

ヒト爪中の微量元素濃度

Trace Element Concentrations in Human Fingernail

独協医科大学衛生学教室

林 正 利・大 平 修 二・松 井 寿 夫

Masatoshi Hayashi, Shuji Ohhira and Hisao Matsui

Department of Hygiene, Dokkyo University School of Medicine, Tochigi

The concentrations of calcium, sodium, zinc, magnesium, potassium, copper and iron in fingernails of 199 male and 220 female subjects aged 1 to 83 years were determined by atomic absorption spectroscopy. To facilitate comparison, the relative concentration was calculated by normalizing the concentration of each element to that of untreated nails (100%). Of the seven elements in nails washed with nonionic detergent, the concentration of Na (101%) was the highest, followed by Zn (97%), Cu (88%), Fe (87%), Ca (79%), K (78%) and Mg (63%). Trace element concentrations in fingernails show large variability and usually have a skewed frequency distribution pattern, which calls for logarithmic data transformation rather than an arithmetic mean, this giving a more suitable estimate of each element. The concentrations of Ca, Mg and Fe in fingernails were significantly higher in the males than in the females when the subject pool was broken down by sex. Both sex groups over the age of 60 years exhibited significant decreases of Ca and increases of Na or K.

The correlations of log Na-log K (female: $r=0.857$, male: $r=0.793$) and Ca-Mg (female: $r=0.892$, male: $r=0.838$) were the strongest obtained in this study. There were significantly positive correlations between husband and wife, father or mother and son, and mother and daughter for several elements in fingernails. These correlations may be explained by the similar eating habits and life styles of such couples.

To date there is very little information on human fingernail trace element concentrations. The results of this study can be used as basic data for trace element study in human fingernails.

Key words: Fingernail, Trace element
指爪, 微量元素

緒 言

生体内における必須微量元素の動態を知ることは栄養学や中毒学の立場から重要視されてきている。毛髪や爪は採取しやすい、取り扱いが簡単、また発育が遅いため血清中の元素量に一時的に影響を及ぼすような要因に左右されることがないなどの利点があることから、生体内の各種元素の代謝状況を知るには有益な試料の一つとされている。

毛髪中微量元素の分析はすでに多くの研究がなされており、アメリカでは企業として営業が開始されている¹⁾。一方、爪中微量元素濃度に関する研究^{2,4)}は疾病との関係

が多く、いわゆる臨床診断の一つとして利用されてきているが、栄養学的あるいは予防医学的な面から見た各種元素の分析に関する研究は少なく、特に本邦では爪中微量元素についての詳細な報告はほとんど見あたらなかった。

本研究の目的は、健康者の爪中の7元素(カルシウム、ナトリウム、マグネシウム、亜鉛、カリウム、鉄、銅)の濃度を測定し、まず第一に爪中の必須元素濃度の基礎データを得るとともに性・年齢特性、元素間および家族間の相関関係について検討した。

材料および方法

爪は栃木県宇都宮市およびその近郊に住む1歳から83

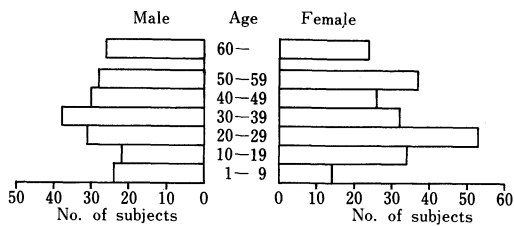


Fig. 1 Age distribution.

歳までの男199名 (平均年齢, 35.8 ± 19.5), 女220名 (平均年齢, 35.2 ± 18.9) から黄線前面の爪甲全体を採取した。対象者の年齢別人数は Fig. 1 に示した。これらの対象者の職業は農業, 商店, 教員および学生などであり, いずれも健康で, 職業的および環境的な金属曝露を受けていない人達である。爪の採取時に Ca 摂取に関する簡単なアンケート調査を実施した。即ち, 牛乳, 乳製品, 小魚および海藻類の4項目について①ほとんど食べない, ②週2~3回は食べる, ③ほとんど毎日食べるの3つに分類しそれぞれを1, 2, 3点として合計4~12点の得点に換算した。

採取した爪は外部汚染物をヘラで取り除いた後, 5% 生物学的汚染用洗剤 (CONTRAD 70, 国際試薬) 20 ml を加えて45°Cの温水中で1時間機械的に振盪した。洗浄終了後, 大量の脱イオン水で3回水洗し, さらに蒸留水で3回洗ったものを40°Cで一昼夜乾燥させた。乾燥後40~50 mg に分量してデシケータ中に保存した。爪の灰化はマッフル炉を用いて1時間100°Cの上昇温度で490~500°Cまで上げ, その温度でさらに15時間灰化を持続させた。洗浄方法による爪中元素の損失量を検討するため, 同一サンプルを無洗浄 (外部汚染物はヘラで除去) と洗浄群に分けて灰化した。

灰化試料は0.5 N 温硝酸 3 ml に溶解した後適宜希釈してカルシウム (Ca), ナトリウム (Na), マグネシウム (Mg), 亜鉛 (Zn), カリウム (K), 鉄 (Fe) および銅 (Cu)

の7元素を原子吸光度計 (島津製作所, AA-610 S) で測定した。すべての測定値は乾燥重量 g 当たりの μg で表した。

結果および考察

1. 爪中微量元素濃度に及ぼす洗浄効果

洗浄後の爪中微量元素の残存量は Table 1 に示した。無洗浄の爪中微量元素量を100%とした時の各元素の残存率は, Na (101%) が無洗浄の爪よりも若干高くなったが, その他は減少傾向を示した。Zn (97%) はほとんど減少せず, Cu (88%) と Fe (86%), Ca (79%) と K (78%) がそれぞれ同程度の残存率を示した。Mg の残存率 (63%) は7元素の中で最も低かった。

Bank et al.⁹⁾ は爪中 Ca, Fe, Cu, Mg, Zn の残存量に及ぼす有機溶剤, 洗剤, 塩酸の影響を比較し, 有機溶剤の残存率が最も高くそして最も低いのが塩酸であると報告している。著者らの洗剤によるこれらの元素の残存率は Mg を除いて彼らの洗剤による値と大体一致していた。爪の微量元素濃度は毛髪と同じように洗浄方法や分析方法によって異なる⁹⁾。しかしながら, 爪におけるこの種の研究は少ないので今後より詳細な比較検討が必要である。

2. 性別による爪中微量元素濃度

爪の Ca, Na, Mg, Zn, K, Fe, Cu 濃度の分布は, 男女共に対数正規分布に近似していた。そこで対数変換した値について正規性の適合度検定を行った。その結果, 男女の Na と Mg (Fig. 2, 3), 男の Ca と K そして女の Zn と Fe が1%の有意水準でもって対数正規分布を示すことが認められた。爪中元素の対数正規様分布は足爪の Ca, Mg, Na, Cu についても報告されている⁷⁾。性別による爪中7元素濃度は Table 2 に示した。これらの元素の濃度順位は, 男では $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Zn} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Cu}$ そして女では $\text{K} > \text{Zn}$ の逆転を除いて男と同順位であった。高木と松田⁹⁾ は220名 (男女) の爪中元素の中央

Table 1 Effect of washing on elemental concentration in fingernail.

	Element						
	Ca	Na	Zn	Mg	K	Fe	Cu
Unwashed	734±139	922±262	104±13	112±22	223±85	41.0±15.7	15.6±2.6
Washed	581±147	930±265	101±14	70±19	180±46	35.4±17.1	13.7±4.5
	(79%)	(101%)	(97%)	(63%)	(78%)	(86%)	(88%)

All data have been expressed in $\mu\text{g/g}$ dry wt. of the element remaning \pm S.D. (n=23). In addition, the concentration of each element is expressed as a percentage of the elemental composition of unwashed nail.

値をCa-587, Na-220, Zn-93.6, Mg-97.5, K-183, Fe-40.4およびCu-5.2 ppmとしている。本研究の中央値(男女)はCa-445, Na-723, Zn-172, Mg-56.6, K-93.9, Fe-37.4およびCu-10.9 $\mu\text{g/g}$ であった。石沢ら¹⁰⁾

は76名(男女)の爪中Zn, Fe, Cu濃度の平均値をそれぞれ146, 21.8および6.9 $\mu\text{g/g}$ としている。これらの文献値と本結果の差は、洗浄方法, 例数, 地域および年齢的な違いなどによると考えられるが, 詳細な記載がないの

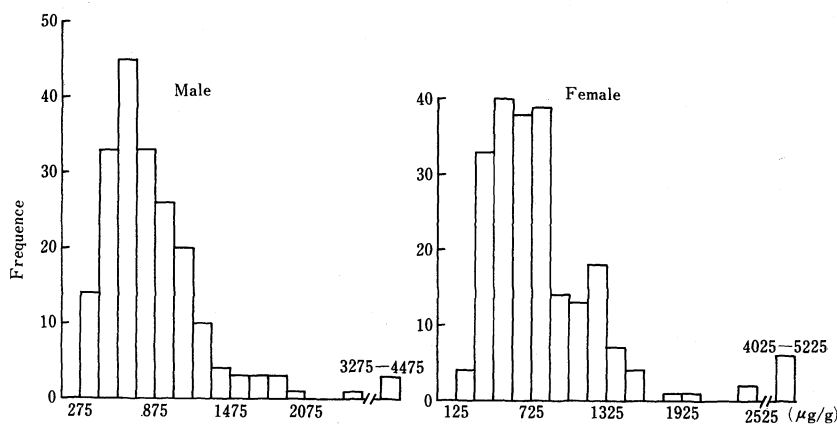


Fig. 2 Distribution histograms of Na concentration in fingernail.

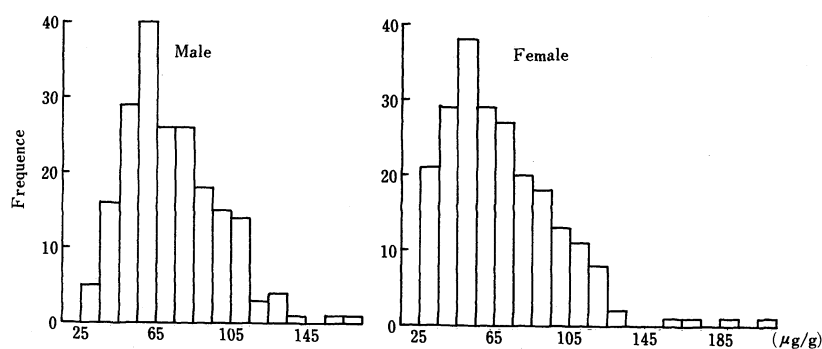


Fig. 3 Distribution histograms of Mg concentration in fingernail.

Table 2 Trace elemental concentration in fingernail by sex.

Element	Male (n=199)					Female (n=220)				
	A.M.±S.D.	G.M.	G.D.	Min.—Max.		A.M.±S.D.	G.M.	G.D.	Min.—Max.	
Ca	498 133 ^{a*}	473	1.33	212— 917		455 168	441	1.43	195— 947	
Na	870 541	766	1.56	276—4345		874 724	725	1.73	244—5261	
Zn	133 37	128	1.28	76— 304		133 29	130	1.22	83— 316	
Mg	73 26 ^{a*}	69	1.42	29— 171		68 29	62	1.53	27— 212	
K	124 111	101	1.79	33— 542		150 275	95	1.99	31—2214	
Fe	43 17 ^{a**}	39	1.42	12— 107		34 13	32	1.34	11— 81	
Cu	12 6	10	1.61	3.5—30.2		12 6	11	1.51	4.6—31.7	

Concentrations ($\mu\text{g/g}$ dry wt.) are shown as arithmetic mean \pm standard deviation (A.M. \pm S.D.) and as geometric mean and geometric deviation (G.M. and G.D.). ^a: significant difference from female (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$).

で確定はできなかった。一方、原子吸光度計による外国の平均値 ($\mu\text{g/g}$) は Ca-368¹¹⁾, 679⁵⁾, 870¹²⁾, 893¹³⁾; Mg-83¹¹⁾, 108¹²⁾, 119^{13,14)}, 189⁵⁾; Na-440¹¹⁾; K-357¹¹⁾; Zn-73¹¹⁾, 118¹⁴⁾, 144⁵⁾, 196¹²⁾; Fe-27¹¹⁾, 40¹²⁾, 80⁵⁾; Cu-12¹¹⁾, 21¹²⁾, 54⁵⁾ と研究者によってかなり異なっている。それゆえ、これらの文献値で日本人と外国人との差を単純に評価することはできなかった。しかしながら、国際間の爪元素を比較した研究では、日本人は Na と K 値が高い傾向にあった⁹⁾。

性差は、男女とも対数正規分布を示した Na と Mg については対数変換値にして t-検定をそれ以外の元素はノンパラメトリック法の Kolmogorov-Smirnov 検定を行った。その結果、男の Ca ($p < 0.05$), Mg ($p < 0.05$) および Fe ($p < 0.01$) が有意に高かった。

3. 年齢別爪中微量元素濃度

爪中7元素の性・年齢別濃度変化は Fig. 4 に示した。年齢層別性差の有意性はノンパラメトリック法の U-test を用いて検定した。すべての年齢層で男女のいずれか一方が常に高い値を示す元素はなかったが、男の10~29歳と50~59歳の Ca 濃度および10~39歳の Fe 濃度は同年齢層の女の値よりも有意に高かった。爪中微量

元素濃度は食事から摂取する元素量の多寡のみを反映するものではないが、94名の食品アンケート調査では Ca 含有量の高い食品を多く摂取した Ca 得点の高いものほど爪中 Ca 量が高く、 $r = 0.384$ ($p < 0.001$) の有意な正相関を示した (Fig. 5)。毛髪中 Ca および Na 量と食事から摂取するこれらの元素量との間にも関連性が認められている^{15,16)}。女の爪中 Fe 濃度が低値を示すのは食事からの摂取量が少ないことあるいは10歳から49歳までの Fe 濃度が低いことから月経血による損失が考えられる¹⁷⁾。爪中铁濃度は鉄欠乏により減少し、鉄剤投与によって増加する¹⁸⁾。

爪中微量元素濃度の経年的変化を見ると、60歳以上の男女における Ca の減少および Na と K の増加が著しかった。この年齢層の爪中 Ca 量の減少は Ca 摂取量の減少と腸管からの Ca 吸収の減少が考えられる¹⁹⁾。爪中 Na 量の増加は、味覚閾値の低下した老年層では味付けの濃い食事を好むということから²⁰⁾ 食事から摂取する食塩量の多いことが考えられる。一方、爪の成長速度は加齢とともに若干減少するが元素含量との間に特別な関係はない^{21~23)}。

4. 年齢と元素および各元素間の相関関係

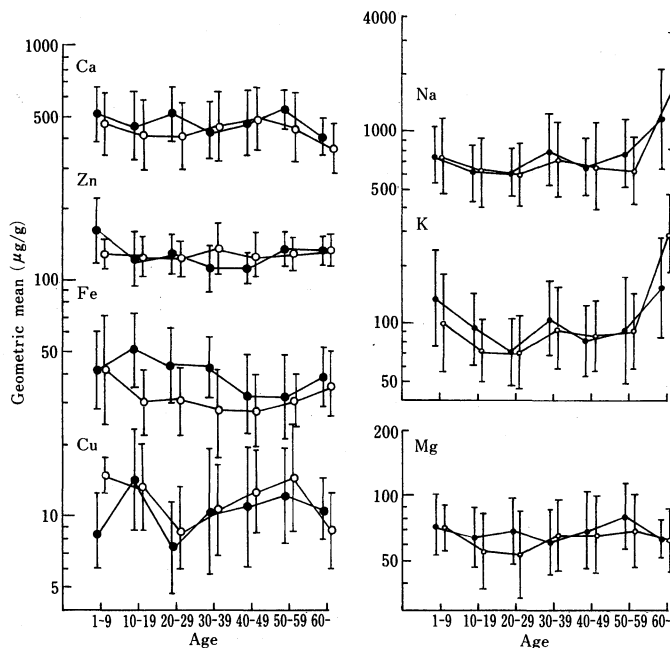


Fig. 4 Trace element concentrations in fingernail of males (●) and females (○) by age class.

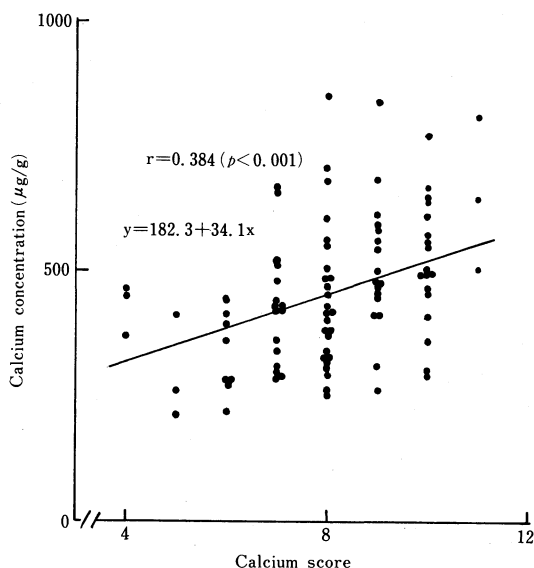


Fig. 5 Correlation between calcium concentration in fingernail and calcium score. Calcium score were estimated from food records (milk, dairy products, small fish and seaweeds intake) : 3 points were given to a person who take one of those foods every day, 2 points were given to a person who take one of those foods twice or three times a week and 1 point was given to a person who take one of those foods very little.

年齢と爪中 7 元素および 7 元素間の相関係数は Table 3 に示した。Na と K は分布が高濃度側に広いすそを持っており、対数正規型かあるいはそれに近似した分布を示していた。したがって、Na と K がともに高濃

度な値があると、それに相関係数が左右されて外見上有意な相関性を現す可能性がある。それゆえ、各々の分布型を考慮して log 変換した後相関性を検討した。年齢との間に有意な相関性を認めた元素は、男では Ca ($r=0.175$, $p<0.02$), logNa ($r=0.344$, $p<0.001$) および Fe ($r=0.215$, $p<0.01$) そして女では logNa ($r=0.340$, $p<0.001$) と logK ($r=0.391$, $p<0.001$) であった。各元素間の相関性については、Fe と Cu を除いて男女間に著しい差異はなかった。男女の爪中 Ca と Mg 間 (Fig. 6) には各々 $r=0.793$ ($p<0.001$) と $r=0.838$ ($p<0.001$) そして logNa と logK 間 (Fig. 7, 8) には各々 $r=0.857$ ($p<0.001$) と $r=0.892$ ($p<0.001$) の最も高い相関性が認められた。これらの 2 元素間の高い相関性は毛髪の所見と一致していた^{8,24)}。必須元素は生体内で相互に微妙なバランス関係を維持しており、中でも Ca, Na, Mg, K は密接な相互関係にあり、Ca と Mg および Na と K は一定の平衡状態に保たれている²⁵⁾。したがって、これらの爪中元素比の多寡を論ずることは生体内に於ける元素間の平衡状態を知る上で意義がある。

5. 夫婦間および親子間の爪中微量元素の相関関係

夫婦間および親子間の爪中 7 元素の相関係数は Table 4 に要約した。夫婦間、父と息子間、母と息子間および母と娘間には有意な正相関を示す元素が多く存在した。これらの 2 者間の爪中微量元素に有意な正相関が存在した理由は、夫婦についてはその職業の大部分が農業であること、父母と息子については未就学や小学校低学年児が多いということから、生活環境や食習慣が同じ状態にあったためと考えられた。このことは低年齢の子供の食生活が両親、特に母親の嗜好に左右されるということを示唆している。

Table 3 Significance table for age and element or element and element correlations.

	Age	Ca	Log Na	Zn	Mg	Log K	Fe	Cu
Male (n=199)								
Age		-.175 ^b	.344 ^d	N.S.	N.S.	N.S.	-.215 ^c	N.S.
Ca	N.S.		-.266 ^d	N.S.	.793 ^d	N.S.	N.S.	.370 ^d
Log Na	.340 ^d	-.247 ^d		N.S.	N.S.	.857 ^d	N.S.	N.S.
Zn	N.S.	N.S.	N.S.		N.S.	.160 ^a	.147 ^a	N.S.
Mg	N.S.	.838 ^d	N.S.	N.S.		N.S.	N.S.	.228 ^c
Log K	.391 ^d	-.167 ^b	.892 ^d	N.S.	N.S.		N.S.	N.S.
Fe	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.		.267 ^d
Cu	N.S.	.490 ^d	-.191 ^c	.300 ^d	.363 ^d	-.179 ^c	-.148 ^a	
Female (n=220)								

^a: $p<0.05$, ^b: $p<0.02$, ^c: $p<0.01$, ^d: $p<0.001$, N.S.: not significant.

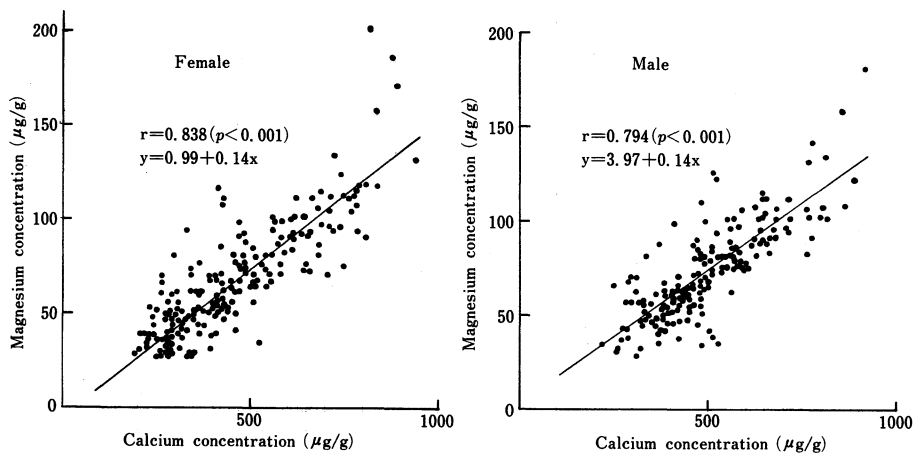


Fig. 6 Correlation between magnesium and calcium concentrations in fingernail by sex.

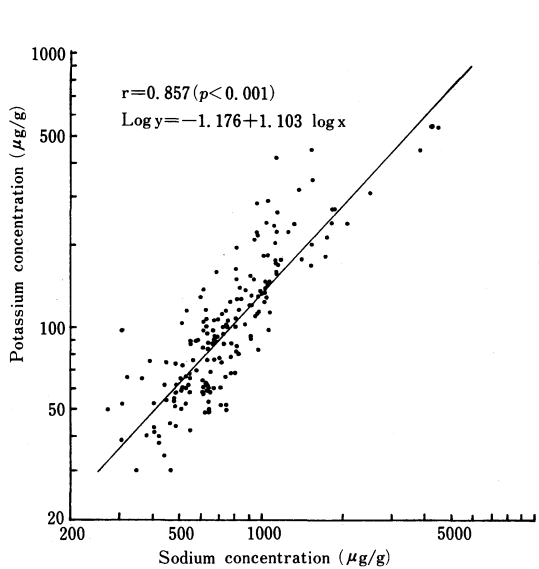


Fig. 7 Correlation between log potassium and log sodium concentrations in fingernail of male.

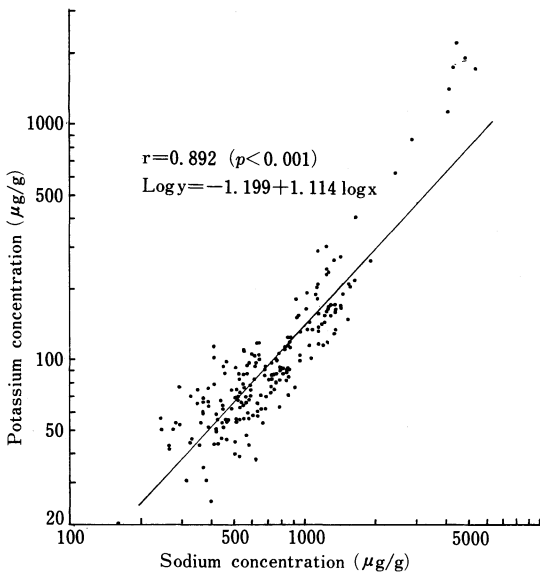


Fig. 8 Correlation between log potassium and log sodium concentrations in fingernail of female.

Table 4 Correlations among family members.

Correlated parameters	n	Correlation coefficients						
		Ca	Na	Zn	Mg	K	Fe	Cu
Husband vs. Wife	42	.752 ^c	.852 ^c	.249	.671 ^c	.976 ^c	.134	.169
Father vs. Son	22	.661 ^c	.423 ^a	.350	.468 ^a	.546 ^b	.231	.150
Father vs. Daughter	24	.452 ^a	.236	.085	.291	.108	-.452 ^a	.250
Mother vs. Son	23	.618 ^b	.607 ^b	.693 ^c	.561 ^b	.283	.436 ^a	.243
Mother vs. Daughter	28	.639 ^c	.658 ^c	.430 ^a	.611 ^c	.754 ^c	-.079	-.056

^a: $p < 0.05$, ^b: $p < 0.01$, ^c: $p < 0.001$.

爪と毛髪は発生起源が同じであることから微量元素についても類似する点が多いが、毛髪中の微量元素は毛染めやパーマメントなどの美容処理に影響され^{26,27)}、また毛髪周囲の汗腺や皮脂腺から分泌される元素が含まれる²⁸⁾。それ故、爪は毛髪よりも有益な試料となるかも知れない。

結 論

宇都宮市内とその近郊に住む1歳～83歳の419名（男199名、女220名）を対象にして爪中7元素（Na, Ca, Zn, Mg, K, Fe, Cu）濃度を原子吸光光度計で測定した。

1. 爪中微量元素濃度は男女共対数正規様分布を示した。
2. 性別にみると、男のCa, MgおよびFe濃度が女よりも有意に高かった。
3. 60歳以上の男女では爪中NaとK濃度の増加およびCa濃度の減少が著しかった。
4. 各元素間の相関関係では、 $\log Na$ と $\log K$ （男 $r=0.973$ 、女 $r=0.857$ ）そしてCaとMg間（男 $r=0.838$ 、女 $r=0.892$ ）に最も高い相関係数が認められた。
5. 夫婦間、父母と息子間および母と娘間には有意な正相関を示す元素が多かった。

文 献

- 1) 今井良次：毛髪分析から何がわかるか——歯科領域における毛髪分析の応用——歯界展望, **60**, 1161-1174 (1982).
- 2) Leonard, P.J. and Morris, W.P.: Sodium, calcium, and magnesium levels in nails of children with cystic fibrosis of the pancreas, *Arch. Dis. Child.*, **47**, 495-498 (1972).
- 3) Cheah, J.S.: Nail calcium, phosphate and magnesium in hypertension, *Singapore Med. J.*, **23**, 273-274 (1982).
- 4) Elsair, J., Merad, R., Denine, R., Khelfat, K., Aoul, M. T., Assunkumar, B., Reggabi, M., Nanceur, J. and Benali, S.: Floride content of urine, blood, nails and hair endemic skeletal fluoriosis, *Fluoride*, **15**, 43-47 (1982).
- 5) Bank, H.L., Robson, J., Bigelow, J.B., Morrison, J., Spell, L.H. and Kantor, R.: Preparation of fingernails for trace element analysis, *Chim. Chim. Acta*, **116**, 179-190 (1981).
- 6) Kanabrocki, E.L., Kanabrocki, J.A., Greco, J., Kaplan, E. and Oester, Y.T.: Instrumental analysis of trace elements in thumbnails of human subjects, *Sci. Total Environ.*, **13**, 131-140 (1979).
- 7) Masiron, R.: Calcium content of river water, trace element concentrations in toenails, and blood pressure in village populations in New Guinea, *Sci. Total Environ.*, **6**, 41-53 (1976).
- 8) Kamakura, M.: A study of the characteristics of trace elements in the hair of Japanese Reference values and the trace elements patterns for determining normal levels, *Jpn. J. Hyg.*, **38**, 823-838 (1983).
- 9) 高木靖弘, 松田 漸：爪中元素間の国際比, 日衛誌, **41**, 228 (1986).
- 10) 石沢正一, 岡田恭子, 吉田暢夫, 重松俊夫：ヒトの爪のFe, CuおよびZn含有量について, 産業医, **9**, 781, (1967).
- 11) Vellar, O.D.: Composition of human nail substance, *Am. J. Clin. Nutr.*, **23**, 1272-1274 (1970).
- 12) Harrison, W.W. and Tyree, A. B.: The determination of trace elements in human fingernails by atomic absorption spectroscopy, *Clin. Chim. Acta*, **31**, 63-73 (1971).
- 13) Lim, P., Tay, B. S. and Tan, I.K.: Nail magnesium and calcium in chronic uraemia, *Clin. Chim. Acta*, **42**, 47-49 (1972).
- 14) Bauer, F. and Stevens, B.: Investigations of trace metal content of normal and diseased nails, *Aust. J. Derm.*, **24**, 127-129 (1983).
- 15) 泉 敬子：毛髪中カルシウム及び鉄の栄養学的研究, 東医大誌, **41**, 43-49 (1983).
- 16) Sasaki, N., Takemori, K., Ohtsuka, R. and Suzuki, T.: Mineral contents in hair from Oriomo Papuans and Akita dwellers, *Ecol. Food Nutr.*, **11**, 117-120 (1982).
- 17) 古谷 博：貧血と栄養, 治療学, **8**, 811-815 (1982).
- 18) Sobolewski, S., Lawrence, A.C.K. and Bagshaw, P.: Human nails and body iron, *J. Clin. Pathol.*, **31**, 1068-1072 (1978).
- 19) Heaney, R.P., Gallagher, J.C., Johnston, C.C., Neer, R., Parfitt, A.M., Chir, B. and Whendon, G. D.: Calcium nutrition and bone health in the

- elderly, *Am. J. Clin. Nutr.*, **36**, 986-1013 (1982).
- 20) 藤原 恒樹: 老化と栄養, *治療学*, **8**, 816-821 (1982).
- 21) Kanabrocki, E., Case, L.E., Graham, L.A., Fields, T., Oester, Y.T. and Kaplan, E.: Neutron-activation studies of trace elements in human fingernail, *J. Nuclear Med.*, **9**, 478-481 (1968).
- 22) Hopps, H.C.: The biological bases for using hair and nail for analysis of trace elements, *Sci. Total Environ.*, **7**, 71-89 (1977).
- 23) Bean, W.B.: Nail growth, Thirty-five years of observation, *Arch. Intern. Med.*, **140**, 73-76, (1980).
- 24) 明石潤子, 今堀 彰, 福島一郎: 毛髪中の中性子化分析元素間の相関についての検討, *Radioisotopes*, **30**, 7-12 (1981).
- 25) Marier, J.R.: 循環器疾患におけるマグネシウムの, カルシウム, ナトリウムおよびカリウムとの相互関係, *最新医*, **38**, 646-648 (1983).
- 26) 今堀 彰, 福島一郎: 毛髪の中性子放射化分析——多変量解析による毛髪中微量元素濃度に関与する諸因子の検討——, *Radioisotopes*, **29**, 8-13 (1980).
- 27) 丸茂義輝: 毛髪中の微量元素に関する研究(第2報) 金属元素の毛髪への吸着及び毛髪からの溶出, *衛生化学*, **29**, 192-198 (1983).
- (受付 1986年6月23日 受理 1986年8月18日)