

성인 여성의 생애주기별 셀레늄 영양상태에 대한 평가*

이옥희**§ · 문중화*** · 정용삼***

용인대학교 식품영양학과,** 한국원자력 연구소***

Assessment of Selenium Status in Adult Females According to Life Cycle *

Lee, Okhee**§ · Moon, Jongwha*** · Chung, Yongsam***

Department of Food Science and Nutrition,** Yongin University, Yongin 439-714, Korea

NAA Lab. Korean Atomic Energy Research Institute,*** Daejeon 305-600, Korea

ABSTRACT

Selenium is a strong antioxidant trace mineral, scavenging free radicals. The prevalence of chronic degenerative diseases is increasing in Korean adults with increasing age. The increased cell damage from free radicals has been implicated in the etiology of these diseases, and evidence is accumulating that the low selenium status that comes with advanced aged is involved in the prevalence of age-associated diseases. However, little is known about the selenium status of Koreans, its age-related change and its relationship to dietary nutrient intake. In this study, the serum selenium levels of healthy adult females according to life cycle and its association with blood albumin levels and nutrient intake were examined. Serum selenium level was measured with the Hanaro research reactor using the neutron activation analysis method (NAA). The overall proportion of women with selenium deficiency, serum selenium concentrations below 7.0 $\mu\text{g/dl}$, was 9.4%. The average serum selenium levels were 12.39 $\mu\text{g/dl}$, 9.45 $\mu\text{g/dl}$ and 9.16 $\mu\text{g/dl}$ in the young adult, middle-aged and elderly groups, respectively, showing a reduction of selenium status with advancing age. Selenium deficiency was seen only in the elderly group. Generally, serum selenium levels positively or negatively correlated with nutrient intake, but these association patterns differed depending on the age. The nutrients that showed positive correlations with selenium levels were proteins and phosphate in the young adult group ($p < 0.05$, $p < 0.05$), and total calcium, potassium and vegetable-origin calcium in the middle-aged group. Vitamin C and fiber were the negative correlated nutrients with serum selenium levels in the elderly group ($p < 0.05$, $p < 0.05$). Multiple stepwise regression analysis of the determining factors responsible for selenium status showed that age and serum albumin levels were important factors which explained up to 26.9% variances in serum selenium levels. The average selenium concentrations of Korean adult female subjects were above the deficiency levels in all three age groups. There was a tendency toward decreasing selenium levels as the age of the subjects increased. The factors with the strongest influence on selenium status in healthy adult Korean females were age and serum protein status. (*Korean J Nutrition* 36(5): 491~499, 2003)

KEY WORDS : selenium status, age, serum albumin levels.

서 론

경제 상태의 향상과 의학의 발달로 인해 만성 퇴행성 질병의 유병율이 증가하고 있다. 이러한 만성질환의 발생은 영양상태와 밀접한 관련성을 보여 식이의 지방수준 및 지방구성, 열량 섭취 뿐 아니라 비타민 A, E나 엽산 섭취 및 이들 영양소의 체내 수준과의 관련성 등 다각적인 연구가 이

루어지고 있다. 최근에는 무기질 수준과 당뇨, 심혈관 질환, 노화와의 관련성이 제기되면서 체내 미량원소에 대한 관심이 증가하고 있다. 미량 무기영양소의 하나인 셀레늄은 항산화 효과를 통해 지방산 산화를 억제하고, 혈당저하 및 당뇨질환 합병증을 억제하고, 혈액 응고 및 혈전 형성, 혈관내 피세포손상을 억제한다.¹⁻⁴⁾ 셀레늄은 체내에서 selenocysteine을 함유한 selenoprotein을 구성하여 산화 환원 반응에 관여한다. 셀레늄이 관여하는 selenoprotein은 glutathione peroxidase, thioredoxin reductase, iodothyronine deiodinase와 selenophosphate synthetase 2의 요소로써 효소활성에 관여하고 있다. 셀레늄의 작용 중 특히 항산화 효소인 GSHpx의 중요성이 부각되어 있는데, 이는 반응

접수일 : 2003년 4월 2일

채택일 : 2003년 5월 29일

*The research was conducted by the fund of Nucka Research and Development program by MOST.

§To whom correspondence should be addressed.

성 산소와 자유 라디칼을 제거하여 가령에 따른 지질과산화물의 축적을 억제하여 노화를 지연시키며,^{5,6)} 세포성장, 유전정보 전사, 세포신호전달 등 세포사멸에 영향주어 암의 발생을 억제하는데 기여한다.^{2,7,8)} 셀레늄 결핍은 이러한 selenoprotein들의 발현이나 기능장애를 초래하여 white muscle cardiomyopathy를 나타내는 Keshan병과 Kashin-Beck disease을 초래하거나,⁹⁾ 중앙생성과 동맥경화에 관여하며, 생식불능과의 관련성이 보고되고 있다.¹⁰⁾ 또한 셀레늄 부족은 노인의 면역능 감소, T3 생성 저하를 초래하여 노화에 따른 신체기능의 저하 및 갑상선 기능 저하를 초래한다고 한다.¹¹⁾ 반면에 selenoferrous 지역에서는 셀레늄 과잉 섭취에 따른 selenosis 독성효과도 보고되고 있다.¹¹⁾

인체의 셀레늄 수준은 지리 화학적 환경에 영향받으므로 토양의 셀레늄 함량에 의존하게 되며¹²⁾ 그 지역에서 생산되는 식품의 섭취에 의존한다. 그리하여 국민의 셀레늄 영양 상태는 국가마다 매우 큰 차이를 보이고 있으며,^{9,12,13)} 한 국가 내에서도 셀레늄 부족과 과잉이 공존하기도 한다.^{1,9,13)} 셀레늄수준에 대해 유럽 및 중국, Singapore 국민을 대상으로 셀레늄 부족증과 부족한 유병율이 보고된 바가 있다. 우리나라 국토는 주로 화강암으로 구성되어 토양의 셀레늄 함량이 낮은 편이므로¹⁴⁾ 국민 중 셀레늄 결핍 위험이 있을 것으로 보인다. 국내의 성인의 셀레늄 영양상태에 대한 국내 연구는 건강인을 대상으로 한 Lee 등¹⁵⁾과 Choi,¹⁶⁾ 간암 환자를 대상으로 한 Shin 등¹⁷⁾의 연구가 있으나 조사대상자의 수나 조사대상자의 계층적 측면에서 매우 제한적이다.

인체 셀레늄 수준의 평가지표로 주로 혈액의 셀레늄농도와 적혈구의 GSHpx 활성도를 이용하고 있다.¹⁸⁾ 성인의 경우 인체 셀레늄 수준은 나이, 흡연, 식이 셀레늄 섭취와 다른 무기질, 항산화 비타민, 지방산 등의 영양소의 섭취, 단백질 영양상태에 영향받는 것으로 알려져 있다.^{2,19-21)} 나이 증가에 따라 혈청 셀레늄 상태는 일반적으로 감소하는데, 이는 가령에 따른 만성 질병 발생증가와 동반하여 일어나는 것으로, 국내 연구에서도 체내 셀레늄 수준과 혈청 지질 수준이나 암과의 관련성이 보고되고 있다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 그러나 아직까지 우리나라 성인을 대상으로 나이별로 인체 수준에 대한 자료나 식이 섭취, 영양상태와의 관련성에 대한 연구는 제시되지 않고 있다.

이러한 셀레늄 수준에 대한 국내연구 부족은 무엇보다도 혈액에 매우 미량으로 존재하기 때문에 분석상의 어려움에 주로 기인한다. 일반적으로 셀레늄과 같은 체내 무기원소함량 분석에는 AAS, ICP-MS 방법이 주로 이용되나 이런 방법들은 wet digestion과 같은 전처리가 필수적으로 수행되어야 하며, 이 과정 중 셀레늄의 손실이나 오염 가능성

이 높다. 반면에 중성자 방사화 분석법 (Neutral activation analysis, NAA)은 전처리과정 없이 시료를 비파괴적으로 직접 분석하므로 오염 위험이 적은 편이며 극미량 원소에 대한 정확한 함량 분석이 가능하고 재현성이 높다.^{22,23)}

우리 국민의 노령인구비율이 점차 증가하고 셀레늄이 노화나 노화에 따른 만성 질병 발생 및 악화에 관여하는 점을 비추어 볼 때, 여성에서 셀레늄 체내 수준 및 나이증가(생애 주기별)에 대한 평가가 매우 필요하다. 본 연구에서는 국내외 셀레늄 수준 연구에서 사용되었던 기존 방법들과 달리 원자료를 사용하는 NAA분석법을 이용하여 첫째, 젊은 성인기, 중년기, 노년기의 셀레늄 수준을 평가하기 위하여 20, 40, 60대 여성의 혈청 셀레늄 수준을 조사하여 성인의 생애주기 변화에 따른 셀레늄 수준을 비교하고, 둘째, 혈청 셀레늄 수준과 영양소 섭취 및 단백질 영양상태와의 관계를 평가하여 셀레늄 수준변화에 관련되는 영양적 요인을 평가하고자 한다.

연구방법

1. 조사대상 및 시기

본 연구는 서울 K 구청 관내 보건소에서 2001년 10월 ~12월 주민들을 대상으로 영양실태조사를 실시하였다. 이 조사에는 일반사항을 포함한 식이 섭취량과 신체 계측조사를 포함하였고, 혈액을 채취하였다. 본 연구를 위해 의사에 의해 당뇨 질환자로 판정되었거나, 혈액의 HbA1c 수준이 본 실험실의 기준인 5.8%이상인 여성을 제외한 건강한 20대, 40대, 60대 여성 96명만 자료 분석에 포함시켰다.

2. 조사내용 및 방법

1) 설문조사 및 식이조사

식이섭취조사는 24시간 회상법에 의해 하루 전날 섭취한 음식과 음료수의 양을 끼니별로 조사하였으며, 목적량은 식품모형과 음식의 눈대중치를 사용하여 추정하였다. 영양소 섭취량분석은 Can-pro 프로그램을 사용하여 분석하였다. 설문지를 사용하여 흡연여부, 경구피임약 사용, 폐경여부, 기능성 식품이나 영양보충제 복용여부 등을 조사하였다.

2) 신체계측

신체계측 조사는 간단한 복장상태에서 키와 체중을 측정하였으며, 키는 신장계를 사용하여 0.1cm까지 측정하였다. 키, 체중을 사용하여 체질량지수를 체중/(신장*신장) (kg/m²)의 공식으로 계산하였다. 허리둘레, 엉덩이둘레는 줄자를 사용하여 0.1 cm까지 측정 후 허리-둔부둘레의 비 (WHR)를 계산하였다.

3) 혈액채취 및 혈청 일부민농도 분석

식사 후 12시간이 지난 아침 공복상태에서 전주정맥에서 혈액을 채취하여 4°C, 2000 rpm에서 10분간 원심분리하여 분석 때까지 -32°C에서 냉동 보관하였다. 혈청의 일부민농도는 혈액 분석기를 (DT60, Johnes & Johnes, USA) 사용하여 측정하였다.

4) 혈청 셀레늄 분석

원심분리된 혈액 중 상층액을 자동 pipette로 약 2 ml를 채취하여 5% 질산 용액과 3차 증류수로 세척한 plastic 시험관에 담아 -30°C에서 냉동보관 하였다. 혈액시료로 항

응고제에 의한 무기질 오염을 막기 위해 혈청을 사용하였다. 냉동시료는 48시간 -50°C에서 동결 건조한 후 무기질 분석에 사용하였다.

동결 건조된 시료의 무기질 수준 분석은 중성자 방사화 분석법에 의해 연구용 원자로인 HANARO를 사용하여 수행하였다. 분석조건은 Table 1과 같다.

혈청의 무기질과 미량원소 농도는 다음과 같은 공식에 의해 혈청 100 ml당 μg 으로 계산하였다.

$$\text{농도} (\mu\text{g/dl}) = \frac{\text{동결건조 후 시료무게 (mg)} \times \text{동결건조 후 무기질농도 (mg/kg)} \times 100}{\text{사용 혈청량 (ml)}}$$

Table 1. Experimental condition of NAA for the serum analysis

Sample Wt. (mg)	Irradiation Time	Cooling Time	Counting Time	Nuclides detected (Gamma-Ray Energy, keV)
50 - 100	4 hrs.	longer than 20 days	40000 sec.	⁷⁵ Se (264)

Table 2. Age and anthropometric characteristics of study participants

Variables	Mean \pm SD (N = 96)	Range
Age (yr)	48.1 \pm 19.1	21.0 - 70.0
Height (cm)	155.4 \pm 6.8	142.0 - 172.0
Weight (kg)	56.8 \pm 7.5	43.0 - 82.2
BMI (kg/m ²)	23.6 \pm 3.4	17.2 - 34.2

Table 3. General characteristics of study participants (N = 96)

Variables	Yes	No	N (%)
Use of supplements & functional foods	9 (9.4)	87 (90.6)	
Use of oral contraceptives	16 (16.7)	80 (83.3)	
Menopause	47 (49)	49 (51.0)	
Smoking	1 (1.0)	95 (99.0)	

Table 4. Nutrient intakes according to life cycle

Variables		Young adult	Middle-aged	Elderly
Energy	(kcal)	1756.2 \pm 403.0 ^a	1675.3 \pm 507.9 ^{ab}	1489.3 \pm 462.4 ^b
	(kcal/wt. kg)	32.9 \pm 10.0	29.6 \pm 11.3	26.8 \pm 8.9
Protein	(g)	64.2 \pm 18.2	62.4 \pm 16.4	59.3 \pm 21.8
	(%)	14.8 \pm 2.1	15.5 \pm 3.1	15.9 \pm 3.5
	(g/wt. kg)	1.22 \pm 0.43	1.11 \pm 0.30	1.06 \pm 0.43
Fat	(g)	51.2 \pm 18.2 ^a	36.2 \pm 14.3 ^b	29.4 \pm 16.5 ^b
	(%)	25.9 \pm 7.0 ^a	19.9 \pm 5.3 ^b	17.6 \pm 7.5 ^c
Carbohydrate	(g)	260.2 \pm 63.5	276.9 \pm 98.1	249.9 \pm 78.9
	(%)	60.1 \pm 7.0 ^b	64.8 \pm 7.0 ^a	67.2 \pm 9.3 ^b
Fiber	(g)	5.53 \pm 2.4 ^b	6.4 \pm 3.2 ^{ab}	7.1 \pm 3.1 ^a
Ca	(mg)	502.7 \pm 233.2	462.8 \pm 189.4	520.2 \pm 303.2
P	(mg)	990.9 \pm 331.8	964.6 \pm 248.3	991.4 \pm 395.4
Fe	(mg)	11.3 \pm 7.3	10.6 \pm 3.9	12.3 \pm 6.7
Na	(mg)	5969.1 \pm 6968.0	3891.21 \pm 1121.9	4530.9 \pm 1975.0
K	(mg)	2417.2 \pm 1113.6	2349.7 \pm 597.5	2462.9 \pm 985.7
Vit. A	(μg R.E)	688.9 \pm 286.4	749.7 \pm 585.9	736.8 \pm 1090.8
Vit. B ₁	(mg)	1.3 \pm 0.6 ^b	3.7 \pm 11.4 ^a	1.1 \pm 0.5 ^b
Vit. B ₂	(mg)	1.2 \pm 0.6 ^a	1.0 \pm 0.6 ^{ab}	0.8 \pm 0.6 ^b
Niacin	(mg N.E)	13.8 \pm 4.8	13.2 \pm 2.8	13.7 \pm 5.5
Vit. C	(mg)	78.8 \pm 47.1 ^b	110.9 \pm 55.9 ^{ab}	138.5 \pm 91.2 ^a
Cholesterol	(mg)	269.2 \pm 164.7 ^a	155.4 \pm 108.7 ^b	139.1 \pm 132.3 ^b

† : Means with different letters within a row are significantly different from each other at $p < 0.05$

5) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 SAS 통계 프로그램 (Version 6.12)을 사용하여 분석하였다. 여성의 생애주기에 따른 변화를 분석하기 위해 혈청 셀레늄 수준과 영양소 섭취 측정치를 ANOVA 분석과 duncan 다중 비교법에 의해 20대, 40대, 60대 집단간의 차이에 대한 유의성을 검증하였다. 혈청 셀레늄 수준과 모든 변수간의 관계를 분석하기 위해 생애주기별로 먼저 Pearson 상관계수를 구하였고, 혈청 셀레늄에 영향주는 독립적인 인자는 adjusted multiple stepwise regression analysis를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 조사대상자의 일반적 특성

조사 대상자의 일반적 체격과 특성은 Table 2와 3에 제시하였다. 평균 나이는 48.1세이며 평균 BMI는 23.6 kg/m²를 나타내었다. 기능성 식품이나 영양 보충제를 섭취하는 비율은 9.4%이며, 경구피임약을 사용한 비율은 16.7%, 이미 폐경한 대상자의 비율은 49%이었다. 현재 담배를 피우거나 피운 적이 있는 경우는 전체 대상자의 1%에 불과하였다.

2. 영양소 섭취량 및 한국인 영양권장량에 대한 비율

Table 4와 5에는 각 연령별 영양소 섭취가 제시되었다. 조사대상자의 영양소 섭취수준을 보면 열량, 지방, 콜레스테롤, 동물성 및 식물성 지방, 그리고 비타민 B₁과 B₂ 섭취량은 젊은 성인기에 비해 노년기에 감소하였다. 그러나 비타민 C와 식이섬유 섭취수준은 젊은 성인기에 비해 노년기에 유의하게 높았다.

Table 6에는 한국인 영양권장량에 대한 각 집단의 영양소 섭취 비율이 제시되어 있다. 철분과 비타민 C 섭취량은 젊은 성인기에 비해 노년기에 유의적으로 증가하였다. 반면에 대량 영양소의 열량섭취 비는 노년기에는 지방으로 섭취하는 열량비율이 유의적으로 낮으나 탄수화물에서의 에너지 섭취는 유의적으로 증가하여, 나이 증가에 따라 열량 공급이 지방에서 탄수화물로 이전함을 보였다.

3. 혈청 selenium 수준 및 albumin 수준

Fig. 1에는 각 생애주기별로 성인 여성의 평균 혈청 셀레늄 수준이 제시되었다. 본 연구 대상자의 평균 혈청 셀레늄 수준은 10.3 µg/dl를 나타내었다. 이는 Tietz²⁴⁾가 제시한 성인의 정상 범위인 8~27.2 µg/dl내에 존재하며, 또한 selnoprotein인 GSHpx의 활성도를 적정 수준으로 유지

Table 5. Nutrient intakes from vegetable and animal foods by life cycle

Variables		Young adult	Middle-aged	Elderly
Animal protein	(g)	29.3 ± 14.7	26.2 ± 14.2	24.7 ± 14.1
Vegetable protein	(g)	34.4 ± 10.8	41.5 ± 30.7	35.1 ± 12.0
Animal fat	(g)	21.5 ± 14.1 ^a	15.1 ± 6.8 ^b	11.9 ± 11.2 ^b
Vegetable fat	(g)	30.6 ± 16.2 ^a	21.1 ± 12.2 ^b	17.7 ± 9.5 ^b
Animal Ca	(mg)	226.1 ± 186.1	201.0 ± 164.6	231.6 ± 238.5
Vegetable Ca	(mg)	267.8 ± 163.9	261.8 ± 108.8	290.9 ± 135.8
Animal Fe	(mg)	2.8 ± 1.7	2.3 ± 1.4	3.1 ± 4.1
Vegetable Fe	(mg)	8.4 ± 7.6	8.3 ± 3.7	9.2 ± 4.4

1 : Mean ± SD

2 : Means with different letters within a row are significantly different from each other at p < 0.05

Table 6. Nutrient intakes as percentage of Korean RDA by life cycle (%)

Variables		Young adult	Middle-aged	Elderly
Energy		87.8 ± 20.1	83.9 ± 25.3	84.5 ± 26.1
Protein		116.7 ± 33.1	113.5 ± 29.8	107.8 ± 39.6
Vit. A		98.4 ± 40.9	107.1 ± 83.7	105.3 ± 155.8
Vit. C		112.5 ± 67.2 ^b	158.5 ± 79.8 ^{ab}	197.9 ± 130.3 ^a
Vit. B ₁		127.5 ± 62.5	371.2 ± 1141.7	105.1 ± 48.3
Vit. B ₂		97.3 ± 46.7	86.6 ± 52.9	70.3 ± 49.8
Niacin		106.4 ± 36.9	101.6 ± 21.4	105.3 ± 42.0
Ca		71.8 ± 33.3	66.1 ± 27.1	74.3 ± 43.3
P		141.6 ± 47.4	137.8 ± 35.5	141.6 ± 56.5
Fe		70.6 ± 45.7 ^b	66.9 ± 24.0 ^b	102.4 ± 56.0 ^a

1 : Mean ± SD

2 : Means with different letters within a row are significantly different from each other at p < 0.05

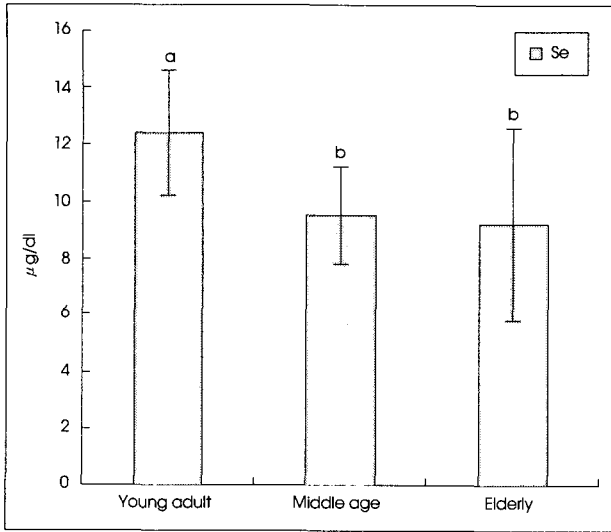


Fig. 1. Serum selenium concentrations in adults females according to life cycle.

하고 selenium을 충족하기 위한 혈청수준인 8.0 µg/dl²⁵⁾에 비해 높았다. 본 연구의 청년기, 중년기, 노년기의 평균 혈청 셀레늄 수준은 각각 12.39 µg/dl, 9.45 µg/dl과 9.16 µg/dl로 나이 증가에 따라 체내 셀레늄 수준이 유의적으로 감소함을 보였으나, 세 집단 모두 성인의 정상 범위보다 높았다.²⁴⁾ 나이에 따른 셀레늄 수준이나 셀레늄 관련 영양적 지표의 변화는 일반적으로 보고되고 있으며,³²⁾ 특히 노인에서 낮은 수준이 흔히 보고되었다.^{31,33-36)} 이는 일반적으로 지질 과산화물이 나이 증가에 의해 증가하는 점과 관련성이 있으며,³⁶⁾ 또한 노년기의 식이 섭취 감소나 생리적 기능 감퇴와의 관련성이 주요한 요인으로 짐작되고 있다.^{37,38)} 본 연구 대상자의 경우 이미 40대의 중년기 여성에서 셀레늄 수준이 급격히 감소하여, 중년기부터 만성적 퇴행성 질병이 시작되는 점에 비추어 볼 때, 우리 중년기 여성에서 셀레늄 영양과 만성 질병과의 관계에 대한 연구가 필요하다.

한편으로 Kivela 등²⁶⁾에 의하면 혈청 셀레늄 농도가 4.6 µg/dl이하의 심한 셀레늄 부족이며 4.6~6.9 µg/dl는 약한 부족상태를 나타낸다고 한다. Table 7에는 Kivela 등²⁶⁾의 기준에 따라 본 연구 대상자의 혈청 셀레늄 수준을 분류하여 제시하였을 때 셀레늄이 심하게 부족한 사람의 비율은 4.2%이며, 약간의 부족상태를 나타내는 비율은 5.2%를 보여 전체 대상자의 9.4%가 셀레늄 부족상태를 나타내었다. 이와 같은 결핍상태는 노인에게 집중되어 노인 여성의 17.8%가 낮은 셀레늄 영양상태를 보였다. 이러한 결과는 노화가 진행되는 노년기에 특히 셀레늄 영양상태가 저하할 가능성이 높으며 노년기 여성에서 셀레늄 보충 필요성을 반영하는

Table 7. Distribution of subjects according to the serum selenium levels

Se levels	Young adult	Middle-aged	Elderly
	N (%)		
≥ 7.0 µg/dl	30 (31.3)	20 (20.8)	37 (38.6)
4.6 ≤ <7.0 µg/dl	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (5.2)
<4.6 µg/dl	0 (0.0)	1 (1.0)	3 (3.1)
Total	30 (31.3)	21 (21.9)	45 (46.9)
	$\chi^2 = 11.356^*$, p = 0.023		

* : Likelihood Ratio

것으로 본다. 그러나 이러한 결론 도출을 위해서는 많은 수의 노인을 대상으로 체내 셀레늄 수준이나 식품을 통한 셀레늄 섭취 양상 등에 대한 심도 깊은 연구가 필요하다.

일반적으로 인체의 셀레늄 수준은 토양의 셀레늄 함량과 그 지역에서 생산되는 식품의 섭취에 따라 다양하여,¹²⁾ 한국민의 셀레늄 영양상태는 국가마다 매우 큰 차이를 보이고 있다.^{9,12,13)} 각국 국민의 혈청 셀레늄 수준은 핀란드의 경우 5.7~10.8 µg/dl,¹²⁾ 체코슬로바키아 국민의 5.3 µg/dl, 0.852 ± 0.335 (0.219~2.3) mumol/L와 7.6 (7.2~8.1) µg/dl,²⁷⁻²⁹⁾ 독일인의 경우 20세에서 62세까지의 건강한 독일인 기준치인 1.09 ± 0.17 (0.75~1.45) mumol/L,³⁰⁾ Singapore 국민의 경우 12.2 µg/dl,³⁾ 일본인의 11.7 µg/dl³¹⁾ 등을 보여 지역에 따라 다양한 수준을 나타내고 있다. 본 연구 대상자의 평균 혈청 셀레늄 수준은 체코슬로바키아 국민보다 높았지만, 일본이나 Singapore 국민보다 낮은 수준이었다.

Oh 등의 연구에¹⁴⁾ 따르면 남한 토양의 전체적인 셀레늄 함량은 0.03~0.24 ppm으로 정상 범위에 있지만 경기도 지방의 토양 셀레늄 수준은 0.03~0.06 ppm으로 다른 지역보다 상당히 낮은 수준을 보였으며 그에 따라 경기도 주민의 전혈 셀레늄 수준이 다른 지역 주민보다 낮았다. 국내 연구로 젊은 여성을 대상으로 한 Choi¹⁶⁾나 Lee 등¹⁵⁾의 결과에 비해 본 연구 대상자의 혈청 셀레늄 수준은 낮은 편이다. 본 연구 대상자의 전체적인 혈청 셀레늄 수준이 다른 국내 연구 결과보다 낮은 이유로는 이와 같이 서울주위의 경기도 지방 토양의 낮은 셀레늄 함량과 셀레늄 함유 식품의 섭취 부족이 중요한 요인으로 짐작되지만, 이 지역에서 나오는 식품에 대한 셀레늄 database가 아직까지 제시되지 않아 토양의 함량이나 셀레늄 섭취량과의 비교하여 해석하기는 어려운 실정이다. 한편 본 연구에서는 NAA 방법을 사용하였는데, 이 방법은 기존의 셀레늄 수준에 대한 연구에 사용되었던 ICP, AAS의 방법과 달리 전처리 과정이 없어 무기원소의 오염 가능성이 가장 낮은 방법으로 셀레늄 수준에 대한 정확한 분석이 가능하다.²³⁾ 따라서 혈청 셀레

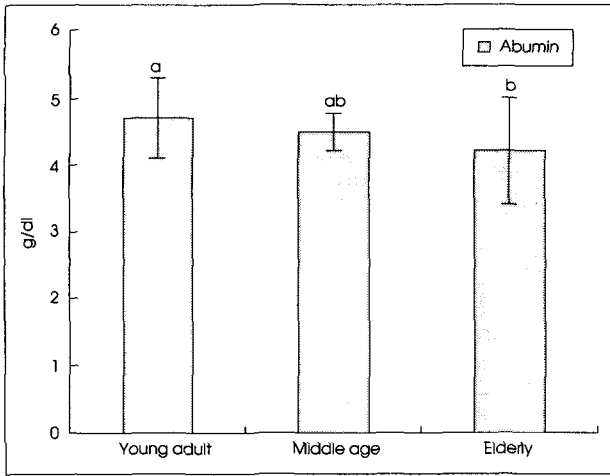


Fig. 2. Serum albumin concentrations in adults females according to life cycle.

분석 방법의 차이도 본 연구 결과에 중요한 요인으로 작용할 것으로 보인다.

Fig. 2에는 각 연령대별 평균 혈청 albumin 수준이 제시되었다. 단백질 영양상태를 나타내는 혈청의 평균 albumin 수준은 젊은 성인기에서 노년기로 갈수록 저하되었으나 세 집단 모두 3.5 g/dl 보다 높아 정상 수준을 나타내었다.

4. 혈청 selenium 수준과 albumin 수준 및 영양소 섭취와의 관계

Table 8과 9에는 각 연령별로 혈청 셀레늄 수준과 albumin 수준, 영양소 섭취수준과의 관련성을 상관계수로 나타내었다. 혈청 셀레늄 수준은 중년기를 제외한 젊은 성인기와 노년기에서 혈청 albumin 수준과 각각 양의 상관관계를 보여 ($p < 0.05$), 단백질 영양상태가 양호할수록 체내 셀레늄 수준이 증가할 수 있음을 보였다. 이러한 결과는 영국 노인에서 혈청 셀레늄과 albumin 수준 사이에 높은 상관성을 제시한 Bates 등의²¹⁾ 결과와 일치한다. Zhu 등의³⁹⁾ 동물실험 연구에서 단백질 부족은 셀레늄 영양이 부족한 쥐의 GSHpx 이용이나 GSHpx 합성의 변화 및 체내 장기간의 셀레늄 분포의 변화가 나타남을 보고하여 단백질 대사는 셀레늄 대사에 변화를 초래할 수 있음을 보였다. 한편 Bates 등에²¹⁾ 의하면 영양상태가 좋고 신체적으로 건강한 노인의 경우 쇠약하고 영양상태가 불량한 노인에서보다 혈장 셀레늄 수준이 높았다. 혈청 albumin 수준은 일반적으로 최근 1개월 동안의 단백질 영양상태를 나타내기 때문에 본 연구 결과는 혈청 셀레늄 수준에 대한 단백질 영양상태의 중요성을 시사한다.

영양소 섭취와의 관계를 보면 혈청 셀레늄 수준은 젊은 성인기에서는 단백질, 인의 섭취량과 양의 상관성을 ($p < 0.05$),

Table 8. Correlation coefficients between serum selenium levels and albumin levels, nutrient intakes according to life cycle

Variables	Young adult	Middle-aged	Elderly
Albumin	0.446*	0.411	0.309*
Energy	0.328	0.131	-0.061
Protein	0.376*	0.267	-0.047
Fat	0.191	0.047	0.125
Carbohydrate	0.235	0.107	-0.144
Fiber	-0.176	0.377	-0.329*
Ca	0.127	0.558*	-0.089
P	0.446*	0.425	-0.087
Fe	0.350	0.364	-0.234
Na	0.223	0.074	0.005
K	0.071	0.531*	-0.199
Vit. A	0.086	0.143	-0.110
Vit. B ₁	0.196	0.079	-0.031
Vit. B ₂	0.336	0.231	-0.018
Niacin	0.077	0.124	0.052
Vit. C	0.144	0.202	-0.325*
Cholesterol	0.243	0.260	0.022

* : Significant at $p < 0.05$

Table 9. Correlation coefficients between serum selenium levels and nutrient intake from vegetable and animal foods by life cycle

Variables	Young adult	Middle-aged	Elderly
Animal protein	0.312	0.238	0.110
Vegetable protein	0.148	0.207	-0.190
Animal fat	-0.002	-0.062	0.173
Vegetable fat	0.301	0.096	0.027
Animal Ca	0.023	0.347	0.041
Vegetable Ca	0.079	0.462*	-0.244
Animal Fe	0.193	0.176	-0.074
Vegetable Fe	0.226	0.314	-0.286

* : Significant at $p < 0.05$

중년기의 경우 칼슘, 칼륨 및 식물성 칼슘의 섭취량과 양의 상관성을 나타내었다 ($p < 0.05$). 반면에 노년기의 경우 혈청 셀레늄 수준은 비타민 C와 식이 섬유질 섭취와 음의 상관성을 나타내었으며 ($p < 0.05$), 다른 영양소와는 전혀 관련성을 보이지 않았다.

혈청 셀레늄 수준에는 다양한 식이 인자가 영향을 줄 수 있음은 잘 알려져 있다. 무엇보다 식이로의 셀레늄 섭취는 조직이나 혈액의 셀레늄 수준과 GSHpx 같은 selenoprotein 수준에 직접적으로 영향주지만,^{1,40)} 본 연구에서는 한국식품의 셀레늄 database가 아직 완전하지 않아, 셀레늄 섭취와의 비교 해석은 불가능하다. 한편 methionine 섭취는 체내 셀레늄의 selenoprotein으로 전환을 도와주며,¹⁹⁾ 맥주효모나 생선의 빈번한 섭취는 셀레늄 섭취량과 혈청 셀

레늄 수준을 높이며,^{30,41)} methionine을 함유한 단백질이나, Zn, Ca, vitamin E 섭취량도 셀레늄 수준에 영향을 준다.^{2,19,21)} Bergmann 등은²⁰⁾ 중년여성을 대상으로 육류나 생선을 자주 섭취하거나, 탄수화물과 식이 섬유를 적게 섭취하는 경우 혈청 셀레늄 수준이 높았다고 보고하였다. 이러한 선행 연구들에 의하면 본 연구에서 나타난 영양소 섭취량과 혈청 셀레늄 증가와의 관련성은 단백질이나 Ca이 많은 동물성 식품의 섭취나 무기질의 섭취는 혈청 셀레늄을 증가시키는 것을 시사한다고 하겠다. 나아가 주로 과일이나 채소와 같은 섬유소가 많은 식품에 주로 함유된 비타민 C와 식이 섬유질 섭취가 이 두 영양소를 권장량보다 훨씬 상회하여 섭취하는 노인여성들에서 혈청 셀레늄 수준과 역의 상관성을 보인 점도 Bergmann 등²⁰⁾의 결과와 유사한 결과이다. 결과적으로 본 결과는 식이 섬유가 많은 식물성 식품 위주의 식사는 노인의 혈청 셀레늄 수준에 불리한 영향을 줄 수 있음을 시사한다.

5. 혈중 selenium 수준의 변이 설명인자

위에서 영양소 섭취량, 단백질 영양상태 및 혈청 셀레늄 수준과의 상관관계는 연령층에 따라 매우 차이를 보여 나이가 중요한 변수임을 보였다. 그리하여 본 연구에서는 혈청 셀레늄 수준에 영향 주는 독립변수를 찾고자 나이, 혈청 albumin 수준, 영양소 섭취량을 독립변수로, 혈청 셀레늄 수준을 종속변수로 한 stepwise regression 분석을 실시하여 그 결과를 Table 10에 제시하였다. 혈청 셀레늄 수준의 변이의 26.9%는 나이와 혈청 albumin 농도에 의해 설명할 수 있었다. 이런 결과는 이미 선행 연구들에서 보고된 바와 같이³²⁻³⁵⁾ 체내 셀레늄 수준은 나이에 의해 우선적으로 감소한다는 것을 나타낸다. 나이증가에 따른 지방 과산화물의 증가는^{5,6)} 산화스트레스 방어인자인 셀레늄의 소모를 유도하여 체내 셀레늄 수준을 저하시키고, 이는 노화과정의 촉진과 동맥경화증, 암의 발생 증가, 가령에 따른 갑상선 호르몬 조절의 감소¹¹⁾ 등 만성적 질병 발생을 유도할 것으로 제시되고 있다.^{3,4,17,42)} 또한 본 연구 결과는 혈청 albumin 수준이 혈청 셀레늄 수준에 직접적인 영향을 줄 수 있음을 보여, 장기적으로 단백질을 포함한 일반적인 영양

상태가 좋은 경우 체내 셀레늄 수준도 좋아질 것으로 나타났다. 그러나 영양소 섭취량은 혈청 셀레늄 수준에 대해 독립적인 영향을 나타내지 않았다. 이는 본 연구에서 셀레늄 영양상태에서 가장 중요한 셀레늄 섭취 효과에 대한 측면을 고려할 수 없으며, 또한 이미 상기에 제시된 바와 같이 생애주기 변화에 따라 영양소 섭취가 변화하여 혈청 셀레늄 수준에 나이 변화를 통해 간접적인 영향을 주는 것으로 시사된다. 따라서 나이증가에 따른 체내 셀레늄 수준의 저하를 억제하기 위해 셀레늄 섭취 증가 및 단백질 영양상태의 향상이 특히 필요할 것으로 보이며 이에 대해 광범위한 연구가 필요하다.

요약 및 결론

본 연구는 성인 여성의 생애주기별 변화를 살펴보기 위해 젊은 성인기, 중년기, 노년기의 혈청 셀레늄 수준을 측정 비교하여 셀레늄 영양상태의 차이를 평가하고, 셀레늄 영양상태에 영향주는 인자로 나이, albumin, 영양소 섭취와의 관계를 평가하였다. 혈청 셀레늄 분석에는 비파괴적 분석이 가능하며 오염위험이 적고 극미량 분석이 가능한 NAA 방법을 사용하였다.

성인 여성의 평균 혈청 셀레늄 수준은 10.3 µg/dl으로 정상수준에 속했으나 셀레늄 영양이 결핍된 비율은 9.4%이었다. 성인 여성의 혈청 셀레늄 수준은 나이 증가에 따라 감소하여 젊은 성인기에 비해 중년기, 노년기에 유의적으로 낮았으며, 특히 노년기에 결핍된 경우가 많았다. 혈청 셀레늄 수준은 나이에 따라 식이의 영양소 섭취에 달리 영향 받았다. 젊은 성인기에는 단백질과 인, 중년기에는 칼슘과 칼륨 섭취량과 양의 상관성을 보인 반면, 노년기에는 비타민 C와 식이 섬유 섭취와 음의 상관성을 보였다 (p < 0.05) 혈청 셀레늄 수준은 젊은 성인기, 노년기에 혈청 albumin 수준과 양의 상관성을 보였다 (p < 0.05). 영양소 섭취와 단백질 영양상태를 종속변수로 하여 stepwise regression 분석을 실시하였을 때 혈청 셀레늄 변이의 26.9%는 혈청 albumin과 나이에 의해 설명할 수 있었다.

Table 10. Predictors for the serum selenium level in adult females

Dependent Variable	Independent Variables	b	SE (b)	t-test	p-value	Beta	Beta × r × 100
Serum selenium	Intercept	5.9462	2.2908	2.591	0.0112		
	Age	-0.0436	0.0154	-2.833	0.0057	-0.2763	12.2
	Albumin	1.4973	0.4321	3.465	0.0008	0.3380	14.7
						R ² of model (%) = 26.9	
						Adjusted R ² (%) = 24.3	

r = Pearson correlation coefficient

결론적으로 셀레늄 영양상태는 나이 증가에 따라 저하하여, 셀레늄 결핍비율이 노년기에 특히 높았다. 셀레늄 영양상태는 영양소 섭취와 관련성을 보이거나 이러한 관련성은 나이변화에 따른 간접적인 영향이며, 단백질영양상태에 의해 직접적으로 영향받는다. 나아가 노년기에 식이 섬유가 많은 식물성 식품의 과다섭취는 혈청 셀레늄 수준에 불리한 영향을 줄 것으로 보인다.

Literature cited

- 1) Yang G, Yin S, Zhou R, Gu L, Yan B, Liu Y, Liu Y. Studies of safe maximal daily dietary Se-intake in a seleniferous area in China. Part II: Relation between Se-intake and the manifestation of clinical signs and certain biochemical alterations in blood and urine. *J Trace Elem Electrolytes Health* 3 (3): 129-130, 1989
- 2) de Jong N, Gibson RS, Thomson CD, Ferguson EI, McKenzie JE, Green TJ, Horwath CC. Selenium and zinc status are suboptimal in a sample of older New Zealand women in a community-based study. *J Nutr* 131 (10): 2677-2684, 2001
- 3) Hughes K, Chuda LH, Ong CN. Serum selenium in the general population of Singapore, 1993 to 1995. *Ann Acad Med* 27 (4): 520-523, 1998
- 4) Perona G, Schiavon R, Guidi GC, Veneri D, Minuz P. Selenium dependent glutathione peroxidase regulatory system for platelet function. *Thromb Haemost* 64 (2): 312-318, 1990
- 5) Halliwell B, Gutteridge JM. Free radicals in biology and Medicine Oxford: Clarendon Press, 1985
- 6) Harman D. The ageing process. *Proc Natl Acad Sci USA* 78: 7124-7128, 1981
- 7) McKenzie RC, Arthur JR, Beckett GJ. Selenium and the regulation of cell signaling, growth, and survival: molecular and mechanistic aspects. *Antioxid Redox Signal* 4 (2): 339-351, 2002
- 8) Rayman MP, Rayman MP. The argument for increasing selenium intake. *Proc Nutr Soc* 61 (2): 203-215, 2002
- 9) Xu LQ, Sen WX, Xiong GH, Huang HM, Schramel P. Selenium in Kashin-beck disease areas. *Biol Trace Elem Res* 31 (1): 1-9, 1991
- 10) Kohrl J, Brigelius-Flohe R, Bock R, Gartner R, Meyer O, Flohe L. Selenium in biology: facts and medical perspectives. *Biol Chem* 381 (9-10): 849-864, 2000
- 11) Olivieri O, Girelli D, Azzini M, Stanzial AM, Russo C, Ferroni M, Corrocher R. Low selenium status in the elderly influences thyroid hormones. *Clin Sci (Lond)* 89 (6): 637-642, 1995
- 12) Varo P, Alfthan G, Ekholm P, Aro A, Koivisto P. Selenium intake and serum selenium in Finland: effects of soil fertilization with selenium. *Am J Clin Nutr* 48 (2): 324-329, 1988
- 13) Zhang ZW, Shimbo S, Qu JB, Watanabe T, Nakatsuka H, Matshuda-Inoguchi N, Higashikawa K, Ikeda M. Dietary selenium intake of Chinese adult women in the 1990s. *Biol Trace Elem Res* 80 (2): 125-138, 2001
- 14) Oh SH, Cho MY. Distribution of selenium contents in human blood and foods produced in Korea. *Kor J Nutr* 16 (3): 185-192, 1983
- 15) Lee-Kim YC, Chung EJ, Hwang J, Kim MK, Lee JH, Park T, Kim ST, Park KS. A study on serum concentrations of antioxidant minerals in normal Korean adults. *Kor J Nutr* 31 (3): 324-332, 1998
- 16) Choi MK. Relationship between serum levels of microminerals and lipids in Korean adults on self-selected diet. *Kor J Comm Nutr* 5 (2S): 289-296, 2000
- 17) Shin WS, Hong SI, Jung MR, Kim JH, Na HB. The study on concentration of serum selenium in patients with hepatoma. *Kor J Nutr* 24 (6): 506-515, 1991
- 18) Deagon JT, Butler JA, Zachara BA, Whanger PD. Determination of the distribution of selenium between glutathione peroxidase, selenoprotein P, and albumin in plasma. *Anal Biochem* 208: 176-181, 1993
- 19) Butler JA, Beilstein MA, Whanger PD. Influence of dietary methionine on the metabolism of selenomethionine in rats. *J Nutr* 119 (7): 1001-1009, 1989
- 20) Bergmann S, Neumeister V, Siekmeier R, Mix C, Wahrung U, Jaross W. Food supply abundant increase of serum selenium concentrations in middle-aged Dresden women between 1990 and 1996. DRECAN-Team Dresden Cardiovascular risk and Nutrition. *Toxicol Lett* 96-97: 181-187, 1998
- 21) Bates CJ, Thane CW, Prentice A, Delves HT. Selenium status and its correlates in a British national diet and nutrition survey: people age 65 years and over. *J Trace Elem Med Biol* 16 (1): 1-8, 2002
- 22) IAEA. Handbook on Nuclear Activation Analysis Data, IAEA Tec. Rep. No. 273, 1987
- 23) Behne D, Scheid S, Hilmert H, Gessner D, Gawlik D, Kyriakopoulos A. Combination of neutron activation analysis, tracer techniques, and biochemical methods in the investigation of selenium metabolism. in Nuclear analytical methods in the life sciences. 439-447 ed. Zeisler R and Guinen VP. Human Press Clifton, New Jersey, 1990
- 24) Tietz NW. Test book of clinical chemistry. WB Saunders Co, pp.1845, 1986
- 25) Burk RF. Selenium, an antioxidant nutrient. *Nutr Clin Care* 5 (2): 75-79, 2002
- 26) Kivela SL, Maenpaa P, Nissinen A, Alfthan G, Punsar S, Enlund H, Puska P. Vitamin A, vitamin E, and selenium status in an aged Finnish male population. *Int J Vitam Nutr Res* 59 (4): 373-380, 1989
- 27) Kvicala J, Zamrazil V, Cerovska J, Bednar J, Janda J. Evaluation of selenium supply and status of inhabitants in three selected rural and urban regions of Czech Republic. *Biol Trace Elem Res* 47 (1-3): 365-375, 1995
- 28) Brtkova A, Magalova T, Babinska K, Bederova A. Serum selenium levels in Slovak population. *Biol Trace Elem Res* 46 (1-2): 163-171, 1994
- 29) Korunova V, Skodova Z, Dedina J, Valenta Z, Parizek J, Pisa Z, Styblo M. Serum selenium in adult Czechoslovak (central Bohemia) population. *Biol Trace Elem Res* 37 (2-3): 91-99, 1993
- 30) Meissner D. Reference values for blood and serum selenium in the Dresden area. *Med Klin* 15 (92 suppl 3): 41-42, 1997
- 31) Matsuda A, Kimura M, Itokawa Y. Selenium level and glutathione peroxidase activity in plasma, erythrocytes and platelets

- of healthy Japanese volunteers. *J Nutr Sci Vitaminol* 43(5) : 497-504, 1997
- 32) Morley JE. Nutritional status of the elderly. *Am J Med* 81: 679-695, 1986
- 33) Erden-Inal M, Sunal E, Kanbak G. Age-related changes in the glutathione redox system. *Cell Biochem Funct* 20(1) : 61-66, 2002
- 34) Lang CA, Naryshkin S, Schneider DL, Mills BJ, Lindeman RD. Low blood glutathione levels in healthy aging adults. *J Lab Clin Med* 120(5) : 720-725, 1992
- 35) Monget AL, Galan P, Preziosi P, Keller H, Bourgeois C, Amaud J, Favier A, Hercberg S. Micronutrient status in elderly people Geriatric/Min Vit. Aux Network. *Int J Vitam Nutr Res* 66(1) : 71-76, 1996
- 36) Olivieri O, Stanzial AM, Girelli O, Trevisan MT, Guarini P, Terzi M, Caffi S, Fontana F, Casaril M, Ferrari S. Selenium status, fatty acids, vitamin A and E, and aging: the Nove Study. *Am J Clin Nutr* 60(4) : 510-517, 1994
- 37) Ekmekcioglu C. The role of trace elements for the health of elderly individuals. *Nahrung* 45(5) : 309-316, 2001
- 38) Campbell D, Bunker VW, Thomas AJ, Clayton BE. Selenium and vitamin E status of healthy and institutionalized elderly subjects: analysis of plasma, erythrocytes and platelets. *Br J Nutr* 62(1) : 221-227, 1989
- 39) Zhu Z, Kimura M, Itokawa Y. Effect of selenium and protein deficiency on selenium and glutathione peroxidase in rats. *Biol Trace Elem Res* 36(1) : 15-23, 1993
- 40) Swanson CA, Longnecker MP, Veillon C, Howe M, Levander OA, Tazlor pR, McAdam PA, Brown CC, Stampfer MJ, Willet WC. Selenium intake, age, gender and smoking in relation to indices of selenium status of adults residing in a seleniferous area. *Am J Clin Nutr* 52(5) : 858-862, 1990
- 41) Hagmar L, Persson-Moschos M, Akesson B, Schutz A. Plasma levels of selenium, selenoprotein P and glutathione peroxidase and their correlations to fish intake and serum levels of thyrotropin and thyroid hormones: a study on Latvian consumers. *Eur J Clin Nutr* 52(11) : 796-800, 1998
- 42) Liu W, Boylan LM. Alterations in plasma total and high density lipoprotein cholesterol levels in hyperlipidemic rats fed diets with varied content of selenium and vitamin E. *Biol Trace Elem Res* 42(1) : 9-16, 1994