

## 大阪府下に在住する健康者の足爪セレン濃度

吉田 宗 弘, 甲 田 浩 気, 岸 本 眸

(関西大学 化学生命工学部 栄養化学研究室\*)

## Selenium Content in Toenails of Healthy Subjects in Osaka Prefecture of Japan

Munehiro YOSHIDA, Hiroki KÔDA and Hitomi KISHIMOTO

*Laboratory of Food and Nutritional Sciences, Faculty of Chemistry, Materials and Bioengineering, Kansai University*

## Summary

Toenail samples were collected from 62 healthy subjects (36 males and 26 females,  $25.2 \pm 9.6$  yr) in Osaka Prefecture of Japan and their selenium contents were determined by inductively coupled plasma-mass spectrometry and compared to those described in several previous reports. Maximum, minimum, mean, standard deviation and median values of the selenium in 62 toenail samples were 2.13, 0.18, 0.77, 0.32 and 0.77  $\mu\text{g/g}$ , respectively. The mean value obtained was similar to values in the eastern and western USA area and lower than values in a seleniferous area of the USA and higher than values in New Zealand, Finland and most European countries where the selenium intake were about 50  $\mu\text{g/d}$  or less. These results indicate that toenail selenium is a good indicator for averaged selenium intake.

必須微量元素であるセレンは、グルタチオンペルオキシダーゼをはじめとする含セレンタンパク質として生体内で様々な生理機能を発現している。含セレンタンパク質の生成量はセレン摂取量とともに増加するが、摂取量が50～60  $\mu\text{g/日}$ を超えると飽和する<sup>1)</sup>。セレン摂取量が50  $\mu\text{g/日}$ 未満の集団においては、セレン摂取量の低下とともに種々の部位のがんや虚血性心疾患の発症リスクが増加することが疫学研究で示されており、ニュージーランドやヨーロッパ諸国のように、セレン摂取量が50  $\mu\text{g/日}$ 未満の住民が存在する地域においては、セレン摂取量を増やして含セレンタンパク質の生成量を飽和させる必要があるとされている<sup>2)</sup>。

セレン栄養状態の生体指標として、尿や血清中セレン濃度が用いられることが多いが<sup>3)</sup>、これらは直近のセレン摂取量を反映することから、長期にわたる日常的なセレン摂取量の指標としては問題がある。諸外国では長期にわたる日常的なセレン摂取量の指標として足爪セレン濃度がしばしば用いられており、指標としての信頼性もほぼ確立している<sup>4)</sup>。しかし、日本人の足爪セレン濃度に関する調査研究はほとんど見当たらない。そこで本研究では、大阪府下に在住する健康な成人から提供された足爪のセレン濃度を測定し、諸外国における測定値と比較した。

## 方 法

## 1. 対象者

大阪府下に在住する健康な大学生およびその家族に文書で研究の内容と意義を説明し、足爪の提供を依頼した。その結果、62名から協力の同意を得た。協力者の性別は、男性36名、女性26名であった。学生と家族の内訳は、学生(19～24歳)が54名(男性33名、女性21名)、家族(40～52歳)が8名(男性3名、女性5名)であり、対象者全体の平均年齢±標準偏差は $25.2 \pm 9.6$ 歳であった。これらの対象者から1人当たり平均約100 mgの足爪の提供を受けた。

## 2. 足爪の処理とセレンの定量

収集した足爪はエタノールで洗浄後、秤量し、全量をケルダールフラスコに移して濃硝酸5 mlを加え、不溶物がなくなるまで加熱した。冷却後、過塩素酸2 mlを加え、過塩素酸の白煙が生じるまで加熱灰化した。灰化した試料に超純水と内部標準元素であるテルル(最終濃度20 ng/mL)を加えて容量を10 mlとし、0.45  $\mu\text{m}$ のフィルターでろ過したものを試料溶液とした。試料溶液を誘導結合プラズマ質量分析機(島津製作所 ICPMS-8500)で分析し、セレンとテルルに由来する強度を計測した。なお、定量に

\*所在地：吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

用いたセレンの質量数は 82 である。

本研究は、関西大学先端科学技術推進機構研究倫理委員会の承認（許可番号 008）を受けて実施した。

### 結果と考察

足爪セレン濃度の測定結果と分布を Fig. 1 にヒストグラムとしてまとめた。62 名の足爪セレン濃度 ( $\mu\text{g/g}$ ) は、最大値 2.13、最小値 0.18、平均値 0.77、中央値 0.77、標準偏差 0.32 であり、62 試料中 60 試料が  $1.3 \mu\text{g/g}$  未満の値を示した。Fig. 2 に足爪セレン濃度のパーセンタイル曲線を男女別に示した。性別の平均値  $\pm$  標準偏差は、男性  $0.71 \pm 0.24$ 、女性  $0.86 \pm 0.39 \mu\text{g/g}$  であり、やや女性が高い傾向にあったが、有意差ではなかった。また、年齢層の大きく異なる学生 (19 ~ 24 歳) と家族 (40 ~ 52 歳) の平均値  $\pm$  標準偏差は、学生  $0.76 \pm 0.33$ 、家族  $0.86 \pm 0.17 \mu\text{g/g}$  であり、家族がやや高い傾向を示したが、これも有意差ではなかった。

今回の足爪セレン濃度の測定結果の平均値 ( $0.77 \mu\text{g/g}$ ) を過去の健常人に関する報告<sup>5-14</sup>) と比較し、Table 1 にまとめた。なお、比較においては性および年齢は考慮しなかった。いわゆる高セレン地域として知られ、セレン摂取量が日本のほぼ 2 倍以上の  $200 \mu\text{g/日}$  超である米国のワイオミング州とサウスダコタ州からは、今回の測定結果を大きく上回る  $1 \mu\text{g/g}$  超の足爪セレン濃度が報告されていた<sup>5,6</sup>)。また、低セレン地域として知られるニュージーランドとフィンランドでの報告値は  $0.26 \mu\text{g/g}$  と  $0.45 \mu\text{g/g}$  であり<sup>5,7</sup>)、今回の測定結果を大きく下回っていた。さらに平均的なセレン摂取量が日本の約半分の  $50 \mu\text{g/g}$  程度である欧州各国からの報告値は  $0.50 \sim 0.62 \mu\text{g/g}$  であり<sup>8,10</sup>)、

今回の測定値はこれを明らかに上回っていた。一方、セレン摂取量が日本とほぼ同じ水準である米国東部、および西部からの報告値は、ワシントン州を除いて<sup>13</sup>)、 $0.74 \sim 0.90 \mu\text{g/g}$  であり<sup>5,9,14</sup>)、今回の測定値とほぼ同一水準であった。

以上のことは、足爪セレン濃度の平均値が地域ごとの平均的なセレン摂取量をほぼ反映しものであり、今回の測定結果が、対象者が限定されてはいるものの、現在の日本人の摂取水準に見合う妥当な範囲にあることを示している。なお、中国江蘇省海門 (Haimen) 市の住民を対象とした報告<sup>11</sup>) においては、米国の高セレン地域をはるかに上回る高値 ( $3.52 \mu\text{g/g}$ ) が示されている。この中国の対象地域はセレン過剰地域ではないことから、高い報告値は不思議である。この報告ではセレンを ICP 発光分析 (ICP-AES) で測定しており、分析法の違いが影響している可能性が考えられる。

足の爪の成長速度は、指ごとに違いがあり、かつ季節差、個人差も大きいですが、平均的には  $0.05 \text{ mm/日}$  程度といわれている<sup>15</sup>)。今回提供された足爪は、平均して  $2 \sim 3 \text{ mm}$  程度の長さがあったことから、 $1 \sim 2$  ヶ月間で形成されたものと思われる。足爪セレン濃度は、この足爪の形成期間に相当する  $1 \sim 2$  ヶ月間のセレン摂取量を反映したものと考えられる。足爪は比較的セレン濃度が高く、 $50 \text{ mg}$  あれば測定が可能であり、かつ非侵襲的に採取できる。以上のことから、足爪セレンは習慣的なセレン摂取量の指標として優れていると思われる。

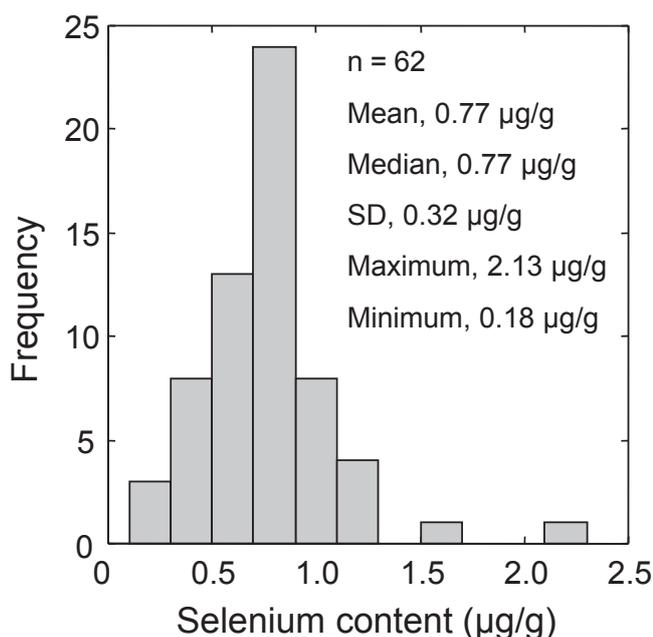


Fig. 1 Histogram for distribution of selenium content in toenails of subjects

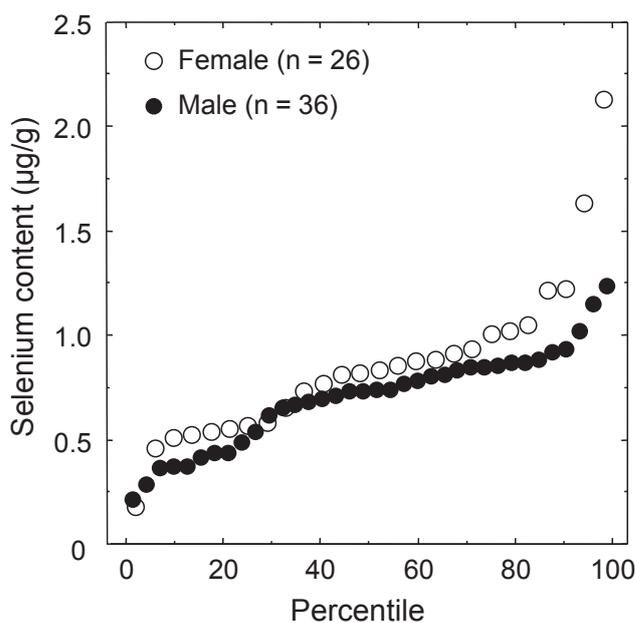


Fig. 2 Percentile curve of selenium content in toenails of subjects

**Table 1** Selenium contents of toenails described in several reports

Area in which subjects live	Analytical method <sup>a</sup>	Selenium ( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>b</sup>	Reference
USA, South Dakota	NAA	1.17	5)
USA, Georgia	NAA	0.81	5)
USA, Boston	NAA	0.74	5)
New Zealand	NAA	0.26	5)
USA, Wyoming and South Dakota	NAA	1.56	6)
Finland, Helsinki	FA	0.45	7)
Germany, Berlin	NAA	0.50 <sup>c</sup>	8)
Netherlands, Zeist	NAA	0.52 <sup>c</sup>	8)
Northern Ireland, Coleraine	NAA	0.59 <sup>c</sup>	8)
Switzerland, Zurich	NAA	0.62 <sup>c</sup>	8)
Spain, Malaga	NAA	0.59 <sup>c</sup>	8)
USA from all 50 states	NAA	0.82 <sup>d</sup>	9)
Netherlands	NAA	0.54	10)
China, Haimen	ICP-AES	3.52	11)
Saudi Arabia	HG-AAS	0.64	12)
USA, Washington State	NAA	1.02	13)
USA, Birmingham	NAA	0.77 <sup>c</sup>	14)
USA, Chicago	NAA	0.84 <sup>c</sup>	14)
USA, Minneapolis	NAA	0.90 <sup>c</sup>	14)
USA, Oakland	NAA	0.87 <sup>c</sup>	14)
Japan, Osaka	ICP-MS	0.77	Present study

<sup>a</sup> Abbreviations: NAA, neutron activation analysis; FA, fluorometric analysis; ICP-AES, inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry; HG-AAS, hydride generation-atomic absorption spectrometry; ICP-MS, inductively coupled plasma-mass spectrometry.

<sup>b</sup> Values indicate arithmetical means unless otherwise noted.

<sup>c</sup> Values indicate geometrical means.

<sup>d</sup> Value indicates median value.

## 参考文献

- 厚生労働省 (2014) 微量ミネラル. 日本人の食事摂取基準 (2015年版) 策定検討会報告書. pp 267-342. <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/0000041824.html> よりダウンロード (2015.8.7 アクセス)
- Rayman MP (2012) Selenium and human health. *Lancet* 379: 1256-1268.
- Navarro M, López H, Ruiz ML, González S, Pérez V, López MC (1995) Determination of selenium in serum by hydride generation atomic absorption spectrometry for calculation of daily dietary intake. *Sci Total Environ* 175: 245-252.
- Slotnick MJ, Nriagu JO (2006) Validity of human nails as a biomarker of arsenic and selenium exposure: A review. *Environ Res* 102: 125-139.
- Morris JS, Stampfer MJ, Willett W (1983) Dietary selenium in humans toenails as an indicator. *Biol Trace Elem Res* 5: 529-537.
- Longnecker MP, Taylor PR, Levander OA, Howe M, Veillon C, McAdam PA, Patterson KY, Holden JM, Stampfer MJ, Morris JS, Willett W (1991) Selenium in diet, blood, and toenails in relation to human health in a seleniferous area. *Am J Clin Nutr* 53: 1288-1294.
- Ovaskainen ML, Virtamo J, Alfthan G, Haukka J, Pietinen P, Taylor PR, Huttunen JK (1993) Toenail selenium as an indicator of selenium intake among middle-aged men in an area with low soil selenium. *Am J Clin Nutr* 57: 662-665.
- van't Veer P, Strain JJ, Fernandez-Crehuet J, Martin BC, Thamm M, Kardinaal AF, Kohlmeier L, Huttunen JK, Martin-Moreno JM, Kok FJ (1996) Tissue antioxidants and postmenopausal breast cancer: the European Community Multicentre Study on Antioxidants, Myocardial Infarction, and Cancer of the Breast (EURAMIC). *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 5: 441-447.
- Yoshizawa K, Willett WC, Morris SJ, Stampfer MJ, Spiegelman D, Rimm EB, Giovannucci E (1998) Study of prediagnostic selenium level in toenails and the risk of advanced prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 90: 1219-1224.
- Zeegers MP, Goldbohm RA, Bode P, van den Brandt PA (2002) Prediagnostic toenail selenium and risk of bladder cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 11: 1292-1297.
- Sakoda LC, Graubard BI, Evans AA, London WT, Lin WY, Shen FM, McGlynn KA (2005) Toenail selenium and risk of hepatocellular carcinoma

- mortality in Haimen City, China. *Int J Cancer* 115: 618-624.
- 12) Al-Saleh I, Billedo G (2006) Determination of selenium concentration in serum and toenail as an indicator of selenium status. *Bull Environ Contam Toxicol* 77: 155-163.
- 13) Satia JA, King IB, Morris JS, Stratton K, White E (2006) Toenail and plasma levels as biomarkers of selenium exposure. *Ann Epidemiol* 16: 53-58.
- 14) Xun P, Bujnowski D, Liu K, Morris JS, Guo Z, He K (2011) Distribution of toenail selenium levels in young adult Caucasians and African Americans in the United States: the CARDIA Trace Element Study. *Environ Res* 111: 514-519.
- 15) 鈴木隆雄 (1999) 足の解剖. 足の事典 (山崎信寿編), 朝倉書店, 東京 : p 5.