

## 人乳哺育低出生体重児の栄養代謝研究 第1編 児自身の母親からの人乳で哺育された低出生体重児の窒素出納, 脂肪出納 および尿中溶質排泄量について

河野 幸治

低出生体重児における児自身の母親からの人乳の栄養学的効果を明確にする 目的で窒素出納, 尿中排泄溶質量, 脂肪出納, 糞便中排泄脂肪分画, 血液酸塩基平衡, 1日体重増加量などを測定した。

その結果, N蓄積率は $59.3 \pm 7.6\%$ であり, 熱処理された貯蔵人乳や冷凍人乳での成績よりすぐれていた。尿浸透圧および尿中排泄溶質量は問題ない成績であった。脂肪吸収率は $86.6 \pm 5.3\%$ で, 熱処理された貯蔵人乳や人工乳での成績より高値であった。血液酸塩基平衡は, actual pH, base excessとも正常範囲内であり, アシドーシスはみられなかった。1日体重増加量は31.6gであり, 人工栄養児での成績より少し劣ったが, 1日30g以上の増加でもあり, 特に問題ないと解した。

以上, 児自身の母親からの人乳は, 出生体重1,500g以上の低出生体重児においては問題なく与えうるものと結論した。  
(昭和62年8月6日採用)

### Nutritional Availability of Human Milk in Low Birth Weight Infant Nutrition Part I. Nitrogen Balance, Fat Balance and Urinary Solute Excretion in Low Birth Weight Infants Fed Their Own Mothers' Milk

Koji Kohno

In an attempt to elucidate the nutritional availability of human milk feeding in low birth weight infants, 10 low birth weight infants were fed their own mothers' milk and were measured for nitrogen balance, urinary solute excretion, fat balance, fecal fat composition, blood acid-base status and daily body weight gain.

The results obtained were as follows :

1) The nitrogen retention rate was  $59.3 \pm 7.6\%$ , which was superior to that for pasteurized pooled human milk or frozen human milk fed infants mentioned in literature.

2) The urinary osmolarity and urinary solute excretion provided rather satisfactory results.

3) The fat absorption rate was  $86.6 \pm 5.3\%$ , which was higher than that for

pasteurized pooled human milk or formula fed infants.

4) The actual pH and base excess were within normal limits.

5) The daily body weight gain was 31.6 g, i. e. a little inferior to that for formula fed infants, but judged to be passable in view of a gain of as much as over 30 g a day.

As mentioned above, it was concluded that any low birth weight infants weighing over 1,500 g may safely be fed their own mothers' milk. (Accepted on August 6, 1987) *Kawasaki Igakkaiishi 14(1): 52-60, 1988*

**Key Words** ① **Low birth weight infants** ② **Low birth weight infants fed their own mothers' milk** ③ **Nitrogen balance** ④ **Fat balance** ⑤ **Urinary solute excretion**

## I. 緒 言

近年、低出生体重児に対する医療は著しく改善され、極小未熟児や超未熟児の救命も可能となった。これに伴って、これら児への栄養代謝研究も重要度を増している。

栄養学の基礎的研究には、窒素出納や脂肪出納、さらに尿中排泄溶質量の検討などが必須であるが、低出生体重児、特に保育器収容中の児では、糞便および尿の正確な分画採取が困難なこともあって内外を通じて少ない。

一方、成熟新生児や乳児の栄養には、人乳が最適であることは周知であるが、近年、低出生体重児にも人乳栄養をという感染、免疫学的立場からの意見が多い。栄養学的立場からは、低出生体重児は蛋白質、エネルギーの所要量が高く、冷凍貯蔵された成熟人乳の哺育では体重増加が不良<sup>1),2)</sup>で、時に低 Na 血症、<sup>3)</sup> 低蛋白血症、<sup>4)</sup> クル病<sup>5)</sup>などもみられ、効用を疑問視されていたが、1980年、Gross ら<sup>6)</sup>により児自身の母親からの人乳であるならば栄養学的にも有用であるという報告がなされて以来、低出生体重児栄養は画期的な変化もたらされている。しかし、これらの有用性についても広範な栄養代謝学的検討が必要であろう。

そこで、著者は低出生体重児における児自身の母親からの人乳の栄養学的効用を窒素出納、尿中排泄溶質量、脂肪出納などの面から検討した。

## II. 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収容した低出生体重児のうちから、周産期、新生児期に特記すべき異常が認められなかった10名 (AFD 6名, SFD 4名) を対象とした (Table 1)。

### 2. 授乳方法

研究に供した人乳は、山内の方法に従い児自身の母親から採取した。すなわち、搾乳器で搾乳した人乳を母乳バッグに入れ、自宅の電気冷蔵庫の製氷部分で冷凍して一兩日中に病院に持参させた。病院では専用の冷凍庫に保存し、解凍は使用直前に室温下で行った。なお、児自身

Table 1. Materials

|    | 出生体重 (g) | 胎 齢 (W) |
|----|----------|---------|
| 1  | 2105     | 34      |
| 2  | 2114     | 39      |
| 3  | 2390     | 35      |
| 4  | 2202     | 41      |
| 5  | 2195     | 37      |
| 6  | 2260     | 34      |
| 7  | 1660     | 30      |
| 8  | 1864     | 34      |
| 9  | 1930     | 32      |
| 10 | 2080     | 39      |
| M  | 2080     | 35.5    |
| σ  | 212      | 3.4     |

の母親からの人乳が不足したことが若干あり、その場合は、低出生体重児を出産した母親からの冷凍人乳を使用した。

人乳の投与は児の状態をみて、可能な限り出生後早期から開始した。初期栄養は山内の方法に準じて行ったが、full feeding 到達後は人乳は必ずしもエネルギー量 120 kcal/kg/day、水分量 150 ml/kg/day の基準にこだわらず多少多めに与えた。また、児の体重が 2,000 g に達するまでは保育器(温度 33~36°C, 湿度 60~70%)内で、その後は室内温度 25~27°C, 湿度 30~40% の環境下でそれぞれ哺育した。

### 3. 測定事項

#### (1) 試料の採取

各児の体重が 2,100~2,200 g, 2,400~2,500 g, 2,700~2,800 g に達した時の 3 回、代謝ベッドを用いて 24 時間中に排泄した尿および糞便を分画採取した。また、蓄尿蓄便日の哺乳前空腹時に足蹠からの毛細管血を採取して測定に供した。

人乳は、蓄尿蓄便日授乳ごとに約 2 ml ずつを集めて混和し、直ちに測定に供した。

#### (2) 測定項目および方法

a. 窒素出納および尿中排泄窒素分画: 人乳、尿および糞便中の N 量は Micro Kjeldahl, Parness 変法<sup>7), 9)</sup> で、尿中の尿素 N 量は Di-

acetyl monoxime 法でそれぞれ測定した。

b. 尿浸透圧および尿中排泄溶質量: 尿浸透圧は Advanced Osmometer Model 3W を用いて測定、これと尿量および尿中の尿素 N 量とから尿中への総溶質排泄量、尿素排泄量、非尿素排泄量および尿素排泄量と非尿素排泄量の割合を算出した。

c. 脂肪出納および糞便中排泄脂肪分画: 人乳中の脂肪は Röse-Gottlieb 法,<sup>9)</sup> 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は Saxon 変法<sup>10)</sup> によりそれぞれ測定した。

d. 血液酸塩基平衡: actual pH, actual Pco<sub>2</sub> を Radiometer BMS3-MK2 を用いて測定し、base excess の値を算出した。

e. 1 日体重増加量: 体重 2,000~2,800 g の期間について算出した。出生体重が 2,000 g を超えた児については出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いて検討した。

## III. 研究成績

以下、各測定項目別の個人値(3 回測定した平均値)、平均値(M)および標準偏差値( $\sigma$ )を表示した。なお、測定の結果、人乳の蛋白質濃度は  $1.31 \pm 0.25$  g/dl、脂肪濃度は  $3.10 \pm$

Table 2. Nitrogen balance

|          | 生後<br>日 齢 | 体 重<br>(g) | 摂取N量<br>mg/kg/日 | 排 泄 N 量          |                 | 蓄積N量<br>mg/kg/日 | 蓄 積 率<br>(%) |
|----------|-----------|------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
|          |           |            |                 | 尿 中 N<br>mg/kg/日 | 糞便中N<br>mg/kg/日 |                 |              |
| 1        | 23        | 2469       | 463             | 89               | 115             | 263             | 55.9         |
| 2        | 20        | 2440       | 451             | 136              | 56              | 259             | 57.0         |
| 3        | 14        | 2456       | 396             | 115              | 59              | 222             | 56.2         |
| 4        | 19        | 2457       | 380             | 114              | 40              | 225             | 59.3         |
| 5        | 18        | 2469       | 458             | 58               | 52              | 348             | 75.4         |
| 6        | 17        | 2450       | 401             | 86               | 62              | 253             | 62.0         |
| 7        | 58        | 2430       | 362             | 79               | 68              | 215             | 57.9         |
| 8        | 34        | 2446       | 378             | 101              | 104             | 173             | 45.6         |
| 9        | 34        | 2411       | 361             | 44               | 77              | 240             | 65.5         |
| 10       | 19        | 2434       | 326             | 78               | 55              | 193             | 58.0         |
| M        | 26        | 2446       | 398             | 90               | 69              | 239             | 59.3         |
| $\sigma$ | 13        | 17         | 46              | 28               | 24              | 48              | 7.6          |

0.65 g/dl であった。

### 1. 窒素出納 (Table 2)

摂取N量は  $398 \pm 46$  mg/kg/日、蓄積N量  $239 \pm 48$  mg/kg/日、N蓄積率は  $59.3 \pm 7.6\%$  であった。

### 2. 尿中排泄N分画 (Table 3)

尿中排泄総N量は  $90 \pm 28$  mg/kg/日、尿素N排泄量は  $58 \pm 22$  mg/kg/日で、尿素N排泄量の総N排泄量に対する比率は  $63.2 \pm 7.0\%$  であっ

Table 3. Urinary excretion of nitrogen fraction

|          | 生後<br>日齢 | 総 N<br>mg/kg/日 | 尿素 N<br>mg/kg/日 | 尿素N/総N<br>(%) |
|----------|----------|----------------|-----------------|---------------|
| 1        | 23       | 89             | 59              | 65.7          |
| 2        | 20       | 136            | 102             | 72.7          |
| 3        | 14       | 115            | 77              | 67.9          |
| 4        | 19       | 114            | 68              | 63.2          |
| 5        | 18       | 58             | 40              | 69.2          |
| 6        | 17       | 86             | 51              | 58.3          |
| 7        | 58       | 79             | 38              | 48.8          |
| 8        | 34       | 101            | 61              | 59.7          |
| 9        | 34       | 44             | 25              | 58.5          |
| 10       | 19       | 78             | 57              | 68.3          |
| M        | 26       | 90             | 58              | 63.2          |
| $\sigma$ | 13       | 28             | 22              | 7.0           |

た。

### 3. 尿浸透圧および尿中排泄溶質量 (Table 4)

尿浸透圧は  $77.7 \pm 16.8$  mOsm/l、溶質総排泄量は  $7.8 \pm 1.5$  mOsm/kg/日、尿素排泄量は  $2.1 \pm 0.8$  mOsm/kg/日で、尿素排泄量と非尿素溶質排泄量の比は  $0.36 \pm 0.11$  であった。

### 4. 脂肪出納および糞便中排泄脂肪分画 (Table 5)

脂肪摂取量は  $5,923 \pm 887$  mg/kg/日、脂肪吸収量は  $5,147 \pm 882$  mg/kg/日、脂肪吸収率は  $86.6 \pm 5.3\%$  であった。糞便中排泄脂肪分画では総脂肪量が  $777 \pm 306$  mg/kg/日、遊離脂肪酸量が  $283 \pm 133$  mg/kg/日、ケン化脂肪酸量が  $374 \pm 167$  mg/kg/日、中性脂肪量が  $108 \pm 68$  mg/kg/日であった。また、これら排泄量の総脂肪排泄量の比率では遊離脂肪酸が  $35.4 \pm 4.0\%$ 、ケン化脂肪酸が  $51.4 \pm 7.1\%$ 、中性脂肪が  $13.2 \pm 4.6\%$  であった。

### 5. 血液酸塩基平衡 (Table 6)

actual pH は  $7.43 \pm 0.02$ 、actual Pco<sub>2</sub> は  $36.9 \pm 4.8$  mmHg、base excess は  $+1.02 \pm 1.53$  mEq/l であった。

### 6. 1日体重増加量 (Table 7)

$31.6 \pm 6.5$  g であった。

Table 4. Urinary osmolarity and urinary solute excretion

|          | 生後<br>日齢 | 尿量<br>ml/kg/日 | 尿浸透圧<br>mOsm/l | 総量<br>mOsm/<br>kg/日 | 尿中排泄溶質量            |                    |                    |                    | a/b  |
|----------|----------|---------------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
|          |          |               |                |                     | 尿素量                |                    | 非尿素量               |                    |      |
|          |          |               |                |                     | 量<br>mOsm/<br>kg/日 | 総量に<br>対する比<br>(%) | 量<br>mOsm/<br>kg/日 | 総量に<br>対する比<br>(%) |      |
| 1        | 23       | 101           | 82             | 8.2                 | 2.1                | 25.8               | 6.1                | 74.2               | 0.35 |
| 2        | 20       | 84            | 118            | 9.8                 | 3.6                | 36.1               | 6.2                | 63.9               | 0.59 |
| 3        | 14       | 122           | 77             | 9.4                 | 2.7                | 28.9               | 6.7                | 71.1               | 0.41 |
| 4        | 19       | 107           | 80             | 8.5                 | 2.4                | 27.9               | 6.1                | 72.1               | 0.40 |
| 5        | 18       | 81            | 76             | 6.0                 | 1.4                | 23.6               | 4.6                | 76.4               | 0.31 |
| 6        | 17       | 96            | 68             | 6.5                 | 1.8                | 27.4               | 4.7                | 72.6               | 0.39 |
| 7        | 58       | 119           | 62             | 7.4                 | 1.4                | 18.6               | 6.0                | 81.4               | 0.23 |
| 8        | 34       | 125           | 77             | 9.6                 | 2.2                | 22.5               | 7.4                | 77.5               | 0.29 |
| 9        | 34       | 100           | 53             | 5.5                 | 0.9                | 16.6               | 4.6                | 83.4               | 0.20 |
| 10       | 19       | 86            | 82             | 7.0                 | 2.0                | 27.4               | 4.9                | 72.6               | 0.38 |
| M        | 26       | 102           | 77.7           | 7.8                 | 2.1                | 25.5               | 5.7                | 74.5               | 0.36 |
| $\sigma$ | 13       | 16            | 16.8           | 1.5                 | 0.8                | 5.5                | 1.0                | 5.5                | 0.11 |

Table 5. Fat balance and fecal excretion of fat fraction

|    | 生後<br>日齢 | 摂取量<br>mg/<br>kg/日 | 総量<br>mg/<br>kg/日 | 排泄量         |      |             |      |             |      | 吸収量<br>mg/<br>kg/日 | 吸収率<br>(%) |
|----|----------|--------------------|-------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|--------------------|------------|
|    |          |                    |                   | 遊離脂肪酸       |      | ケン化脂肪酸      |      | 中性脂肪酸       |      |                    |            |
|    |          |                    |                   | mg/<br>kg/日 | %    | mg/<br>kg/日 | %    | mg/<br>kg/日 | %    |                    |            |
| 1  | 23       | 5305               | 881               | 249         | 28.8 | 523         | 59.0 | 108         | 12.2 | 4425               | 83.1       |
| 2  | 20       | 5449               | 1000              | 420         | 38.7 | 444         | 48.8 | 136         | 12.4 | 4450               | 82.2       |
| 3  | 14       | 5055               | 369               | 78          | 35.4 | 145         | 57.2 | 25          | 7.9  | 4686               | 93.3       |
| 4  | 19       | 6705               | 243               | 76          | 32.7 | 143         | 57.1 | 23          | 10.1 | 6462               | 96.1       |
| 5  | 18       | 7274               | 1079              | 336         | 32.0 | 657         | 58.7 | 87          | 9.3  | 6195               | 83.9       |
| 6  | 17       | 6199               | 783               | 311         | 39.7 | 339         | 45.1 | 131         | 15.3 | 5417               | 87.7       |
| 7  | 58       | 5473               | 1169              | 426         | 33.5 | 486         | 46.2 | 257         | 20.3 | 4304               | 78.3       |
| 8  | 34       | 4579               | 566               | 243         | 37.4 | 223         | 42.2 | 99          | 20.5 | 4014               | 87.1       |
| 9  | 34       | 6209               | 710               | 241         | 33.6 | 405         | 57.6 | 64          | 8.8  | 5499               | 88.5       |
| 10 | 19       | 6983               | 966               | 446         | 41.9 | 373         | 42.4 | 147         | 15.7 | 6016               | 85.5       |
| M  | 26       | 5923               | 777               | 283         | 35.4 | 374         | 51.4 | 108         | 13.2 | 5147               | 86.6       |
| σ  | 13       | 887                | 306               | 133         | 4.0  | 167         | 7.1  | 68          | 4.6  | 882                | 5.3        |

## IV. 考 按

まず、人乳中の蛋白質含量について考察しよう。Atkinsonら<sup>11)</sup>は、低出生体重児を出産した母親からの人乳の窒素含有量は $315.5 \pm 8.4$  mg/dlと成熟児出産の母親からの人乳の $260.6 \pm 8.9$  mg/dlより有意に高値であったといい、Grossら<sup>6)</sup>も早産の母親からの人乳における蛋白質濃度が生後3日目で $3.24 \pm 0.31$  g/dl、7日目で $2.44 \pm 0.15$  g/dl、14日目で $2.17 \pm 0.12$  g/dl、21日目で $1.83 \pm 0.14$  g/dl、28日目で $1.81 \pm 0.11$  g/dlと日を追って低下し、満期産の母親からの人乳のそれぞれ $2.29 \pm 0.07$  g/dl、 $1.87 \pm 0.08$  g/dl、 $1.57 \pm 0.05$  g/dl、 $1.52 \pm 0.06$  g/dl、 $1.42 \pm 0.05$  g/dlに比べ、いずれも高値であったと述べている。わが国では、小南ら<sup>12)</sup>が未熟児(在胎34週未満)と成熟児(在胎37週以上)を出産した母親からの人乳について蛋白質濃度を生後1週と1カ月で分析し、未熟児人乳では生後1週 $1.85 \pm 0.50$  g/g%、1カ月 $1.34 \pm 0.04$  g/g%、成熟児人乳では生後1週 $1.81 \pm 0.19$  g/g%、1カ月 $1.41 \pm 0.37$  g/g%であったと報告している。著者の生後約1カ月時での濃度は $1.31 \pm 0.25$  g/dlであり、小南ら<sup>12)</sup>の生後1カ月時の未熟児人乳濃度とほぼ同値であったが、Grossら<sup>6)</sup>の早産の母親からの値より低値、満期産の母親からの

Table 6. Acid base balance

|    | 生後<br>日齢 | Actual<br>pH | Actual<br>Pco <sub>2</sub><br>(mmHg) | Base<br>Excess<br>(mEq/l) |
|----|----------|--------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 1  | 23       | 7.46         | 33.3                                 | +1.00                     |
| 2  | 20       | 7.45         | 34.4                                 | +1.50                     |
| 3  | 14       | 7.44         | 39.4                                 | +2.73                     |
| 4  | 19       | 7.47         | 28.5                                 | -0.73                     |
| 5  | 18       | 7.43         | 33.2                                 | -1.35                     |
| 6  | 17       | 7.43         | 39.3                                 | +2.00                     |
| 7  | 58       | 7.40         | 40.7                                 | +0.73                     |
| 8  | 34       | 7.41         | 43.4                                 | +2.97                     |
| 9  | 34       | 7.40         | 42.5                                 | +2.13                     |
| 10 | 19       | 7.42         | 34.2                                 | -0.77                     |
| M  | 26       | 7.43         | 36.9                                 | +1.02                     |
| σ  | 13       | 0.02         | 4.8                                  | 1.53                      |

Table 7. Daily bodyweight gain

|    | g/日  |
|----|------|
| 1  | 41.1 |
| 2  | 28.3 |
| 3  | 30.1 |
| 4  | 33.8 |
| 5  | 32.0 |
| 6  | 42.5 |
| 7  | 21.8 |
| 8  | 25.9 |
| 9  | 33.2 |
| 10 | 27.3 |
| M  | 31.6 |
| σ  | 6.5  |

値に近かった。これは著者の対象児の胎齡が35週前後、出生体重が2,000g前後と比較的成熟児に近かったためと思われる。

つぎに、窒素出納についてみると、摂取N量は $398 \pm 46$  mg/kg/日、蓄積N量は $239 \pm 48$  mg/kg/日であった。Atkinsonら<sup>13)</sup>は出生体重1,300g以下の児について窒素出納を測定し、生後1週では摂取N量 $517 \pm 31$  mg/kg/日、蓄積N量 $327 \pm 23$  mg/kg/日、2週ではそれぞれ $483 \pm 26$  mg/kg/日、 $324 \pm 19$  mg/kg/日であったといい、いずれも著者の成績より高値であったが、これは人乳中の蛋白質濃度の差によると考える。

つぎに、N蓄積率は $59.3 \pm 7.6\%$ であった。Atkinsonら<sup>13)</sup>によると児自身の母親からの人乳で哺育した乳児では、生後1週と2週でのN蓄積率はそれぞれ $63.2 \pm 2.0\%$ 、 $67.1 \pm 2.0\%$ であり、熱処理された貯蔵人乳での $43.2 \pm 1.9\%$ と $58.7 \pm 3.0\%$ や人工乳での $49.9 \pm 5.6\%$ と $60.2 \pm 1.8\%$ に比べ良好であったと述べている。著者の教室における酒井、<sup>14)</sup>井上<sup>15)</sup>らの冷凍人乳での生後1カ月のN蓄積率はそれぞれ $53.2 \pm 13.2\%$ 、 $54.3 \pm 11.8\%$ であった。また、人工栄養法での成績をみると、Scottら<sup>16)</sup>は出生体重1,800~2,200gの乳児の生後2~3週のN蓄積率は $68.9\%$ であったといい、Bergerら<sup>17)</sup>は出生体重2,000g前後の乳児の生後3週において $65 \pm 5\%$ 、Whartonら<sup>18)</sup>は出生体重1,750~2,250gの乳児の生後3週において $65\%$ 、Reichmannら<sup>19)</sup>は出生体重1,200g前後の極小未熟児の生後3週において $63\%$ 、教室の酒井、<sup>14)</sup>井上、<sup>15)</sup>横林、<sup>20)</sup>小林<sup>21)</sup>は出生体重2,000g前後の乳児の生後1カ月前後においてそれぞれ $53.2 \sim 61.7\%$ 、 $52.7 \sim 62.4\%$ 、 $51.4 \sim 58.9\%$ 、 $51.0 \sim 53.8\%$ であったと述べている。これらの報告と著者の成績を比較すると人乳哺育の場合、児自身の母親からの人乳によるAtkinsonら<sup>13)</sup>の成績より少し劣るが、熱処理した貯蔵人乳や冷凍人乳での成績よりすぐれており、また、人工乳哺育では、Scottら、<sup>16)</sup>Bergerら、<sup>17)</sup>Whartonら、<sup>18)</sup>Reichmannら、<sup>19)</sup>の成績にやや劣るが、酒井、<sup>14)</sup>井上、<sup>15)</sup>横林、<sup>20)</sup>

小林<sup>21)</sup>らの成績と同値かややすぐれていた。以上、著者の人乳哺育低出生体重児は窒素出納において問題なく、円滑な蛋白質代謝を営んでいるものと解した。

つぎに、尿中排泄N分画では尿中排泄総N量、尿素N排泄量とも摂取N量とともに動き、問題ない値であった。

つぎに、食事蛋白質に由来する尿素には溶質負担のみならず、腎臓の濃縮力を増強する作用がある。<sup>22)</sup>Drescherら<sup>22)</sup>は尿中排泄溶質量を尿素排泄量と非尿素溶質排泄量とに分けて検討し、前者対後者の比率が0.8以内にあるならば、その時に排泄された尿素は腎臓の濃縮力を高めているので、最小必要腎尿素量(minimal renal water requirement)を増加しない、換言すれば、この際、腎臓に負担をかけている溶質は非尿素溶質であって尿素でないとして述べている。著者の尿素排泄量と非尿素溶質排泄量の比は $0.36 \pm 0.11$ であり、また、尿浸透圧は $77.7 \pm 16.8$  mOsm/lと低出生体重児における腎臓の最大濃縮力700 mOsm/lをはるかに下回る値であった。これらの成績も人乳が、腎機能の未発達な低出生体重児においてすぐれていることを示している。

つぎに、脂肪出納では、脂肪吸収量は $5,147 \pm 882$  mg/kg/日、脂肪吸収率は $86.6 \pm 5.3\%$ であった。Söderhjelm<sup>23)</sup>は、出生体重960~1,960gの低出生体重児での人乳栄養において、生後1カ月間の脂肪吸収率は成熟児人乳栄養との間に有意差がなく、平均 $92\%$ であったが、出生体重1,080~2,220gの人工栄養児では $71\%$ と低値であったと述べている。Signerら<sup>24)</sup>とZoulaら<sup>25)</sup>によると、出生体重1,800g前後の児において熱処理された人乳での生後1週と7週の脂肪吸収率は $75\%$ から $85\%$ の間であったと報告している。また、Atkinsonら<sup>13)</sup>は、出生体重1,300g以下の児において児自身の母親からの人乳哺育の脂肪吸収率は生後1週が $90.4 \pm 1.7\%$ 、2週が $86.0 \pm 3.2\%$ であり、熱処理された未熟児人乳哺育の $69.8 \pm 5.6\%$ 、 $58.3 \pm 3.3\%$ より著明に、人工乳哺育の $85.1 \pm 1.8\%$ と $81.6 \pm 3.2\%$ よりややすぐれていたと

いい, Chappelら<sup>26)</sup>もこれと同様の成績を発表している. さらに, Järvenpää<sup>27)</sup>は出生体重1,230~2,160gの児において, 体重が2,400gのときの脂肪吸収率が児自身の母親からの人乳哺育において94±4%で, 人工乳哺育の88±9%よりすぐれていたと述べている. 一方, わが国での人工栄養児の成績は, 田中,<sup>28)</sup>片岡,<sup>29)</sup>井上,<sup>15)</sup>横林,<sup>20)</sup>小林<sup>30)</sup>らの報告があるが, 出生体重2,000g前後の児において生後1カ月頃の脂肪吸収率はそれぞれ, 64.2~66.7%, 64.7~73.6%, 49.2~66.8%, 64.8~86.0%, 63.7~75.2%であったという. これらの成績と著者の成績を比較すると, Söderhjelm,<sup>23)</sup> Atkinsonら<sup>13)</sup>や Järvenpää<sup>27)</sup>の人乳哺育のものに比べやや低値であったものの, 熱処理された人乳哺育やほとんどの人工乳哺育での成績より高値であった.

低出生体重児における人乳脂肪のすぐれた吸収性は, 人乳脂肪には高級不飽和脂肪酸, 特にリノール酸含量が多いこと, 中性脂肪β側鎖に結合したパルミチン酸含量が多いことなどの脂肪酸組成に加えて, 人乳中には血清中と同じ lipoprotein lipase と bile salt stimulated lipase (BSSL) が含まれていることにもよる.<sup>31)</sup> BSSLの活性は分娩当日は著しく低く, 3日目にかなり増加, 1週間でplateauに達し, 以後泌乳期を通じほぼ一定であるという.<sup>32)</sup> 人乳を熱処理すると人乳中の lipase は失活するので, 脂肪吸収は低下し脂溶性ビタミンや微量元素の吸収も悪くなる<sup>31)</sup>ともいわれている.

さらに, 舌の後半部背面には Van Ebner 漿液腺の開口部があり, lingual lipase が分泌されており, 低出生体重児の脂肪栄養ではこれの影響も無視できないと思われる.

つぎに, 糞便中排泄脂肪分画では, 総脂肪量777 mg/kg/日, そのうち51.4%がケン化脂肪酸, 35.4%が遊離脂肪酸, 13.2%が中性脂肪であった. 最近の低出生体重児人工栄養の成績では, 総脂肪排泄量は1,090~1,761 mg/kg/日, そのうちケン化脂肪酸が60.9~73.3%, 遊離脂肪酸が17.6~22.4%, 中性脂肪が8.7~

16.7%であったという.<sup>30)</sup> 一般に, 摂取された脂肪はリパーゼ消化が十分進まないとき中性脂肪として, また, 消化は進んでも, 胆汁酸分泌不全や小腸粘膜障害などで吸収が円滑に行われずと遊離脂肪酸としてそれぞれ糞便中に排泄される. 乳児栄養学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Ca塩とMg塩であり, この状態での糞便中排泄はある程度までは自然である. 低出生体重児の人乳哺育では, リパーゼ消化が十分進んでおり, 吸収率も良いが, 遊離脂肪酸塩の排泄は予想外に比較的多く, 胆汁酸によるミセル形成に問題があると解された.

つぎに, 血液酸塩基平衡については, actual pH, base excessとも正常範囲内であり, アンダーシスはみられなかった.

最後に, 1日体重増加量は31.6gであり, 人工栄養児の成績37.2~38.0g<sup>30)</sup>に比べると少し劣ったが, 1日30g以上の増加でもあり, 特に問題ないと解した.

## V. 結 語

著者は, 出生体重1,500~2,000g前後の低出生体重児をできる限り児自身の母親からの人乳で哺育した結果, 窒素出納, 尿中排泄溶質量, 脂肪出納, 糞便中排泄脂肪分画, 血液酸塩基平衡, 1日体重増加量などの面においてすぐれた成績をえ, 児自身の母親からの人乳は, 出生体重1,500g以上の低出生体重児においては問題なく与えうるものと結論した.

稿を終えるに臨み, 守田哲朗教授の御指導と御校閲を深謝します. また, 教室員諸氏と三宅正恵技術員の御協力を感謝します.

なお, 本研究は川崎医科大学プロジェクト研究費および糧食研究会研究費の補助によるものである.

本論文の要旨は昭和61年5月, 第89回日本小児科学会学術集会において発表した.

## 文 献

- 1) Davis, D. P.: Adequacy of expressed breast milk for early growth of preterm infants. *Arch. Dis. Child.* 52: 296-301, 1977
- 2) Fommon, S. J. and Ziegler, E. E.: Protein intake of premature infants: Interpretation of data. *J. Pediatr.* 90: 504-506, 1977
- 3) Kumar, S. P. and Sacks, L. M.: Hyponatremia in very low-birth-weight infants and human milk feeding. *J. Pediatr.* 93: 1026-1027, 1978
- 4) Rönnholm, K. A. R., Sipilä, I. and Sümes, M. A.: Human milk protein supplementation for the prevention of hypoproteinemia without metabolic imbalance in breast milk-fed, very low-birth-weight infants. *J. Pediatr.* 101: 243-247, 1982
- 5) Rowe, J. C., Wood, D. H., Rowe, D. W. and Raisz, L. G.: Nutritional hypophosphatemic rickets in a premature infants fed breast milk. *N. Engl. J. Med.* 300: 293-296, 1979
- 6) Gross, S. J., David, R. J., Bauman, L. and Tomarelli, R. M.: Nutritional composition of milk produced by mothers delivering preterm. *J. Pediatr.* 96: 641-644, 1980
- 7) 松村義寛：キエルダール窒素定量法。臨病理 3: 51-56, 1955
- 8) 荒谷真平, 阿南功一, 小林茂三郎：医化学入門。東京, 南山堂。1961, pp. 132-136
- 9) 乳業技術講座編集委員会編：牛乳, 乳製品検査, 乳業講座 5。東京, 朝倉書店。1962, pp. 36-39
- 10) 金井 泉, 金井正光：臨床検査法提要。東京, 金原出版。Ⅲ-11, 1978
- 11) Atkinson, S. A., Bryan, M. H. and Anderson, G. H.: Human milk: Difference in nitrogen concentration in milk from mothers of term and preterm infants. *J. Pediatr.* 93: 67-69, 1978
- 12) 小南 隆, 中村 肇, 松尾 保：人乳の成分組成に関する研究。一未熟児母乳, 成熟児母乳の対比一。日児誌 89: 2527-2534, 1985
- 13) Atkinson, S. A., Bryan, M. H. and Anderson, G. H.: Human milk feeding in premature infants: Protein, fat, and carbohydrate balances in the first two weeks of life. *J. Pediatr.* 99: 617-624, 1981
- 14) 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(蛋白質の質と量をかえた8種類の乳汁で哺育された低出生体重児の窒素代謝, 溶質負担, 血液酸塩基平衡および1日体重増加量について)。日児誌 84: 845-857, 1980
- 15) 井上満夫：乳児栄養における蛋白質と脂質の相互利用に関する研究(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)。川崎医学会誌 7: 120-132, 1980
- 16) Scott, P. H., Berger, H. M., Kenward, C., Scott, P. and Wharton, B. A.: Plasma alkaline phosphatase (EC 3. 1. 4. 22) and nitrogen retention in low-birth-weight infants. *Br. J. Nutr.* 40: 459-464, 1978
- 17) Berger, H. M., Scott, P. H., Kenward, C., 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
- 18) Wharton, B. A., Scott, P. H. and Berger, H. M.: Dietary protein for low birthweight babies. *Acta Paediatr. Scand. (suppl.)* 296: 32-37, 1982
- 19) Reichmann, B., Chessex, P., Putet, G., Verellen, G., Smith, J. M., Heim, T. and Swyer, P. R.: Diet, fat accretion and growth in premature infants. *N. Engl. J. Med.* 305: 1495-1500, 1981
- 20) 横林文子：人工栄養低出生体重児における蛋白質および脂肪代謝。日児誌 88: 1803-1819, 1984
- 21) 小林嘉一郎：タウリン添加調製粉乳の乳児栄養学的効果に関する研究。第1編：タウリン, シスチン含量を異にした4種類の乳汁で哺育された低出生体重児の窒素出納, 溶質負担, 血液酸塩基平衡, 血漿および尿中アミノ酸濃度について。日児誌 89: 2310-2318, 1985
- 22) Drescher, A. N., Barnett, H. L. and Troupkou, V.: Water balance in infants during water deprivation. *A. M. A. J. Dis. Child.* 104: 366-379, 1962



- 23) Söderhjelm, L.: Fat absorption studies in children: I. Influence of heat treatment on milk and fat retention by premature infants. *Acta Paediatr. Scand.* 41: 207—221, 1952
- 24) Signer, E., Murphy, G. M., Edkins, S. and Anderson, C. M.: Role of bile salts in fat malabsorption of premature infants. *Arch. Dis. Child.* 49: 174—180, 1974
- 25) Zoula, J., Melichar, V., Novak, M., Hahn, P. and Koldovsky, O.: Nitrogen and fat retention in premature infants fed breast milk, "Humanized" cow's milk or half skimmed cow's milk. *Acta Paediatr. Scand.* 55: 26—32, 1966
- 26) Chappel, J. E., Clandinin, M. T., Kearney-Volpe, C., Reichmann, B. and Swyer, P. W.: Fatty acid balance studies in premature infants fed human milk or formula: Effect of calcium supplementation. *J. Pediatr.* 108: 439—447, 1986
- 27) Järvenpää, A. L.: Feeding the low-birth-weight infant. IV. Fat absorption as a function of diet and duodenal bile acids. *Pediatrics* 72: 684—689, 1983
- 28) 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I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代謝について. *日児誌* 77: 608—621, 1973
- 29) 片岡直樹: 粉乳汁の Tryglyceride の構造と乳児の脂肪利用に関する研究 (中性脂肪 $\beta$ 位パルミチン酸含量の異なる高脂肪組成乳で哺育された低出生体重児の脂肪代謝). *日児誌* 84: 1130—1145, 1979
- 30) 小林嘉一郎: タウリン添加調製粉乳の乳児栄養学的効果に関する研究. 第2編: タウリン含量を異にした3種類の乳汁で比較哺育された低出生体重児の蛋白代謝, 脂肪代謝, 血および尿中アミノ酸濃度について. *日児誌* 89: 2319—2326, 1985
- 31) American academy of pediatrics, committee on nutrition: Nutritional needs of low-birth-weight infants. *Pediatrics* 75: 976—986, 1985
- 32) Smith, L. J., Kaminsky, S. and D' souza, S. W.: Neonatal fat digestion and lingual lipase. *Acta Paediatr. Scand.* 75: 913—918, 1986