

出産時における母体血，胎盤ならびに臍帯血中の
主要元素と微量元素の濃度およびその相関性

中野 篤浩・太田庸起子・松本 理

(国立公害研究所・環境保健部*)

**Concentration and Its Correlation of Various Macronutrients and
Trace Elements in Maternal and Umbilical Cord Blood and Placenta**

Atsuhiko NAKANO, Yukiko OHTA and Michi MATSUMOTO
*Environmental Health Sciences Division, the National Institute
for Environmental Studies*

To clarify the metabolism of macronutrients and trace elements in the process of pregnancy through delivery, specimens of the maternal and umbilical cord blood and placenta were provided from 21 healthy pregnant women at the time of delivery and various elements in the red blood cells (RBCs) and plasma of the above blood specimens and in the placenta were determined by ICP and AAS.

Principal findings are as follows:

- (1) Elements, such as Ca, Mg and Sr, those are relevant to bone metabolism showed a statistically significant positive relationship in terms of their concentrations between the maternal plasma, the umbilical cord plasma and the placenta. Further, considerably high levels of Ca and Sr observed in some of the placental specimens, suggest the possibility of calcification in the tissue.
- (2) Levels of Cu in the maternal plasma and of Zn in the umbilical cord plasma were higher than those in the umbilical cord plasma and in the maternal plasma, respectively. Levels of Cu in the umbilical cord RBCs and of Zn in the maternal

*所在地：茨城県筑波郡谷田部町小野川16-2 (〒305)

RBCs were higher than those in the maternal RBCs and in the umbilical cord RBCs, respectively. These results suggest that the levels of Cu and Zn in the maternal and umbilical cord blood may reflect the concentrations of specific proteins that bind each of these metals.

(3) The levels of Mn, Cr and Pb showed statistically significant correlation with those of Zn, Sr, Ca, Mg and P in the placenta, suggesting the presence of the relationships in terms of the metabolism of the macronutrients and trace elements.

妊娠から出産の過程は、母体側においては諸種物質の胎児への一方的な供給の時期であり、胎児側においては人生の中で最も成長分化の盛んな時期である。

そこで、母体と胎児における主要元素と微量元素の代謝を明らかにすることを目的として、出産時における母体血と臍帯血の血漿と血球および胎盤の必須並びに非必須元素等の多元素分析を行い、組織間における元素濃度の比較およびそれらの元素間の相関性を検討した。

1. 材料および方法

材料：正常な妊娠経過をとって出産した21名の婦人について、出産時に母体血、臍帯血および胎盤を採取した。血液はヘパリン処理して血漿と血球に分離し、血球は生理食塩水で洗浄して分析試料とした。胎盤は細切りにして生理食塩水で血液をよく洗い分析試料とした。いずれの試料も分析時まで -20°C で保存した。

方法：血漿と血球および胎盤の一部を精秤して硝酸と過酸化水素で灰化し、アルゴンプラズマ発光分光法でNa, K, Ca, Mg, Sr, P, Fe, Cu, Zn, Si, Bを、フレイムレス原子吸光法でMn, Cr, Pb, Cdを測定した。また、硝酸と過塩素酸で灰化して蛍光法でSeを測定した。HgはMagosの方法に従い総Hgとして測定した。濃度はml当り又はg(湿重量)当りの μg 数をppmとして表現した。また有意差検定はpaired sample t-testで行った。

2. 結 果

21人の婦人の出産時の母体血と臍帯値のヘマトクリット値と血漿蛋白濃度は表1の通りであった。ヘマトクリット値は臍帯血が、血漿蛋白濃度は母体血が有意に高かった。

母体血と臍帯血の血漿中15元素の濃度を表2に示した。主要元素であるK, Ca, Mgは臍帯血側が有意に高く、Pは母体血側が高かった。しかしながら、このP濃度は全磷濃度であり、無機P濃度は臍帯血側が高いことがこれまでに報告されている。Srは有意差はなかったが、非常に大きな変動係数を示した。必須微量元素であるFe, Zn, Mnは臍帯血側が、Cu

Table 1. Hematocrit value and plasma protein concentration in maternal and umbilical cord blood

Items	Maternal blood	Umbilical cord blood	Paired sample t-test
No.	21	21	
Hematocrit value (%)	40.1 ± 2.8	47.6 ± 6.6	p < 0.001
Plasma protein (%)	7.5 ± 0.6	5.6 ± 0.6	p < 0.001

Table 2. Multielement concentration in maternal and umbilical cord blood plasma

	Maternal plasma				Umbilical cord plasma				Paired sample t-test
	Arithmetic Mean	S.D.	C.V.	Geometric Mean	Arithmetic Mean	S.D.	C.V.	Geometric Mean	
1 Na	3106.	127.	4.1	3104.	3110.	121.	3.9	3107.	NS
2 K	150.	19.	12.7	149.	<u>220.</u>	39.	17.7	216.	p < 0.001
3 Ca	97.5	20.3	20.9	95.5	<u>114.</u>	27.	23.7	111.	p < 0.001
4 Mg	17.1	3.5	20.5	16.8	<u>18.7</u>	4.8	25.7	18.2	p < 0.01
5 Sr	0.138	0.191	138.4	0.056	0.163	0.264	162.0	0.050	NS
6 P	<u>148.</u>	19.	12.8	147.	86.2	11.7	13.6	85.4	p < 0.001
7 Fe	1.54	0.62	40.3	1.39	<u>2.38</u>	0.46	19.3	2.34	p < 0.001
8 Cu	<u>2.14</u>	0.43	20.1	2.10	0.290	0.062	21.4	0.283	p < 0.001
9 Zn	0.574	0.108	18.8	0.565	<u>0.878</u>	0.143	16.3	0.866	p < 0.001
10 Se	<u>0.260</u>	0.072	27.7	0.250	0.182	0.039	21.4	0.178	p < 0.001
11 Mn	0.0230	0.0084	36.5	0.0216	<u>0.0273</u>	0.0098	35.9	0.0258	p < 0.05
12 Cr	0.0121	0.0052	43.0	0.0110	0.0115	0.0052	45.2	0.0104	NS
13 Pb	<u>0.0146</u>	0.0051	34.9	0.0138	0.0120	0.0071	59.2	0.0103	p < 0.05
14 Cd	<u>0.0004</u>	0.0002	50.0	0.0004	0.0003	0.0002	66.7	0.0003	p < 0.001
15 Hg	0.0031	0.0009	29.0	0.0030	0.0034	0.0017	50.0	0.0030	NS

(unit : ppm)

とSeは母体血側が有意に高かった。

母体血の血漿中15元素の濃度の相関係数を表3に示した。Ca, Mg, SrとPの骨成分元素の間に非常に強い正相関がみられた。また、これらの元素群とCuとZnそしてMnとCrの間に強い正相関がみられた。臍帯血の血漿中元素濃度間の相関性も、母体血のそれと同様の傾向を示したが、有意な相関を示す元素の組合せが少なかった。

母体血と臍帯血側の血球中元素濃度では、Cuは臍帯血側が、Znは母体血側が有意に高かった。また血球中元素濃度間の相関性では、臍帯血側においてCuとSeが有意な正相関を示した(r = 0.593)。

胎盤の15元素の濃度を表4に示した。Pが最高濃度を示し、CaとSrの変動係数が非常に

Table 3. Correlation matrix among multielement concentrations in maternal blood plasma

1 Na	1.000																	
2 K	.419	1.000																
3 Ca	.432	.426	1.000															
4 Mg	.350	.497*	.936***	1.000														
5 Sr	.225	.390	.841***	.891***	1.000													
6 P	.276	.318	.510*	.447*	.346	1.000												
7 Fe	.242	.533*	.162	.249	.194	.097	1.000											
8 Cu	.601**	.403	.556**	.416	.278	.606**	.239	1.000										
9 Zn	.231	.006	.505*	.458*	.502*	.524*	-.174	.471*	1.000									
10 Se	-.008	.116	.256	.318	.292	.097	-.245	.228	.490*	1.000								
11 Mn	.437*	.228	.699***	.599**	.518*	.307	.097	.508*	.366	-.070	1.000							
12 Cr	.567**	.459*	.762***	.703***	.591**	.224	.329	.593**	.212	-.014	.688***	1.000						
13 Pb	.134	.413	.383	.300	.301	.356	.447*	.180	.232	-.182	.505*	.238	1.000					
14 Cd	.163	-.061	.126	.171	.070	-.211	-.288	.037	-.024	.177	.242	.247	-.425	1.000				
15 Hg	.436*	-.122	.515	.392	.374	.095	.004	.264	.230	.064	.498*	.589**	.216	.131	1.000			
	Na	K	Ca	Mg	Sr	P	Fe	Cu	Zn	Se	Mn	Cr	Pb	Cd	Hg			

* : p < 0.05
 ** : p < 0.01
 *** : p < 0.001

Table 4. Multielement concentration in placenta

	Arithmetic Mean	S.D.	C.V. (%)	Geometric Mean
1 Ca	1314	1835	139.6	723.6
2 Mg	80.1	26.7	33.3	76.9
3 Sr	0.447	0.546	122.1	0.276
4 P	2374	994	41.9	2241
5 Fe	61.7	16.7	27.1	59.5
6 Cu	0.829	0.120	14.5	0.820
7 Zn	12.42	1.96	15.8	12.29
8 Si	0.904	0.654	72.3	0.580
9 B	0.160	0.096	60.0	0.117
10 Se	0.350	0.110	31.4	0.334
11 Mn	0.117	0.020	17.1	0.115
12 Cr	0.0311	0.0221	71.1	0.0258
13 Pb	0.0406	0.0149	36.7	0.0386
14 Cd	0.0284	0.0074	26.1	0.0275
15 Hg	0.0285	0.0108	37.9	0.0269

(unit : ppm)

Table 5. Correlation matrix among multielement concentrations in placenta

1 Ca	1.000																
2 Mg	*** .966	1.000															
3 Sr	*** .989	*** .958	1.000														
4 P	*** .984	*** .989	*** .968	1.000													
5 Fe	.343	.375	.309	.373	1.000												
6 Cu	.384	.512	.368	.446	.358	1.000											
7 Zn	*** .825	*** .886	*** .801	*** .898	* .436	* .417	1.000										
8 Si	.293	.269	.299	.303	-.164	-.099	.369	1.000									
9 B	.394	.501	.456	.425	.392	.311	.392	.140	1.000								
10 Se	.193	.309	.197	.235	.236	.631	.290	.063	.430	1.000							
11 Mn	** .620	*** .683	** .592	*** .669	.155	.545	* .671	*** -.037	.270	.288	1.000						
12 Cr	*** .730	*** .786	*** .713	*** .794	.385	.392	*** .820	.284	.339	.165	.457	1.000					
13 Pb	*** .722	*** .687	*** .676	*** .735	* .456	.269	*** .725	.133	.243	.122	.597	.515	1.000				
14 Cd	.271	.287	.249	.268	.313	.567	.228	-.264	.036	.379	.588	.217	.167	1.000			
15 Hg	-.176	-.037	-.205	-.078	-.032	.133	.084	-.141	.067	.079	.125	.143	-.103	.019	1.000		
	Ca	Mg	Sr	P	Fe	Cu	Zn	Si	B	Se	Mn	Cr	Pb	Cd	Hg		

* : P < 0.05

** : P < 0.01

*** : P < 0.001

Table 6. Correlation coefficients between the concentrations of various elements in the maternal plasma, the placenta and the umbilical cord plasma

	Maternal plasma - placenta	Placenta - U. cord plasma	Maternal plasma - U. cord plasma
1 Na	-	-	0.268
2 K	-	-	0.354
3 Ca	0.327	0.065	0.846***
4 Mg	0.325	0.160	0.884***
5 Sr	0.404	0.191	0.889***
6 P	0.621**	0.435*	0.617**
7 Fe	0.547*	0.235	-0.064
8 Cu	0.515*	0.335	0.041
9 Zn	0.573**	0.081	0.508*
10 Se	0.294	-0.211	0.323
11 Mn	0.583**	0.063	0.571**
12 Cr	0.183	0.511*	0.664**
13 Pb	0.729***	0.813***	0.732***
14 Cd	0.578**	0.568**	0.606**
15 Hg	0.613**	0.504*	0.725***

* : P < 0.05, ** : P < 0.01, *** : P < 0.001

大きかった。また、胎盤の元素濃度の相関係数を表5に示した。胎盤においても、骨成分元素の間で非常に強い正相関がみられた。この骨成分元素群と、ZnそしてMnとCr、さらに有害元素であるPbも非常に強い正相関を示した。CaとSrの幅広い濃度分布と骨成分元素間の相関性から胎盤における石灰化の可能性が示唆された。

母体血の血漿、胎盤、臍帯血の血漿間における15元素の濃度の相関係数を表6に示した。胎盤の元素群に対する両血漿の元素群の相関性では、必須元素においては明らかに母体血側が多数の元素間で有意な相関性を示し、胎盤の元素濃度の変動が母体側により影響されていることが示唆された。

3. 考 察

出産時における母体血の血漿、胎盤、臍帯血の血漿において、主要元素のCa, Mg, Pと微量元素のSr等の骨成分元素が非常に強い相関性を示した。その濃度においても、血液では臍帯血側が有意に高く、胎盤ではCaとSrが非常に大きな変動係数を示し石灰化の可能性が示唆された。母体と胎児における血漿中Ca濃度は、ホルモンによる厳しいホメオスタシス下にあり、胎児側の骨組織増殖の為に胎児の血漿が高濃度になること¹⁾ またCa代謝の異常により胎盤で石灰化が起こること²⁾などの報告に一致する結果であった。またSrがいずれの組織においても大きな変動係数を示し、そしてSrの血液その他の組織への供給源が骨組織であることなどから、母体の骨代謝を反映する指標となる可能性が示唆された。

必須微量元素であるCuとZnは、生体内における存在を結合蛋白に依存している。血漿におけるCuはセルロプラスミンに、Znはアルブミンと α_2 -マクログロブリンに結合している。臍帯血の血漿ではアルブミンは母体血より少ないが、 α_2 -マクログロブリンが多くなっている。また血球中Cuはスーパーオキシドディスムターゼの、Znはその大部分が炭酸脱水酵素の構成成分である。³⁾ 本研究における血漿と血球のCuとZnも、これら結合蛋白の存在に依存していることが示唆された。このようなことから、CuやZnの欠乏症などを考える場合には、その結合蛋白濃度との対応は重要な意味を持つだろう。

また非常に存在濃度の低いMnとCrの必須微量元素は、細胞活性や糖代謝などに関連すると考えられている。⁴⁾ 母体血、臍帯血および胎盤におけるこれらの元素とZnやSr、さらに主要元素のCa, Mg, Pなどとの強い相関性は、微量元素と主要元素の生体内代謝における相互の強い関連性を示唆するものであろう。

文 献

1. WIELAND, P., J. A. FISCHER, U. TRECHSEL, H. R. ROTH, K. VETTER, H. SCHNEIDER and A. HUCH (1980) *Am. J. Physiol.* 239: E385
2. FUJIKURA, T. (1963) *Am. J. Obst. & Gynec.* 87: 41
3. ZEYNEL, A. K. and M. S. RAUF (1980) *Zinc and Copper in Medicine*, Charles C Thomas, Publisher, Illinois
4. UNDERWOOD, E. J. (1971) *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, Academic Press, New York