

乳児の発育過程における母乳中微量栄養素について

佐藤 郁雄¹⁾・小林 美智子²⁾・新関 嗣郎¹⁾・細川 優¹⁾
吉原 富子³⁾・内藤 紀子¹⁾・東條 仁美¹⁾
長谷川 和夫¹⁾・村岡 亮¹⁾・山口 賢次¹⁾
(¹⁾国立栄養研究所母子栄養部*, ²⁾長野県伊那保健所**, ³⁾東京家政大学***)

Postnatal Changes of Trace Nutrients in Human Milk and Its Relation to Growth of Infants

Ikuo SATO¹⁾, Michiko KOBAYASHI²⁾, Siro NIIZEKI¹⁾, Yu HOSOKAWA¹⁾

Tomiko YOSHIHARA³⁾, Noriko NAITO¹⁾, Hitomi TOJO¹⁾

Kazuo HASEGAWA¹⁾, Akira MURAOKA¹⁾ and Kenji YAMAGUCHI¹⁾

¹⁾*Division of Maternal and Child Nutrition, National Institute of Nutrition*

²⁾*Ina Health Center, ³⁾Tokyo Kasei University*

The postnatal changes of selenium (Se), zinc (Zn), copper (Cu) and taurine in human milk, and its relation to growth were examined. The samples were collected from 239 healthy women, from days 3 to 215 postpartum.

The Se, Zn, Cu and taurine concentrations in human milk decreased with postnatal days. The Se concentrations (mean and SD) from days 3 to 7 postpartum (stage 1), from 8 to 30 (stage 2), from 31 to 150 (stage 3) and over 151 days (stage 4) were 27 ± 8 , 22 ± 6 , 15 ± 4 , and 18 ± 12 ng/ml, respectively. The Zn concentrations from stage 1 to 4 was 4.6 ± 2.5 , 3.2 ± 0.4 , 1.1 ± 0.6 , and 0.8 ± 0.7 μ g/ml, respectively. The Cu concentrations were 0.29 ± 0.18 for stage 1 and 2, 0.22 ± 0.06 for stage 3, and 0.18 ± 0.09 for stage 4, respectively. The taurine concentrations from stage 1 to 4 were 0.59 ± 0.21 , 0.46 ± 0.20 , 0.22 ± 0.59 , and 0.18 ± 0.09 μ moles/ml, respectively.

After the human milk samples were divided into high (over mean + 0.68σ , about 25% of the population) and low (below mean - 0.68σ) concentration groups with regard to each nutrient examined, significant relationships were observed between body weight and concentrations of copper and taurine in human milk.

*所在地：東京都新宿区戸山1-23-1 (〒162)

**所在地：伊那市大字伊那3497 (〒396)

***所在地：東京都板橋区加賀1-18-1 (〒173)

乳児の栄養素要求量に最もよく合致するパターンをもったものは母乳であるといわれている¹⁾。したがって母乳組成に関する詳細なデータを得ることは、母乳の代用品としての人工乳の開発のみならず、乳児のより正確な栄養素の要求量を知る上で重要である。

本研究では、グルタチオンペルオキシダーゼの構成元素であり欠乏症も示唆²⁾されているセレン、数多くの金属含有酵素の構成元素であり、欠乏症が報告されている亜鉛^{3,4)}及び銅⁵⁾、乳児期ではシスタチオニンからシステインの合成を触媒するシスタチオナーゼ、タウリンの合成の最初の反応を触媒するシステインジオキシゲナーゼの活性がきわめて低い^{6,7)}ことから乳児では必須栄養素と考えられているタウリンについて、分娩後の経時変化およびこれらの栄養素の濃度と乳児の発育との関係を検討した。

実 験 方 法

東京都及び長野県で出産した分娩後3日から251日までの、母子共に健康な239例の母乳を酸洗浄したポリエチレン瓶に採取し、分析に供するまで凍結保存した。

セレンは蛍光法、亜鉛及び銅は原子吸光法、タウリンは自動アミノ酸分析機によって分析した。

また母乳採取時に乳児の身体計測（身長、体重、胸囲、頭囲）、ものに対する反応（視覚、聴覚）、表情、情緒等に関する調査を実施した。

結 果 及 び 考 察

1) 母乳中微量栄養素濃度と分娩後日数の関係

母乳中セレン、亜鉛、銅、タウリン濃度と分娩後日数の散布図を Fig. 1～4 に、分娩後日数を4ステージに分類した各栄養素濃度の平均値と標準偏差を Table 1 に示した。母乳中セレン、亜鉛、銅及びタウリンの濃度はいずれも分娩後の経過日数と共に減少したが、その減少は分娩後30日以内が顕著であった。特に亜鉛濃度は急激な低下を示し、1カ月を越えると3～7日の約5分の1に低下した。

分娩後の経過日数に対する母乳中の微量栄養素の濃度の相関係数は、分娩後の経過日数を変数変換(対

Table 1. Trace nutrient concentrations in human milk at various stages of lactation

Lactation stage (day)	Se (ng/ml)	Zn (μ g/ml)	Cu (μ g/ml)	Taurine (μ moles/ml)
3— 7	28 $\pm$ 8 (25)	5.0 $\pm$ 2.3 (25)		0.62 $\pm$ 0.19 (27)
8— 30	22 $\pm$ 6 (8)	3.2 $\pm$ 0.4 (7)	0.46 $\pm$ 0.20 (4)	0.49 $\pm$ 0.19 (6)
31—150	15 $\pm$ 4 (194)	1.1 $\pm$ 0.6 (177)	0.22 $\pm$ 0.06 (177)	0.22 $\pm$ 0.62 (176)
150—215	16 $\pm$ 4 (25)	0.6 $\pm$ 0.3 (26)	0.14 $\pm$ 0.05 (23)	0.31 $\pm$ 0.17 (27)

Number in parentheses represents number of samples.

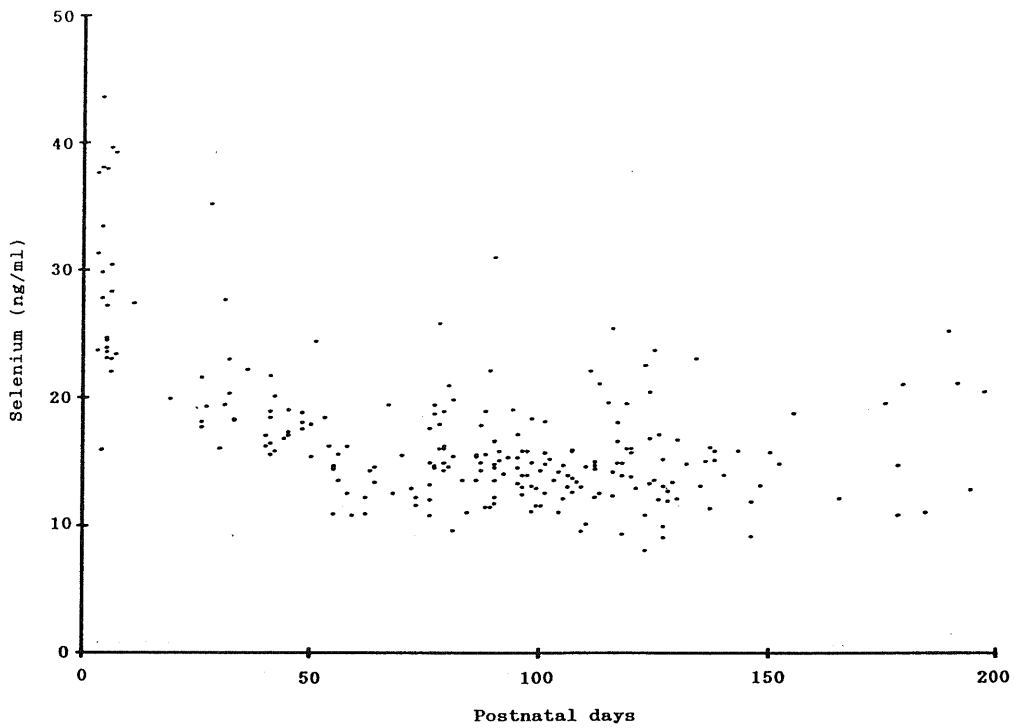


Fig.1. Postnatal changes of selenium in human milk.

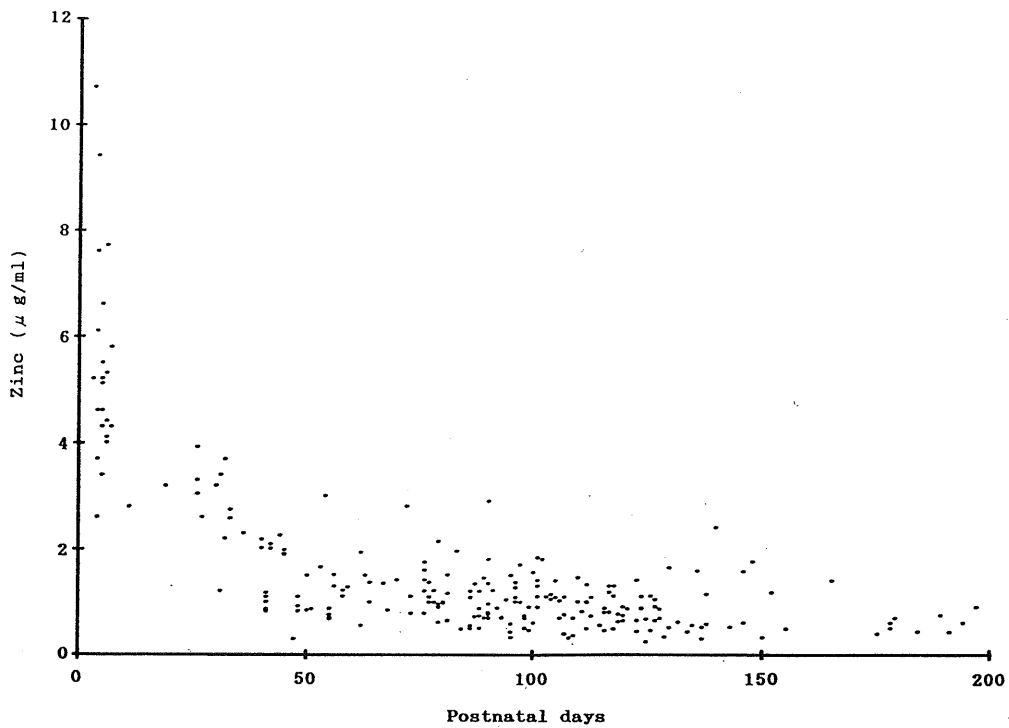


Fig.2. Postnatal changes of zinc in human milk.

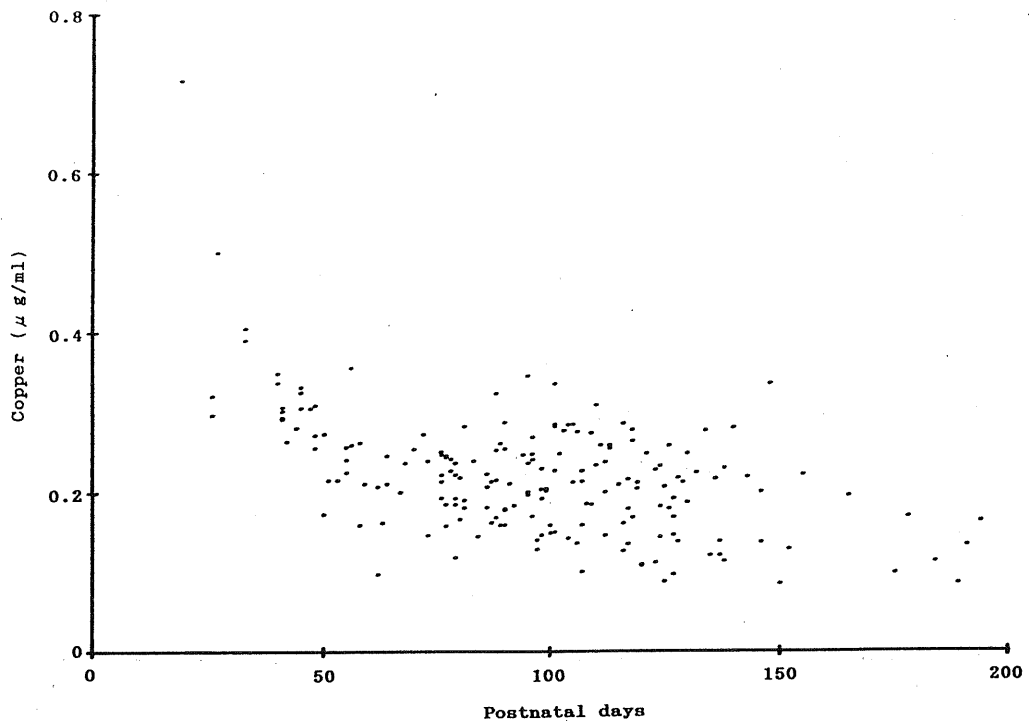


Fig.3. Postnatal changes of copper in human milk.

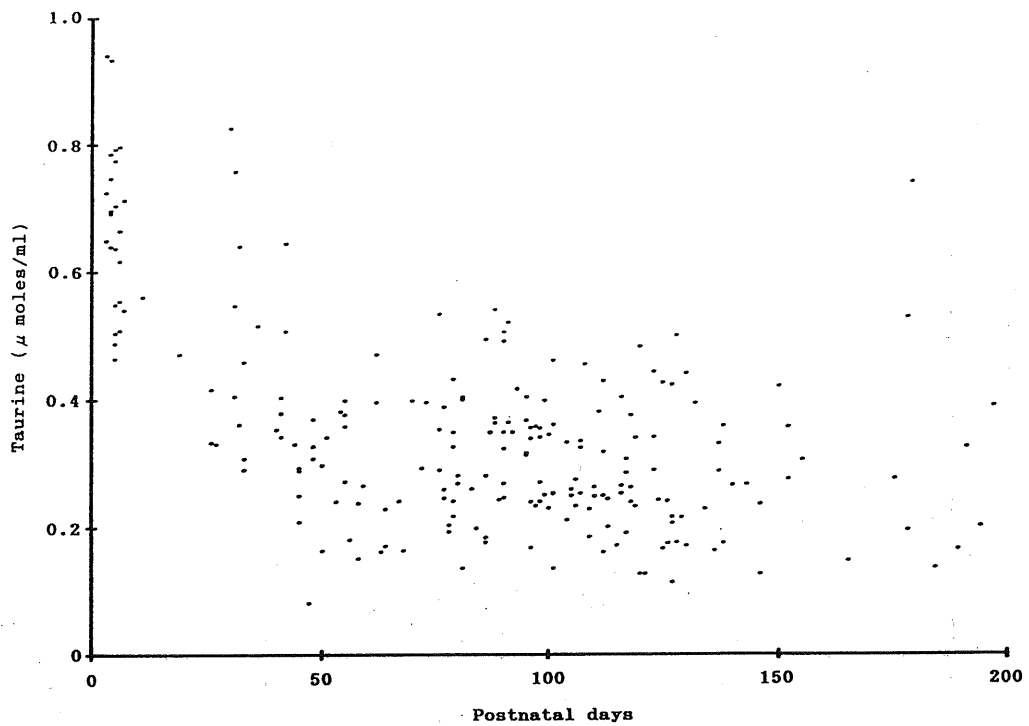


Fig.4. Postnatal changes of taurine in human milk.

数, 逆数, 指数) した際対数が最も高く, 分娩後の経過日数 (X) に対する母乳中の微量栄養素の濃度 (Y) の回帰曲線 ($Y = a + b \text{LOG} (X)$) は,

$$\text{セレン} \quad Y = 34.82 - 4.27 \text{LOG} (X) \quad (r = -0.707^*)$$

$$\text{亜鉛} \quad Y = 7.29 - 1.37 \text{LOG} (X) \quad (r = -0.857^*)$$

$$\text{銅} \quad Y = 699.3 - 106.7 \text{LOG} (X) \quad (r = -0.598^*)$$

$$\text{タウリン} \quad Y = 829.4 - 115.2 \text{LOG} (X) \quad (r = -0.712^*)$$

であり, いずれも有意な相関関係が認められた (* $p < 0.001$)。

2) 母乳中微量栄養素濃度間の関係

母乳中の2つの微量栄養素濃度の散布図を Fig. 5 ~ 10 に示した。各栄養素間の相関係数はセレンと亜鉛 $r = 0.677$ ($N = 233$), セレンと銅 $r = 0.282$ ($N = 189$), セレンとタウリン $r = 0.613$ ($N = 216$), 亜鉛と銅 $r = 0.520$ ($N = 192$), 亜鉛とタウリン $r = 0.624$ ($N = 214$), 銅とタウリン $r = 0.167$ ($N = 170$) であり, いずれも有意な相関関係がみられた。しかしこれらの栄養素の濃度は分娩後の日数によって変化するので, 分娩後日数の影響を除いた偏相関係数を求めて Table 2 に示した。分娩後日数の影響を除くと銅とタウリンの間には有意な関係がみられなかったが, それ以外のものにはなお有意な関係が認められた。すなわちある栄養素の濃度が高い母乳は他の栄養素の濃度も高いことがうかがわれた。

3) 乳児の発育と母乳中微量栄養素濃度との関係

母乳中栄養素の濃度と乳児の発育との関係を検討するため, 分娩後31日から150日までで, かつ乳児に離乳食を与えていない母親の母乳を選び, さらにこの中で母乳中の微量栄養素濃度がそれぞれ平均値 $+0.68\sigma$ 以上 (サンプルの約25%) を高濃度群, 平均値 -0.68σ 以下を低濃度群に分類した。またこの2群の母乳を摂取する乳児の体重を, 乳児身体発育パーセントイル曲線⁸⁾を用いて四分位の該当位置から第一・四分位, 第二及び第三・四分位, 第四・四分位の3群に分類した。これらのデータから母乳中微量栄養素の濃度と体重との関係をカイ自乗検定により検討した。Table 3 に示したように母乳中の銅とタウリンにのみ有意な差がみられ, 濃度の高低は乳児の体重発育に関係しているという結果が得られた。同様の検討を他の身体計測値についても行ったが, 有意な差はみられなかった。Walravens⁹⁾らは

Table 2. Correlations among nutrients in human milk adjusted for postnatal days

Nutrients	Se	Zn	Cu
Zn	0.523*** (233)		
Cu	0.227*** (189)	0.370*** (192)	
Taurine	0.455*** (216)	0.427*** (214)	0.057 (170)

Number in parentheses represents number of samples.

*** $p < 0.001$

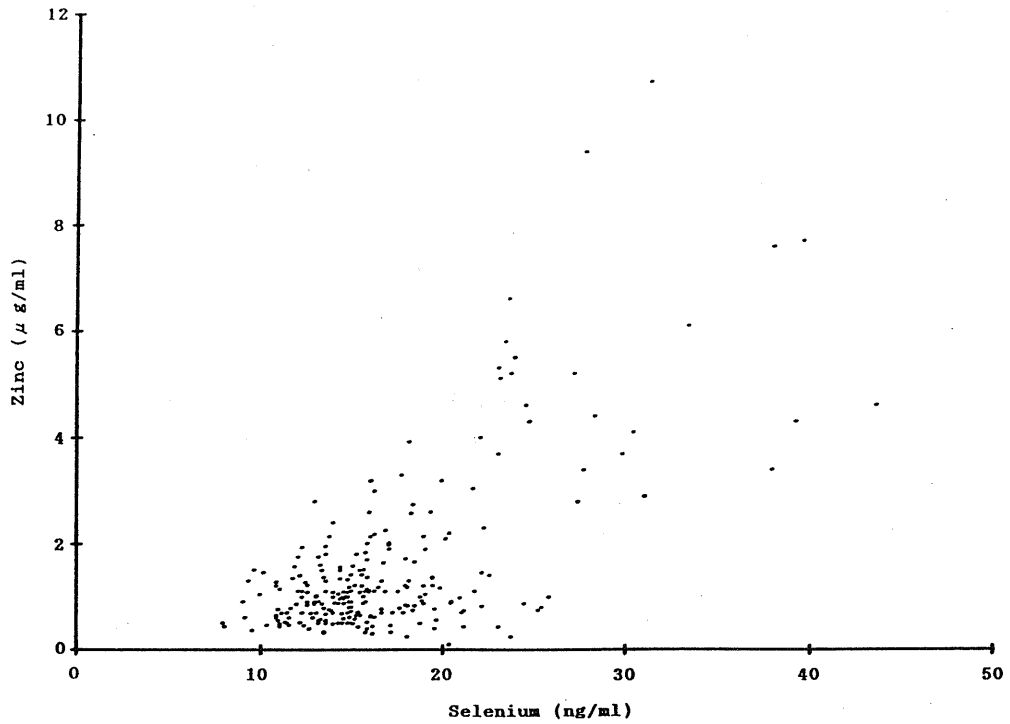


Fig.5. Relationship between selenium and zinc in human milk.

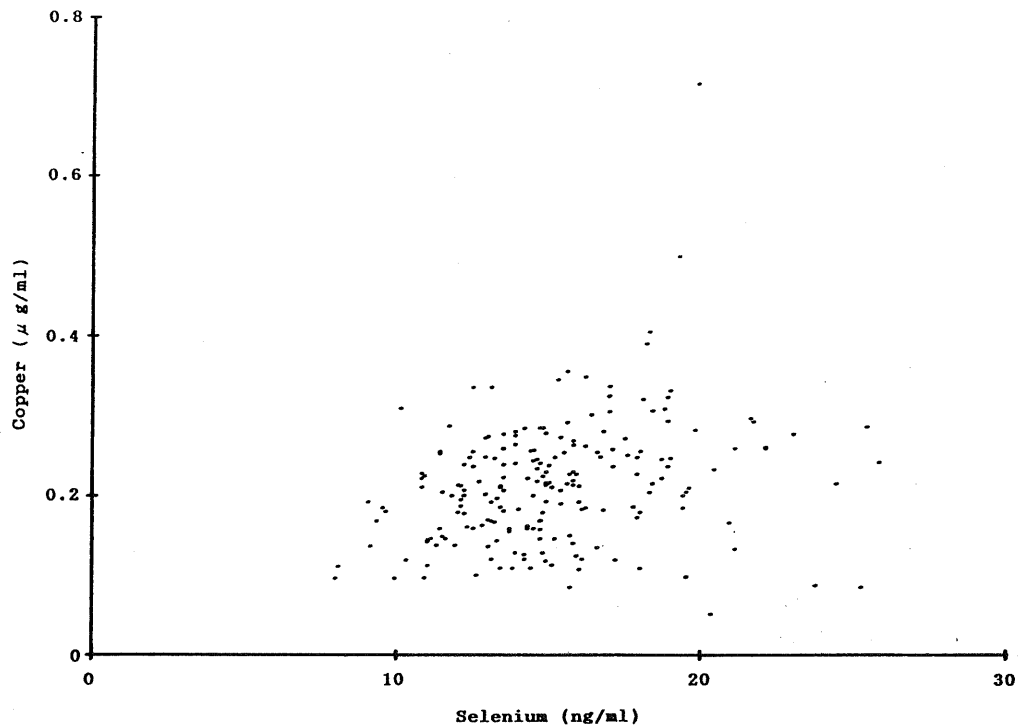


Fig.6. Relationship between selenium and copper in human milk.

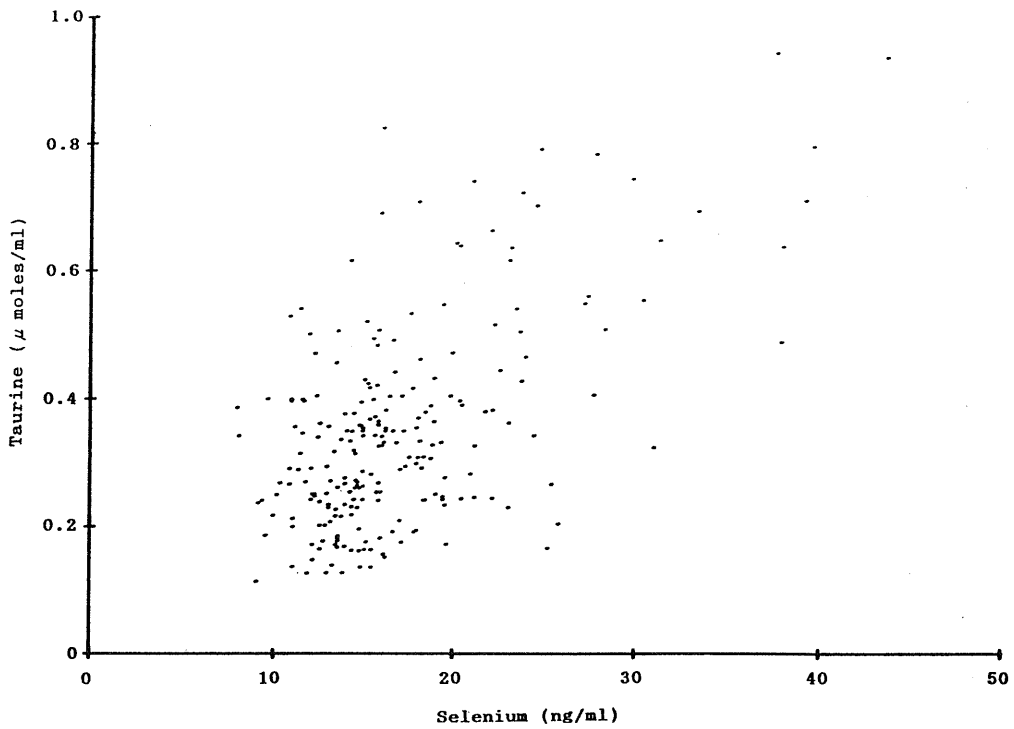


Fig.7. Relationship between selenium and taurine in human milk.

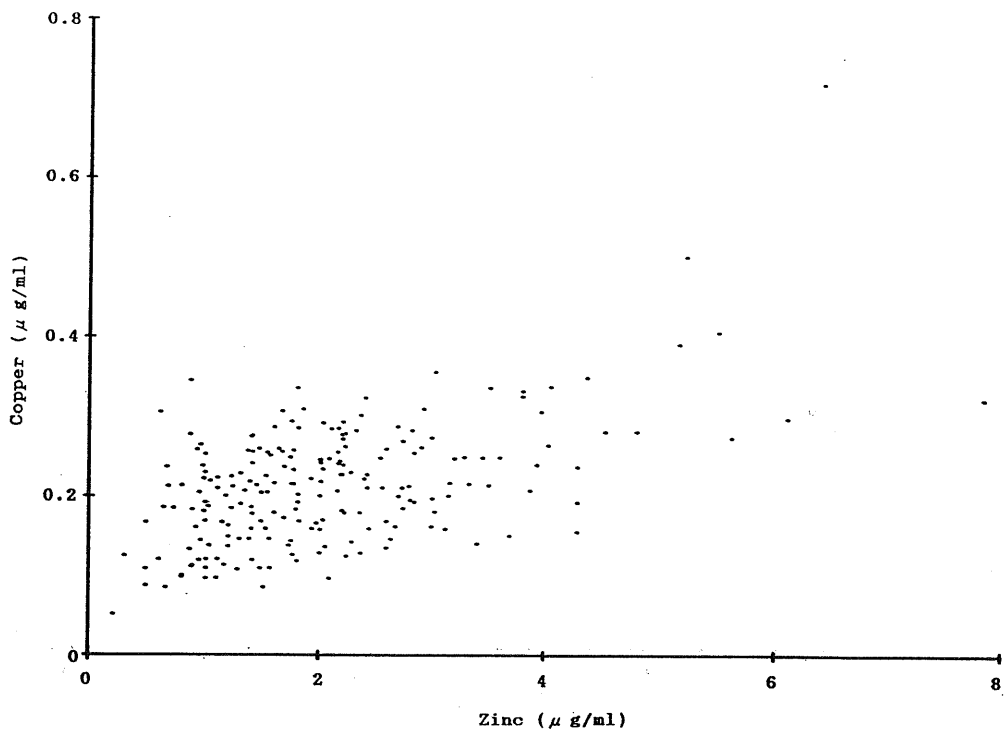


Fig.8. Relationship between zinc and copper in human milk.

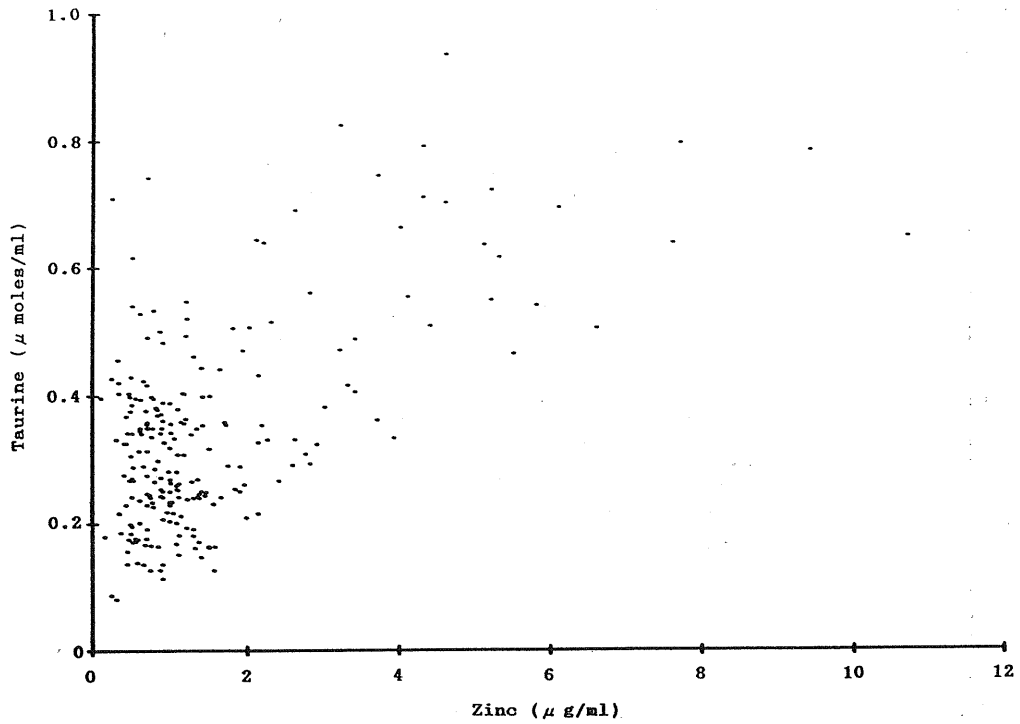


Fig.9. Relationship between zinc and taurine in human milk.

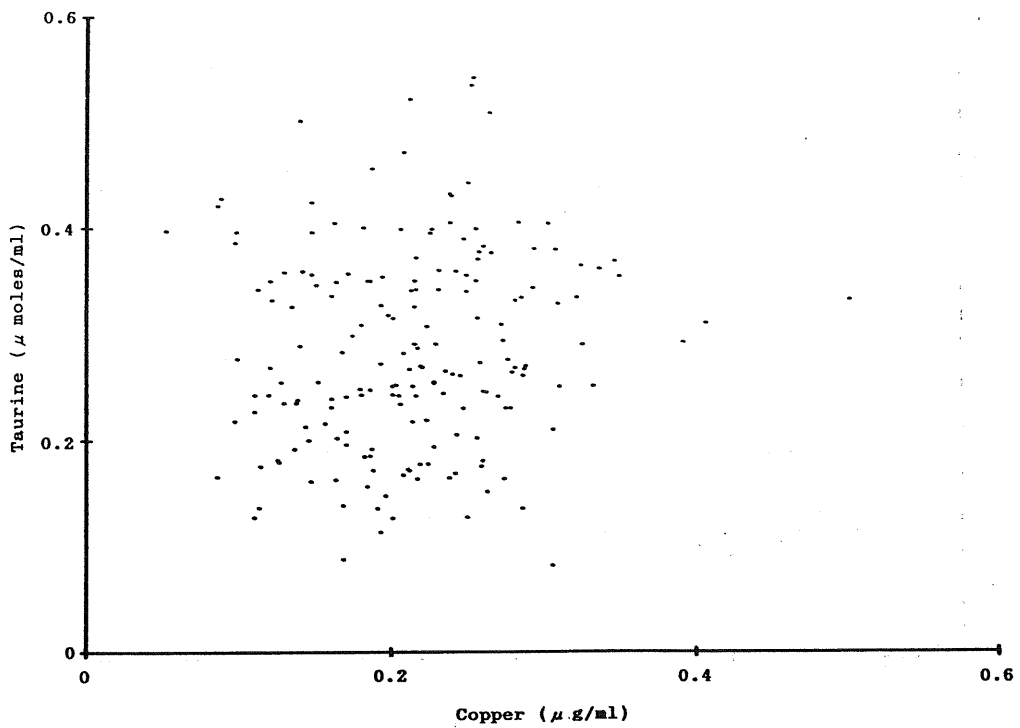


Fig.10. Relationship between copper and taurine in human milk.

Table 3. Relationship between nutrient concentrations human milk and growth

Nutrients		Quartiles (Weight)			X^2
		1	2, 3	4	
Copper	Low conc. ¹⁾	10	20	10	6.993*
	High conc. ²⁾	12	21	1	
Taurine	Low conc. ³⁾	16	14	5	58.002*
	High conc. ⁴⁾	8	17	7	

¹⁾ Copper concentration below 0.17 $\mu\text{g/ml}$ ²⁾ Copper concentration over 0.26 $\mu\text{g/ml}$ ³⁾ Taurine concentration below 0.23 $\mu\text{moles/ml}$ ⁴⁾ Taurine concentration over 0.37 $\mu\text{moles/ml}$ *: $p < 0.05$ (X^2 -test)

人工乳に亜鉛を投与すると発育が良くなると述べているが、母乳では亜鉛濃度が低くても体重発育に影響を及ぼす程ではないものと考えられる。彼らの研究は個体差を最小限にした実験的研究であり、フィールド調査で発育の程度を評価するときは分娩後日数を一定にし、単位期間中の発育量を求めるなどの横断的研究方法を用いればさらに正確な評価をすることができるであろう。

また、ものに対する反応、表情、情緒等に関する調査データと母乳中微量栄養素濃度との関係については有意な関係はみられなかった。反応、表情、情緒等の調査はその判定が困難な点も多く、さらにきめ細かい調査が必要である。

ま と め

母乳中の微量栄養成分であるセレン、亜鉛、銅、タウリンの分娩後の経時変化、及びこれと発育との関係を検討した。これらの母乳中微量栄養成分はいずれも分娩後の経過日数と共に減少したが、個体差も大であった。銅とタウリンについては、その濃度の高低が乳児の体重発育に関係している結果が得られた。

文 献

1. American Academy of Pediatrics (1978) Pediatrics 62:591
2. ZHU, L. (1982) Trace element metabolism in man and animals, Springer-verlag, New York: p.514
3. 森嶋隆文, 八木 茂, 桑原京介, 遠藤幹夫, 竹村 司 (1980) 医学のあゆみ 112:37
4. 松田一郎, 東 明正 (1983) 日児誌 87:710
5. 鈴江純史 (1984) 微量元素と小児疾患, 金原出版, 東京: p.57
6. HOSOKAWA, Y., K. YAMAGUCHI, O. FUJII and I. UEDA (1980) J. Biochem. 88:389
7. LORIETTE, C. and F. CHATAGNER (1978) Experimentia 34:981
8. 日本小児保健協会 (1981) 乳幼児の身体発育値, 日本小児保健協会, 東京

9 . WALRAVENS, P. A. and M. HAMBIDGE (1976) Am. J. Clin. Nutr. 29 : 1114