児童福祉施設に生活する児童の窒素出納

松 平 敏 子*, 奥 田 豊 子**, 小 石 秀 夫**

* 大阪府立公衆衛生専門学校

** 大阪市立大学生活科学部食物学科

Nitrogen Balance of Children Living in a Child Welfare Institution

Toshiko MATSUDAIRA,* Toyoko OKUDA,** Hideo KOISHI**

* Osaka College of Public Health, Osaka, 558

** Faculty of the Science of Living, Osaka City University, Osaka, 558

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 36, 443~451 (1983)

The physical status and food intake were examined for the healthy 61 boys and 33 girls (6-15 years old) living under the institutional care in Osaka City in August, 1974. Urine and feces of the subjects were also collected for the nitrogen balance study.

Positive nitrogen balance was observed except for one subject who showed almost zero balance. The correlation between nitrogen intake and nitrogen accumulation per day or body weight was significantly positive in boys, but the correlation was observed only between nitrogen intake and nitrogen accumulation per body weight in girls. Age or body weight of children showed significant inverse correlation with nitrogen accumulation per body weight regardless of sex.

Protein intake per body weight differed between boys and girls of 12 to 15 years of age; less in girls. From the fact that the physical development was well in all the subjects, it seemed that their protein intake was adequate.

(Received April 7, 1983)

乳児あるいは成人についての窒素出納に関する研究は数多く行なわれてきた^{1)~6)}。また、その成績にもとづきタンパク質の必要量あるいは所要量についての考え方もいっそう発展してきた^{7)~11)}。しかし、乳児と成人の間の年齢層、すなわち児童に関するタンパク代謝の研究は、対象が得にくいなどのため、井上らの研究以外にはいままでほとんど行なわれていない^{12)~18)}。著者らは1957年、大阪市内の児童福祉施設で6歳から15歳までの男女児童の窒素出納¹⁹⁾を観察する機会を得たが、1974年に約9か月間、前回と同一の施設で食餌調査および身体計測を行ない、また、定量的に24時間尿を採集する機会を得た。成績の一部はすでに報告^{20)~23)}したが、今回は窒素出納を中心に検討した。

対象および調査方法

対象施設は大阪市内の北部にあり、約20年前より周辺は急速に都市化し、施設は交通量の多い道路に面している。ここには3歳より16歳までの男女児童・生徒合

計約350名が収容され、15名前後の児童・生徒が一つの家族を形成し、保母1名が彼らの世話をしている。炊事は厨房で一括して行なわれ、毎食約400名分が調理されている。

1974年8月上旬の3日間、表1に示すとおり、男子61名、女子33名の食事調査を実施した。調理前の生材料、調理後の食品の重量を測定し、さらに対象の個人ごとの実際の食物摂取量を測定し、摂取食品の生材料の重量を算出した。市販の調理食品、半調理食品は生材料から復元して生材料重量を得た。これより、三訂日本食品標準成分表²⁴⁾および日本食品アミノ酸成分表²⁵⁾を用いて、摂取栄養素量および窒素量を個人ごとに算出し、3日分を平均して1日摂取量とした。計算には大阪市立大学計算センターのFACOM270-30を用いた。食事調査を行なった3日間、同時に24時間尿を採集した。登校日には調査員が採尿瓶を携帯して同行し、とりこぼしのないように注意した。さらに毎日、尿中排泄のクレアチン体を測定²⁶⁾し、尿が正確に採集されたかどうかを検討した。さらに全対象94名のうち、無作為に12名(男子10名、女子2名、6.8歳から14.9歳まで)を選び、炭

* 〒558 大阪市住吉区大領 3-2-49

** 〒558 大阪市住吉区杉本 3-3-138

表 1. 調査の対象

	年 齢 区 分 (歳)	平 均 年 齢 (歳)	例 数
男子	小学校 低学年	6~8	7.9 (0.8)
	小学校 高学年	9~11	10.7 (0.9)
	中学生	12~15	13.8 (0.9)
			計 61
女子	小学校 低学年	6~8	7.5 (0.9)
	小学校 高学年	9~11	10.7 (0.9)
	中学生	12~15	13.2 (0.8)
			計 33

( ): 平均 (S.D.)

末を与えてマーカーとし、同じ3日間のすべての糞を採集した。尿および糞中の窒素量は、セミマイクロキールダール法を用いて測定した。

結果および考察

1. 糞中窒素量について

1日当たりの糞中窒素量に対し、摂取窒素量、糞乾燥重量、体重および年齢の関係を求め表2に示したが、いずれも正の相関関係が認められた。この調査では女子の被験者が得がたく、2例(7.3歳および8.8歳)のみであったので、男女を区別せず取り扱った。この年齢、体重の範囲で自由に食事を摂取している場合の糞中窒素量は、年齢、体重、摂取窒素量、糞乾燥重量の増加に伴い増大している。これらのうち、相関係数の最も大きい糞中窒素量と摂取窒素量との関係を図1に示した。ここで得られた回帰式 $y(g) = 0.152x - 0.562$ から採糞者以外の全対象(男子51名、女子31名)の糞中窒素量を計算した。ただし、12~15歳の6名の女子は思春期であり、あるいは両者の関係に変化があるかとも考えられるが、ここでは仮に、同じ回帰式によって算出した。

図 1. 糞中窒素量と摂取窒素量

$n=12$ (♂ 10, ♀ 2), $r=0.86^{**}$, $y=0.15x-0.56$

○ ♂, ● ♀.

$** p < 0.01$.

2. 尿中のクレアチニン、クレアチン排泄について

尿中のクレアチニンおよびクレアチン量は lean body mass と高い相関をもち、日々の摂取タンパク質量あるいはエネルギー量には、それほど影響されないといわれるので、この値により、日々の採集尿量が正確か否かを確かめた。表3に総クレアチニン量(クレアチニン+クレアチン)および総クレアチニン係数を示した。

表 3. 尿中の総クレアチニン排泄量

	年 齢 区 分 (歳)	例 数	総クレアチニン (mg)	総クレアチニン係数 (mg/kg)
男 子	6~8	16	642(124)	28.2(3.0)
	9~11	25	818(116)	26.6(3.6)
	12~15	20	1,096(293)	26.4(3.4)
女 子	6~8	14	558(84)	26.6(3.8)
	9~11	13	750(158)	23.9(3.1)
	12~15	6	1,004(95)	23.2(1.0)

( ): 平均 (S.D.)

表 2. 糞中窒素量と年齢、体重、摂取窒素量および糞乾燥重量との関係 ($n: 12$ (♂ 10, ♀ 2))

	範 囲	平均(S.D.)	相関係数	回 帰 式
年 齢(歳)	6.8~14.9	9.5 (2.4)	+0.75**	$y=0.11x+0.16$
体 重(kg)	16.6~48.3	27.5 (8.0)	+0.84**	$y=0.04x+0.18$
摂取窒素量(g/日)	8.7~15.8	11.4 (2.0)	+0.86**	$y=0.15x-0.56$
糞乾燥重量(g/日)	16.4~29.2	19.8 (4.6)	+0.83**	$y=0.02x-0.07$
糞中窒素量(g/日)	0.79~2.08	1.17(0.34)		

$** p < 0.01$.

表 4. 窒 素 出 納

年 区 分 (歳)	例 数	年 齢	体 重 (kg)	摂 取 窒 素 量		糞 中 窒 素 量 (g)	吸 収 窒 素 量 (g)	尿 中 窒 素 量 (g)	窒 素 出 納		蓄 積 率 (%)		
				全 量 (g)	体 重 1kg 当 た り (mg/kg)				蓄 積 量 (g)	体 重 1kg 当 た り (mg/kg)			
男 子	{	6 ~ 8	16	7.9 (0.8)	22.7 (2.8)	9.90 (1.03)	440 (49)	1.09 (0.19)	8.81 (0.87)	6.56 (0.71)	+2.25 (0.61)	100.7 (30.1)	22.6 (5.2)
		9 ~ 11	25	10.7 (0.9)	31.1 (4.4)	11.45 (1.01)	375 (63)	1.28 (0.16)	10.17 (0.88)	7.74 (1.08)	+2.43 (0.97)	79.9 (33.4)	21.1 (8.0)
		12 ~ 15	20	13.8 (0.9)	41.6 (10.5)	13.31 (2.21)	330 (54)	1.65 (0.39)	11.67 (1.83)	8.56 (1.58)	+3.11 (1.24)	77.4 (29.7)	23.3 (7.5)
女 子	{	6 ~ 8	14	7.5 (0.9)	21.1 (2.9)	8.77 (0.81)	421 (56)	0.85 (0.12)	7.92 (0.68)	6.04 (0.90)	+1.88 (0.67)	90.1 (32.0)	21.5 (7.0)
		9 ~ 11	13	10.7 (0.9)	31.8 (7.9)	9.96 (1.17)	325 (59)	1.06 (0.20)	8.91 (0.97)	6.51 (0.99)	+2.40 (0.91)	78.2 (29.3)	23.9 (7.8)
		12 ~ 15	6	13.2 (0.8)	43.4 (4.3)	10.77 (1.34)	251 (48)	1.19 (0.23)	9.57 (1.11)	7.85 (1.18)	+1.73 (1.35)	42.1 (34.7)	15.5 (11.4)

糞中窒素量(g) = 摂取窒素量(g) × 0.152 - 0.562(g) (図1 参照)

蓄積率 = (蓄積窒素量 / 摂取窒素量) × 100

( ) : 平均 (S.D.)

3. 摂取窒素量について

表4に性別、年齢層別に、摂取窒素量、糞中窒素量、見かけの吸収窒素量(摂取窒素量-糞中窒素量)、尿中窒素量、窒素蓄積量および窒素蓄積率を示した。窒素蓄積量は(吸収窒素量-尿中窒素量)で求めた。また、窒素蓄積率は(体重1kg当たりの蓄積窒素量/摂取窒素量)×100で求めた。

なお、対象者の体格は9か月にわたった調査期間中の身長、体重および、その増加率を大阪市平均または全国平均と比較して、その間に差を認めず標準的な体格であると認めた²¹⁾²³⁾。1957年の成績では今回と比べ、年齢は

ほぼ等しいが、体重、摂取窒素量は小さく、平均窒素蓄積量も約1/2にすぎない。また、対象の約18%は窒素出納が負を示していた。今回の成績では、窒素出納値は全対象者94名のうちの1名がほとんど0の出納を示した以外は、すべて正であった。

男女別に全年齢層を通じて、1日当たりの摂取窒素量と年齢との関係を図2に示した。1日当たりの摂取窒素量(y)は男女いずれも加齢に伴い、有意に増大している。男子は $y(g) = 0.58x + 5.26$ 、女子は $y(g) = 0.33x + 6.38$ となり、この年齢の範囲では、女子は男子より増加率が少ない。

図 2. 1日当たりの摂取窒素量と年齢

● 男子: $n=61$, $r=+0.71^{**}$, $y=0.58x+5.26$.

○ 女子: $n=33$, $r=+0.60^{**}$, $y=0.33x+6.38$.

** $p<0.01$.

図 3. 1日当たりの摂取窒素量と体重

● 男子: $n=61$, $r=+0.77^{**}$, $y=0.15x+6.67$.

○ 女子: $n=33$, $r=+0.69^{**}$, $y=0.09x+7.00$.

** $p<0.01$.

図 4. 体重 1 kg 当たりの摂取窒素量と年齢

● 男子: $n=61$, $r=-0.69^{**}$, $y=-19.7x+594$.

○ 女子: $n=33$, $r=-0.85^{**}$, $y=-30.5x+652$.

** $p<0.01$.

1日当たりの摂取窒素量と体重との関係をみると、図3のとおり正の相関関係がみられ、男女とも体重が増加すれば摂取窒素量が増加する。

しかし、体重 1 kg 当たりの摂取窒素量と年齢との関係は図4にみられるように、男女いずれも加齢に伴い減少している。男子は $y(g)=-19.7x+594$ 、女子は $y(g)=-30.5x+652$ となり、女子は男子より加齢による摂取量の減少の程度が大きい。

また、体重 1 kg 当たりの摂取窒素量と体重との関係は図5のとおり逆相関を示し、体重が増加すれば体重

1 kg 当たりの摂取窒素量が減少する。

4. 窒素出納について

続いて、摂取窒素量、糞中窒素量、尿中窒素量から算出した窒素の蓄積について検討した。表4にみられるとおり、窒素出納は男女の各年齢層のいずれも正であり、窒素蓄積を示している。

1日当たりの窒素蓄積値と1日当たりの摂取窒素量との関係を図6にみると、1日当たりの摂取量の増加に伴い蓄積量も増加しているが、男子だけに摂取量と蓄積量との間に正の相関関係が認められた。女子は年齢にかか

図 5. 体重 1 kg 当たりの摂取窒素量と体重

● 男子: $n=61$, $r=-0.08^{**}$, $y=-5.65x+560$.

○ 女子: $n=33$, $r=-0.91^{**}$, $y=-7.72x+579$.

** $p<0.01$.

図 6. 1日当たりの摂取窒素量と窒素蓄積量

● 男子: $n=61$, $r=+0.53^{**}$, $y=+0.28x-0.64$.

○ 女子: $n=33$, $r=+0.34$, $y=+0.24x-0.27$.

** $p<0.01$.

図 7. 体重 1 kg 当たりの摂取窒素量と窒素蓄積量

● 男子: $n=61$, $r=+0.62^{**}$, $y=0.29x-22.98$.

○ 女子: $n=33$, $r=+0.58^{**}$, $y=0.24x-7.85$.

** $p<0.01$.

図 8. 体重 1 kg 当たりの窒素蓄積量と年齢

● 男子: $n=61$, $r=-0.31^*$, $y=-4.14x+130$.

○ 女子: $n=33$, $r=-0.55^{**}$, $y=-8.15x+157$.

* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

わず摂取窒素量に差が少なく、摂取量と出納値との間には有意な相関関係を認めなかった。

これを体重 1 kg 当たりの窒素蓄積量と摂取窒素量との関係としてみると、図 7 にみられるように男女いずれも正の相関関係が認められ、摂取量の増加に伴い出納値は増加している。

体重 1 kg 当たりの窒素蓄積量と年齢との関係では、表 4 にみられるとおり高学年になるほど低下するが、とくに低下の程度が女子に著明である。この傾向はすでに 1957 年の成績でも認められていた。さらに図 8 に相関図

を示したが、有意な負の相関関係がみられた。女子の 12 歳以上の成績は、12 歳以下の成績と連続的につながっており、これは、この年齢層の糞中窒素の算出に全児童共通の回帰式を用いたためかもしれない。男子は女子より長く窒素蓄積が続き、回帰式より推定すると男子は 31.4 歳で窒素蓄積が 0 になるが、女子はこの式が正しいとすれば 19.3 歳で 0 になることになる。

なお、体重当たりの窒素蓄積量と体重との関係も図 9 のとおり負の相関関係がみられる。

図 9. 体重 1 kg 当たりの窒素蓄積量と体重

● 男子: $n=61$, $r=-0.41^{**}$, $y=-1.34x+128$.○ 女子: $n=33$, $r=-0.58^{**}$, $y=-2.05x+137$. $^{**} p<0.01$.

5. タンパク質摂取量について

タンパク質所要量の表示は従来から年齢に対する数値が採用されている。そこで著者らの成績の 1 日当たりの摂取タンパク質量を 3 か年移動値で算出し、年齢との関係を図 10 に示した。1 日の摂取量でみると、男子では 6~15 歳間は増大しているが、女子では 12~15 歳の中学生になると減少している。これは心理的原因が影響していると考えられる。

また、体重 1 kg 当たりの摂取タンパク質量を 3 か年移動値で算出し、年齢との関係を図 11 にみると、女子の 12~15 歳の場合は減少度がゆるやかになる傾向がう

かがわれる。

既報²¹⁾²³⁾のとおり女子の発育状況は身長、体重ともに、大阪市平均、または全国平均と有意差が認められなかったことや、窒素出納に負を示した者がなかったことを考えあわせると、中学生時代の摂取タンパク質に、この程度の性差がみられるのは正常なのであろう。

今回の対象者は健康であり、身長、体重の発育も正常範囲であり、通常の生活を営んでいるので、図 10 に示した日々のタンパク摂取量は適正なものと考えられる。

図 10. 1 日当たりの摂取タンパク質量と年齢

♂	年齢	6.6	7.6	8.4	9.6	10.5	11.4	12.4	13.4	14.6	15.1
	タンパク質	58.8	59.3	63.6	66.4	69.1	70.0	72.8	79.9	83.3	85.2
♀	年齢	6.8	7.4	8.6	9.3	10.4	11.6	12.3	13.3	14.6	
	タンパク質	52.9	54.3	56.3	58.6	60.0	64.6	65.7	62.8	58.9	

図 11. 体重 1 kg 当たりの摂取タンパク質量と年齢

要 約

1957 年大阪市内の児童福祉施設で 6～15 歳の健康な男子 61 名、女子 33 名の食事調査、採尿、採糞 (12 名) を実施し、摂取窒素量、糞中窒素量、尿中窒素量の数値から窒素出納値を算出し検討した。12 名以外の糞中窒素量は摂取窒素量から $y(g) = 0.152x - 0.562$ の式を用いて算出した。94 名のうち、1 名がほとんど 0 の窒素出納を示した以外は、いずれも正であった。

1) 1 日当たりの摂取窒素量は 6～8 歳の男子 9.90 g、女子 8.77 g、9～11 歳の男子 11.45 g、女子 9.96 g、12～15 歳の男子 13.31 g、女子 10.77 g で、女子は男子より下まわっていた。1 日当たりの摂取窒素量と年齢および体重との関係は、男女とも正の相関関係が認められ、年齢よりも体重との相関係数が大であった。

2) 体重 1 kg 当たりの摂取窒素量と年齢および体重との関係は、男女とも負の相関関係が認められ、年齢よりも体重との相関係数が大であった。

3) 1 日当たりの窒素蓄積量は 6～8 歳の男子 2.25 g、女子 1.88 g、9～11 歳の男子 2.43 g、女子 2.40 g、12～15 歳の男子 3.11 g、女子 1.73 g であった。

4) 窒素摂取量と蓄積量との関係は、男子では 1 日当たりも体重 1 kg 当たりのいずれの場合も、女子では体重 1 kg 当たりの場合だけに正の相関関係が認められた。

5) 体重 1 kg 当たりの窒素蓄積量と年齢および体重との関係は、男女とも負の相関関係が認められた。

6) 1 日当たりの摂取タンパク質量として、年齢との関係をみると、男女ともに、正の相関関係が、体重 1 kg 当たりの摂取タンパク質量と年齢との関係では、男女ともに、負の相関関係が認められた。中学生期の女子は男子と異なるタンパク質摂取状態がみられた。

7) 今回の摂取窒素量すなわち、摂取タンパク質量は、この年齢層の男女にとって適正なものと考えられる。

この研究に対し、終始ご援助を賜った H 児童福祉施設

の中川 淳理事長をはじめ職員の方々、ご協力いただいた児童・生徒の皆様に深甚の謝意を表します。また、調査にご援助くださった柳瀬恭子、中西妙子、山田京子、片山吉穂、片山洋子、武副礼子の諸氏に感謝いたします。

文 献

- 1) Fomon, S.J., May, C.D.: *Pediatrics*, **22**, 101 (1958)
- 2) Wallace, W.M.: *Fed. Proc. Am. Soc. Exp. Biol.*, **18**, 1125 (1959)
- 3) Hegsted, D.M.: *Mammalian Protein Metabolism* (Munro, H.N. and Allison, J.B., eds.), Vol. 2, 135 (1964), Academic Press (New York)
- 4) 井上五郎: タンパク質の代謝と栄養 (島蘭順雄, 中川一郎編), 223 (1972), 朝倉書店 (東京)
- 5) Clark, H.E., Moon, W.H., Maljer, J.L. and Pang, R.L.: *Am. J. Clin. Nutr.*, **27**, 1059 (1974)
- 6) Hegsted, D.M.: *J. Nutr.*, **106**, 307 (1976)
- 7) FAO Committee on Protein Requirements: *Protein Requirements*, FAO Nutr. Stud., No. 16, Rome (1957)
- 8) Joint of a FAO/WHO Expert Group on Protein Requirements: *Protein Requirements*, FAO Nutr. Meet. Rep. Ser., No. 37, Geneva (1965)
- 9) 厚生省公衆衛生局栄養課: 日本人の栄養所要量, 昭和 44 年, (1969)
- 10) 厚生省公衆衛生局栄養課: 昭和 50 年改訂, 日本人の栄養所要量と解説, 昭和 50 年, (1975), 第一出版 (東京)
- 11) Joint FAO/WHO ad hoc Expert Committee: *Energy and Protein Requirements*: WHO Tech. Rep. Ser., No. 522, Geneva (1973)
- 12) 井上五郎, 小石秀夫, 新山喜昭, 吉岡利治, 富田義雄, 吉川一弥, 妙島美子, 貴田嘉代子, 宮崎セツ: 阪市大家政紀要 (食物学 4), 7 (1956)
- 13) 井上五郎, 小石秀夫, 吉岡利治, 新山喜昭, 富田義雄, 井上敦子, 土井 啓: 阪市大家政紀要 (食物学 6), 7 (1958)
- 14) 小石秀夫, 吉川一弥, 大堀美代子, 朝山花子, 井上五郎: 阪市大家政紀要 (食物学 6), 15 (1958)
- 15) 井上五郎, 小石ナカ, 岡村静香, 大塚由美子: 阪市大家政紀要 (食物学 7), 15 (1959)
- 16) 吉川一弥: 栄養と食糧, **12**, 4, 77 (1960)
- 17) Fomon, S.J.: *Infant Nutrition*, 459 (1974), W.B. Saunders (Philadelphia)
- 18) Siegler, 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)
- 19) 井上五郎, 吉岡利治, 小石秀夫, 新山喜昭, 妙島美子: 阪市大家政紀要 (食物学 9), 29 (1961)
- 20) 小石秀夫, 柳瀬恭子, 松平敏子, 中西妙子, 片山吉穂, 奥田豊子, 山田京子, 片山洋子, 西川啓子, 久保陽子, 下志万千鶴子, 大谷貴美子, 武副礼子, 必須アミノ酸研究, **66**・**67**, 12 (1975)
- 21) 松平敏子, 柳瀬恭子, 中西妙子, 山田京子, 片山洋子, 奥田豊子, 武副礼子, 小石秀夫: 栄養と食糧, **30**, 4, 193 (1977)
- 22) 小石秀夫: 必須アミノ酸研究, **77**, 52 (1978)

- 23) 松平敏子：栄養学雑誌, 37, 4, 171 (1979)
- 24) 科学技術庁資源調査会編：三訂日本食品標準成分表, (1963), 第一出版 (東京)
- 25) 科学技術庁資源調査会編：日本食品アミノ酸成分

- 表, (1966), 大蔵省印刷局 (東京)
  - 26) 小石秀夫：生化学, 28, 8, 477 (1956)
- (昭和 58 年 4 月 7 日受理)