mg/kg/day)	N balance ^{d)} (mg/kg/day)
K. M.	male	12	74.1	9.5	66.9	434.7	393.7	35.8	5.2
Y. S.	male	12	73.1	9.1	80.7	514.3	462.6	41.8	9.9
S. F.	male	13	75.7	11.5	83.5	430.4	389.6	37.4	3.4
K. K.	male	17	77.2	9.5	99.4	604.2	404.2	37.9	162.1
N. S.	male	21	78.5	9.3	101.2	580.6	430.1	34.4	116.1
K. H.	male	22	86.2	13.2	79.2	463.1	327.0	40.3	95.8
Mean±SD		16±5	77.5±4.7	10.4±1.7	85.2±13.1	504.6±74.7	401.2±45.4	37.9±2.8	65.4±68.4
M. A.	female	12	70.0	8.8	77.7	439.8	346.6	36.4	56.8
M. I.	female	12	73.0	9.5	81.4	508.4	389.5	34.7	84.2
M. N.	female	18	83.0	11.6	73.2	431.9	316.4	25.9	89.6
K. A.	female	20	80.2	11.7	86.1	515.9	355.4	24.9	135.6
H. Y.	female	21	87.0	12.5	75.2	429.0	311.0	41.5	76.5
J. K.	female	22	83.2	12.7	81.4	472.4	318.9	25.2	128.3
K. I.	female	22	83.6	12.5	62.4	369.5	283.5	33.7	52.3
H. N.	female	22	78.2	11.9	74.6	434.6	313.9	53.2	67.5
C. N.	female	22	83.6	12.4	60.3	412.9	276.6	25.8	110.5
Mean±SD		19±4	80.2±5.5	11.5±1.4	74.7±8.6	448.5±44.8	323.5±35.4	33.5±9.5	89.0±30.0
H. M.	male	25	86.0	12.3	84.1	514.3	320.0	26.9	167.4
Y. T.	male	33	90.8	14.0	83.2	485.8	371.1	24.9	89.8
N. T.	male	34	94.0	15.3	60.5	354.1	258.4	19.7	76.0
T. N.	male	35	93.7	14.2	84.2	438.2	298.9	22.6	116.7
Mean±SD		32±5	91.1±3.7	14.0±1.2	78.0±11.7	448.1±70.1	312.1±46.9	23.5±3.1	112.5±40.3
I. S.	female	24	82.7	12.0	60.3	365.0	284.2	15.8	65.0
M. S.	female	27	80.6	9.9	84.8	475.8	340.7	48.4	86.7
M. W.	female	28	91.4	13.7	76.2	448.3	239.8	34.3	174.2
Mean±SD		26±2	84.9±5.7	11.9±1.9	73.8±12.4	429.7±57.7	288.2±50.6	32.8±16.3	108.6±57.8
Mean of all subjects±SD		21±7	82.1±6.8	11.7±1.9	78.0±11.2	460.1±63.0	337.8±56.9	32.8±9.3	89.5±48.2

a) Intake nitrogen. b) Urinary nitrogen. c) Fecal nitrogen. d) Nitrogen balance.

80 mg/kg/日であることを報告している。以上の点を考えると、日本人 1, 2 歳児のタンパク質所要量は幼児に最大窒素保留をおこさせるレベルであるといえる。

上記 Ziegler ら⁶⁾の研究で、エネルギー摂取量は 12~18 か月歳で 93 kcal/kg/日、18~36 か月歳で 91 kcal/kg/日であった。これに対し乳児院小児のエネルギー摂取量は 78 kcal とかなり低かった。また農村の小児のエネルギー摂取量も乳児院とほぼ同じで 81 kcal であった。Huang ら⁸⁾の成績では、台湾の 1 歳児の摂取量は約 80 kcal である。一方、推奨量は、米国 100⁹⁾、FAO/WHO 103¹⁰⁾、日本 86 kcal²⁾である。このように小児のエネルギー摂取量は、各国の成績と、あるいは所要量と必ずしも一致していない。エネルギー摂取量がタンパク質の利用に及ぼす影響は大であるので¹¹⁾、乳幼児のエネルギー摂取に関しては、さらに詳しい検討が必要であろう。

成長期のタンパク質所要量決定上の問題の一つは、食事タンパク質の利用効率がどの程度であるかよくわかっていないことであろう。そのために日本人のタンパク質所要量の算定に台湾の Huang ら⁸⁾の成績を参考にし、1 歳児の成長のための卵タンパク質の利用効率 (NPU) を 40 とした。乳児院小児の窒素摂取量の窒素出納への回帰直線の傾き (この百分率は NPU に近似であると考えられる) は 0.33 であった。Ziegler ら⁶⁾の米国日常食の成績でも、18~36 か月歳の小児で窒素摂取量が 350~750 mg/kg/日での窒素摂取量の窒素出納に対する回帰直線の傾きは、われわれの成績と同様 0.33 であった。これらのことは、日常食のタンパク質利用効率が卵よりやや劣る¹¹⁾ことを考えると、所要量算定で用いられた成長のための卵タンパク質の利用効率 (NPU 40) は、日本人小児の実生活においてもほぼ実証できうるものといえる。

窒素摂取量の窒素出納に対する回帰直線から求めた窒素平衡維持のための窒素必要量は、今回のわれわれの研究では 186 mgN/kg/日、Huang ら⁸⁾の卵および牛乳タンパク質の成績では約 100 mg/kg/日、Ziegler ら⁶⁾の米国一般食での結果では 256 mg/kg/日と、それぞれ非常に異なっていた。なおそれぞれの成績は、窒素摂取量が 354~604、12~80 および 350~750 mg/kg/日で得られたものである。摂取レベルが高い範囲での測定では、窒素出納が最大値に達しているため回帰直線の傾きは小さくなり、窒素平衡維持レベルが一般に低く出るが、上記三つの成績では逆に窒素摂取量の高い Ziegler ら⁶⁾やわれわれの成績のほうが窒素摂取量の低い Huang ら⁸⁾の成績より高い結果が得られた。小児のタンパク質必要量に関する成績はきわめて限られているうえに、その結果はこのように必ずしも一致しておらず今後の十分

な研究が必要である。

栄養所要量を考慮せずに食生活を実践している農村小児の摂取エネルギー、タンパク質はいずれも所要量よりやや低い傾向にあった (Table 2)。これは夏、冬とも同じであった (Table 4)。しかし農村小児の 7~12 月の 5 か月間の身長、体重増加量が全国平均値より大きかったことは、このようなエネルギー、タンパク質の摂取量でも十分な発育が成しとげられることを示唆するものであろう。このことは現在の所要量が余裕のあるものであることを意味するものといえよう。

要 約

1, 2 歳児のタンパク質、エネルギー摂取量、窒素出納、成長などについて観察した。

1) 日本人の栄養所要量に近い 460 mg/kg/日の窒素摂取 (所要量 451~466) および所要量より約 10% 低い 78 kcal/kg/日のエネルギー摂取 (所要量 86~92) で +90 mg/kg/日といったほぼ最大の出納値が得られた。

2) タンパク質摂取が 2.30~2.47 g/kg/日、エネルギー摂取が 74~79 kcal/kg/日と、所要量 (タンパク質 2.82~2.91、エネルギー 86~91) より低い両栄養素の摂取でも、正常な発育が得られることが示唆された。

文 献

- 1) 厚生省：昭和 50 年改定日本人の栄養所要量、(1975)、第一出版 (東京)
- 2) 厚生省：昭和 54 年改定日本人の栄養所要量、(1979)、第一出版 (東京)
- 3) 科学技術庁資源調査会：四訂日本食品標準成分表、(1982)、大蔵省 (東京)
- 4) 厚生省児童家庭局：乳幼児身体発育値、24 (1980)、厚生省 (東京)
- 5) 井上五郎：タンパク質の代謝と栄養 (島蘭順雄、中川一郎編)、225 (1972)、朝倉書店 (東京)
- 6) Ziegler, E.E., O'Donnell, A.M., Stearns, G., Nelson, S.E., Burmeister, L.F. and Fomon, S.J.: *Am. J. Clin. Nutr.*, **30**, 939 (1977)
- 7) Chan, H. and Waterlow, J.C.: *Br. J. Nutr.*, **20**, 775 (1966)
- 8) Huang, P.C., Lin, C.P. and Hsu, J.Y.: *J. Nutr.*, **110**, 1727 (1980)
- 9) Committee on Dietary Allowances: Recommended Dietary Allowances, 9th Ed., 16 (1980), National Academy of Sciences (Washington, D.C.)
- 10) Joint FAO/WHO ad hoc Expert Committee on Energy and Protein Requirements: Energy and Protein Requirements, 29 (1973), World Health Organization (Geneva)
- 11) Inoue, G., Fujita, Y. and Niiyama, Y.: *J. Nutr.*, **103**, 1673 (1973)

(昭和 58 年 9 月 24 日受理)