

우리나라 일부 영아의 혈액 셀레늄과 Glutathione Peroxidase 효소 활성화에 관한 연구*

김현하¹ · 양혜란² · 김혜영A^{1§}

용인대학교 식품영양학과,¹ 분당서울대학교병원 소아청소년과²

Selenium Status and Glutathione Peroxidase Activity in Korean Infants*

Kim, Hyun-Ha¹ · Yang, Hye-Ran² · Kim, Hye-Young P.^{1§}

¹Department of Food and Nutrition, Yongin University, Yongin 449-714, Korea

²Department of Pediatrics, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam 463-707, Korea

ABSTRACT

We investigated the selenium (Se) nutrition status in Korean infants. The mean serum Se concentration in infants was 66.9 µg/L, and it increased with increasing in infant age: 57.6 µg/L at 0–5 months, 71.8 µg/L at 6–11 months, and 75.5 µg/L at 12–24 months. Serum glutathione peroxidase (GPx) activity also increased with infant age. Serum Se concentration in infants was positively correlated with serum GPx activity ($r = 0.565$, $p < 0.01$). At 0–5 months, human milk-fed infants tended to have higher Se concentrations and GPx activity than those of formula-fed infants, but the result was not significant. With the introduction of supplemental feeding at 6–24 months of age, serum Se concentration was not different between the groups. Therefore, human milk feeding seemed to be more appropriate for infant Se nutrition than infant formula feeding during the first 6 months of life, but supplemental feeding became more important later to maintain good Se nutrition status. (*Korean J Nutr* 2011; 44(2): 112 ~ 118)

KEY WORDS: infant, selenium, glutathione peroxidase, human milk, formula.

서론

미량 무기질인 셀레늄은 glutathione peroxidase (GPx) 효소의 필수 구성 성분으로 체내 항산화 작용에 중요한 역할을 하는 필수 영양소이다. 셀레늄은 혈소판 응집을 감소시켜서 심혈관 질환을 방어하는 역할을 하고 체내 면역세포의 활성을 증가시킨다.¹⁾ 또한 셀레늄은 갑상선 호르몬을 활성화하고 간 독성 제거 기전을 정상화하는 데에도 관여한다.²⁻⁴⁾

셀레늄 결핍으로 인한 풍토성 심장근육질환으로 케산병(Keshan disease)을 들 수 있는데, 이는 유아와 가임기 여성들에게서 주로 나타나며 급성인 경우 갑작스런 심장 기능의 약화, 만성인 경우에는 심장비대와 더불어 다양한 심장기

능의 이상을 초래한다.⁵⁾ 셀레늄 부족으로 인한 또 다른 질환인 케신백 질병(Kashin-Beck disease)은 사춘기의 풍토성 골관절염으로 연골세포가 괴사해서 관절이 변형되는 질병이다.⁶⁾ 셀레늄이 부족한 정맥영양(TPN)을 장기간 공급한 어린이 환자에서 근육의 피로, 대적혈구증, 피부 색소결핍증 등이 보고되었다.⁷⁾ 또한 성인의 경우 혈액 셀레늄의 감소는 몇몇 암 특히 전립선암의 증가와 관련이 있다는 보고도 있다.^{8,9)}

영아의 경우 혈청 셀레늄 농도는 성인보다 낮은 것으로 알려져 있다. 소아의 혈청 셀레늄 농도는 나이에 따라 변화하는데, 생후 첫 4개월동안 그 상태를 유지하다가 그 이후 서서히 증가해서 20세 전후에 최고치에 도달한다.¹⁰⁾ 셀레늄 영양상태의 평가와 관련하여 국내에서는 성인을 대상으로 혈청 셀레늄을 분석한 연구들이 여러 편 발표되었으나,¹¹⁾ 아직 영아의 혈청 셀레늄을 분석해서 보고한 연구는 없는 실정이다.

셀레늄 영양상태의 기능성 지표인 glutathione peroxidase (GPx)는 체내에서 생성된 과산화수소를 분해함으로써 세포가 손상되지 않도록 보호하는 항산화 기능을 하는 효소이다.¹²⁾ 셀레늄이 결핍된 식이를 섭취하면 혈장 셀레늄의 감소와 함께 혈장의 GPx의 활성화도 감소하고, 셀레늄을 보충하

접수일: 2011년 1월 28일 / 수정일: 2011년 3월 19일
채택일: 2011년 3월 23일

*This research was supported by National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (531-2008-1-C00077).

§To whom correspondence should be addressed.
E-mail: hypkim@yongin.ac.kr

면 혈장 셀레늄의 증가와 함께 GPx의 활성도 같이 증가하게 된다. 셀레늄을 계속 보충하게 되면 혈장 셀레늄은 계속 증가하지만 GPx의 효소 활성은 더 이상 증가하지 않는 최대치에 도달하게 되므로 이 효소의 활성 정도를 통해 사람의 셀레늄 영양상태를 평가할 수 있다. 일반적으로 인체에 필요한 셀레늄의 영양섭취기준을 정할 때에는 셀레늄이 부족한 사람들에게 셀레늄을 보충해서 혈액 셀레늄 농도는 계속 증가하더라도 혈장 GPx의 수치가 최대치가 되는 시작점의 셀레늄의 섭취량을 셀레늄의 평균 필요량으로 정하고 있다.¹³⁾

우리나라 영아의 모유수유율은 시대에 따라 많은 변화를 거듭하였다. 1970년대의 모유 수유율은 도시 지역은 약 50%, 농촌 지역은 82.3%이었으나, 모유 수유의 비율은 이후 계속 감소하여 1994년에는 전국의 보건소에 등록된 영유아의 경우 25.0%가 모유수유를 한다고 보고되었다.¹⁴⁾ 최근 들어서는 모유수유율이 1990년대보다 다시 현저히 증가하여 국민영양건강조사 (2008)에 자료에 의하면 생후 1개월에는 59.9%, 생후 6개월에는 50.2%가 모유수유를 하는 것으로 보고되었다.¹⁵⁾ 한편 2008년 국민건강영양조사에서 조제유를 먹는 영아의 비율은 생후 1개월에 13.6%에서 생후 6개월에 39.3%로 증가하여서 월령이 증가함에 따라 조제유에 의존하는 영아의 비율은 증가하는 경향이고, 영아에게 이유 보충식을 시작하는 시기는 평균 6.6개월인 것으로 보고되었다.

세계 여러 지역의 모유 셀레늄 농도는 지역에 따라서 편차가 커서 2.6~283 µg/L로 다양하고, 중앙치가 약 17 µg/L로 알려져 있다.¹⁶⁾ 우리나라 모유에 들어있는 셀레늄 농도는 9~12 µg/L으로 스웨덴 (9~12 µg/L), 핀란드 (9~11 µg/L) 등의 모유 셀레늄 농도와 비슷하고, 미국 (13~28 µg/L), 일본 (18 µg/L)보다는 낮은 편이며, 중국의 저셀레늄 지역 (3 µg/L)보다는 높은 정도이다.¹⁷⁻¹⁹⁾ 우리나라는 모유의 셀레늄 농도에 영아의 하루 모유 섭취량인 750 mL를 도입하여 영아의 셀레늄 충분섭취량을 8.5 µg으로 정하고 있다.¹¹⁾ 한 편 우리나라의 경우 최근까지 조제분유에 무기셀레늄을 식품첨가물로 첨가하는 것이 법으로 금지되어있어서 국내에서 유통되는 조제분유에는 평균적으로 국제 최소 규격 (1 µg/100 kcal) 이하인 0.6 µg/100 kcal의 셀레늄이 들어있는 것으로 보고되었다.²⁰⁾ 따라서 조제유를 섭취하는 영아가 에너지 섭취기준인 550 kcal를 섭취한다면 3.3 µg 정도의 셀레늄 밖에 섭취를 못하므로 영아에게 필요한 셀레늄 섭취량을 충분히 섭취하지 못할 가능성이 있는 것으로 사료된다.

셀레늄은 영아에게 부족하기 쉬운 영양소이나 아직 우리나라에서는 모유의 셀레늄 농도에 대한 연구 보고는 있으나, 실제 영유아의 혈액 셀레늄 상태에 관한 연구 보고는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 일부 영아들의 혈

액 셀레늄 영양 상태를 살펴보고자 0~24개월 영아의 혈액을 수집하여 혈청 셀레늄을 분석하고, 셀레늄의 기능성 지표인 GPx 활성도를 측정하여서 혈청 셀레늄과 GPx 활성도 사이의 상관관계를 살펴보고자 하였다. 또한, 생애 첫 6개월간 모유를 섭취한 영아와 조제유를 섭취한 영아의 셀레늄 영양 상태와 이유식을 섭취한 이후의 영아의 혈청 셀레늄을 비교 분석하여 영아가 적절한 셀레늄 영양 상태를 유지하는 데 도움이 되는 기초자료를 제공하고자 하였다.

연구 방법

조사대상 및 기간

본 연구는 2009년 1월 5일부터 7월 30일까지 분당서울대 병원 소아청소년과 외래를 방문한 0~24개월 영아를 대상으로 하였다. 영아의 보호자에게 본 연구의 목적과 방법을 설명하고, selenium이 포함된 영양제를 복용하거나 영양 상태에 영향을 미치는 질병이 있는 경우와 보호자의 동의를 얻을 수 없는 경우에는 연구대상에서 제외하였다. 본 연구는 분당서울대병원 IRB위원회의 인체 연구에 대한 심의를 통과하였고, 영아의 혈액 채취와 수유 방법에 대한 설문조사를 모두 마친 43명의 조사 결과를 분석에 사용하였다.

조사내용 및 방법

본 연구의 참가에 동의한 대상자는 병원 채혈실에서 2 mL의 혈액을 채취하여 3,600 rpm에서 15분간 원심분리 후 분리된 신선한 혈청의 일부를 셀레늄 측정에 사용하였다. 혈청 셀레늄은 hydride generator가 장착된 atomic absorption spectrophotometer (AAS, Perkin Elmer AA-800)로 분석하였다.

원심분리한 혈청의 일부는 별도로 -30°C freezer에 보관하였다가 효소 활성 측정에 사용하였다. 혈청 glutathione peroxidase (GPx) 효소의 활성도는 Paglia와 Valentine의 방법²¹⁾을 변형하여 분석하였다. 혈청 50 µg를 취하여 석영 cell에 넣고 phosphate buffer 950 µg와 섞어 37°C에서 10분간 incubation하였다. 그 다음 12 µg NADPH (β-nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, reduced form, sigma n-7505)를 넣어 섞고 2분간 방치한 뒤, 10 µg의 H₂O₂를 넣고 섞은 후 spectrophotometer (HP8452)의 enzyme kinetics를 이용하여 340 nm에서 비색정량 하였다. 1분간 1 mL 용액에서 1 µmol의 NADPH가 산화되는 정도를 GPx 1 Unit으로 계산하였다.

영아의 일반사항과 영아기 월령별 수유 방법은 일대일 직접 면담에 의해 조사하였다.

통계처리

본 연구의 분석결과는 SPSS version 11.0 program을 이용하여 영아의 그룹별 평균과 표준 편차를 계산하였다. 그룹 간의 유의성 판정은 $p < 0.05$ 수준에서 independent t-test 또는 analysis of variance test로 하였다. 혈청 셀레늄과 GPx 활성도의 상관관계는 pearson's correlation coefficient로 확인하였다.

결 과

조사대상자의 일반사항

영아의 일반적 특징은 Table 1와 같다. 연구에 참여한 영아 중 남아는 19명으로 44.2%이고, 여아는 24명으로 55.8%이었다. 생애 첫 6개월간의 수유 방법에 따라서는 모유 섭취자가 22명 (51.2%), 조제유 섭취자가 21명 (48.8%)이었다. 월령별로는 0~5개월 18명, 6~11개월 11명, 12~24개월 14명이었고, 영아의 평균 월령은 9.84개월이었다. 조사대상 영아의 출생 시 평균 키와 체중은 각각 48.93 ± 3.4 cm와 2.98 ± 0.63 kg로 우리나라 영아의 표준 키 50.5 cm와 체중 3.35 kg에 비해 약간 적었다.²²⁾ 영아의 월령이 증가함에 따라 키와 체중도 같이 증가하는 것으로 나타나서, 현재의 평균 키는 0~5개월 영아가 64.0 ± 6.4 cm, 6~11개월은 71.6 ± 5.6 cm, 12~24개월은 81.0 ± 4.3 cm이었고, 평균 체중은 0~5개월 영아가 7.11 ± 1.57 kg, 7~11개월은 9.29 ± 1.87 kg, 12~24개월은 10.14 ± 0.80 kg이었다.

모체의 현재 평균 나이는 31.7 ± 3.7 세였고, 평균 키와 체중은 각각 162.7 ± 5.0 cm와 57.3 ± 7.8 kg이었다. 재태기간은 평균 38.0 ± 2.8 주였다. 모체의 교육정도는 대학교 졸업 이상의 비율이 76.2%로 고등학교 졸업의 23.8%보다 높았다. 모체의 직장 여부에 대해서는 설문응답자의 78.6%가 가정주부로 답하였으며, 종일제 직업은 16.7%, 시간제 직업 4.8%였다. 출산경험에 대한 문항에서는 첫 번째 출산이 59.5%이었고, 두 번째 출산은 38.1%, 세 번째 출산은 2.4%이었다. 자연분만은 52.4%, 수술에 의해 출산은 42.9%, 자연분만과 수술을 병행한 경우는 4.8%이었다. 영유아의 이유보충식을 시작한 연령은 4~6개월이 17명 (47.2%), 7~9개월이 18명 (50.0%), 10개월 이후가 1명 (2.8%)인 것으로 조사되었다.

영아의 혈청 셀레늄 농도와 glutathione peroxidase (GPx) 효소 활성도

영아의 혈청 셀레늄 농도와 GPx 효소 활성도는 Table 2에 제시하였다. 영아의 셀레늄 농도는 0~5개월령이 57.6 ± 17.0 µg/L, 6~11개월령이 71.8 ± 19.1 µg/L, 12~24개월령은 75.5 ± 17.4 µg/L으로 월령이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. 영아의 혈청 GPx 효소 활성도도 혈청 셀레늄의 농도와 마찬가지로 월령이 높아짐에 따라 증가하여서 0~5개월령은 143.9 ± 30.7 U/L, 6~11개월령은 166.4 ± 38.9 U/L, 12~24개월령은 176.6 ± 27.6 U/L으로 월령에 따라 효소 활성도가 유의적으로 증가하였다. 영아의 혈청 셀레늄 농도와 GPx 효소 활성도 사이의 상관관계를 살펴본 결과 유

Table 1. General characteristics of the infant

	Age of the infant (month)			Total (n = 43)
	0-5 (n = 18)	6-11 (n = 11)	12-24 (n = 14)	
Male	8 (44.4) ¹⁾	6 (54.5)	5 (35.7)	19 (44.2)
Female	10 (55.6)	5 (45.5)	9 (64.3)	24 (55.8)
Human milk	12 (66.7)	5 (45.5)	5 (35.7)	22 (51.2)
Formula	6 (33.3)	6 (54.5)	9 (64.3)	21 (48.8)
Age (months)	$4.06 \pm 1.43^{2)3)a}$	9.36 ± 1.91^b	17.64 ± 2.79^c	9.84 ± 6.23
Birth height (cm)	49.39 ± 2.96	49.0 ± 3.27	48.35 ± 4.06	48.93 ± 3.40
Birth weight (kg)	3.05 ± 0.59	2.93 ± 0.79	2.91 ± 0.57	2.98 ± 0.63
Current height (cm)	64.0 ± 6.4^a	71.6 ± 5.6^b	81.0 ± 4.3^c	71.9 ± 9.2
Current weight (kg)	7.11 ± 1.57^a	9.29 ± 1.87^b	10.14 ± 0.80^b	8.73 ± 1.96

1) number (%) 2) Mean \pm SD 3) in each column not sharing a common superscript differ by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

Table 2. Serum selenium concentration and glutathione peroxidase activities of the infant

	Age of the infant (month)			Total
	0-5	6-11	12-24	
Selenium (µg/L)	$57.6 \pm 17.0^{1)2)a}$	71.8 ± 19.1^{ab}	75.5 ± 17.4^b	66.9 ± 19.0
Glutathione peroxidase (U/L)	143.9 ± 30.7^a	166.4 ± 38.9^{ab}	176.6 ± 27.6^b	160.4 ± 34.6

1) Mean \pm SD 2) in each column not sharing a common superscript differ by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

의적인 양의 상관관계 ($r = 0.565$, $p < 0.01$)를 보였다 (Fig. 1).

생후 6개월 동안의 수유방법에 따른 혈청 셀레늄 농도와 GPx 효소 활성도

생후 첫 6개월 동안의 수유 방법에 따라 영아를 모유 섭취아 또는 조제유 섭취아로 나누고, 모유 섭취 여부에 따른 혈청 셀레늄 농도를 Table 3에 나타내었다. 0~5개월령 영아에서 모유 섭취 영아와 조제유 섭취 영아의 혈청 셀레늄 농도는 각각 $63.0 \pm 6.4 \mu\text{g/L}$ 와 $50.0 \pm 24.7 \mu\text{g/L}$ 로 모유 섭취 영아의 혈청 셀레늄 농도가 조제유 섭취아보다 높은 경향이 있었으나 그룹 간의 유의차는 없었다. 6~11개월령의 영아에서는 생애 초기에 모유를 섭취한 영아와 조제유를 섭취한 영아의 셀레늄 농도가 각각 $64.8 \pm 11.4 \mu\text{g/L}$ 와 $80.5 \pm 24.8 \mu\text{g/L}$ 로 0~5개월령보다 조제유 섭취 영아의 혈청 셀레늄 농도가 높아진 경향이 있었으나, 두 군간의 셀레늄 농도의 유의차

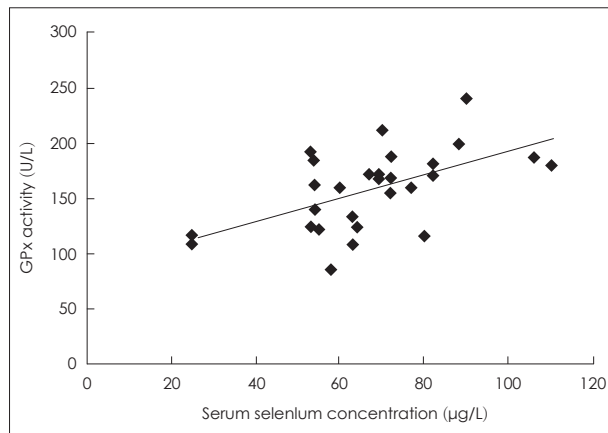


Fig. 1. Relationship between serum selenium concentration and glutathione peroxidase activity of infants ($r = 0.565$, $p < 0.01$).

는 나타나지 않았다. 생후 12~24개월령의 영아에서도 생후 초기에 모유를 섭취한 영아와 조제유를 섭취한 영아의 셀레늄 농도는 각각 $68.0 \pm 19.8 \mu\text{g/L}$ 과 $78.0 \pm 17.8 \mu\text{g/L}$ 로 두 군 간에 유의차가 나타나지 않았다. 각 연령층에서 두 군 간의 셀레늄 농도에 유의차가 나타나지 않은 것은 각 군당 조사 대상자의 수가 적었던 것도 영향을 준 것 같다.

생애 초기 6개월 동안 모유섭취 또는 조제유 섭취에 따른 혈청 GPx의 활성은 Table 4에 나타내었다. 0~5개월령 영아의 경우 모유 섭취 영아와 조제유 섭취 영아의 GPx활성은 각각 $150.3 \pm 28.9 \text{ U/L}$ 과 $131.0 \pm 32.7 \text{ U/L}$ 로 모유 섭취 영아의 GPx 활성이 조제유 섭취 영아보다 높은 경향이 있었으나 유의차는 없었다. 6~11개월령 영아의 경우 생애 초기에 조제유를 섭취한 영아 ($187.6 \pm 39.0 \text{ U/L}$)가 모유를 섭취한 영아 ($141.7 \pm 28.1 \text{ U/L}$)보다 GPx 활성이 유의적으로 높은 것으로 분석되었다. 12~24개월령의 영아에서는 6~11개월령 영아에서처럼 조제유 섭취 영아가 모유 섭취 영아보다 GPx 활성도가 높은 경향이 있었으나 유의차는 나타나지 않았다. 영아의 월령과 수유방법은 interaction effect를 보여서 0~5개월령에서는 모유 섭취 영아의 GPx 활성이 더 높았으나, 이유보충이 공급된 6개월령 이후에는 조제유섭취 영아의 효소 활성도가 급격히 증가한 것으로 나타났다.

고 찰

혈청 셀레늄 농도의 변화에는 여러 인자들이 관여한다. 단기적인 영향으로는 식품의 질과 섭취량이 관여하고, 장기적인 영향으로는 나이, 성별, 인종 등이 영향을 미친다. 혈청 셀

Table 3. Serum selenium concentration ($\mu\text{g/L}$) by feeding method during first 6 months

Feeding method during 6 months	Age of the baby (month)			2-way ANOVA ²⁾ F value (P)
	0-5	6-11	12-24	
Human milk	$63.0 \pm 6.4^{1)}$ (n = 7)	64.8 ± 11.4 (n = 5)	68.0 ± 19.8 (n = 5)	Time 2.843 (0.079)
Formula	$50.0 \pm 24.7^{\text{NS3)}$ (n = 5)	$80.5 \pm 24.8^{\text{NS3)}$ (n = 4)	$78.0 \pm 17.8^{\text{NS3)}$ (n = 6)	Method 0.362 (0.553) A*M 1.914 (0.170)

1) Mean \pm SD 2) Result of two-way ANOVA by age and feeding method. A: effect of age, M: effect of feeding method, A*M: interaction of age and feeding method 3) NS: not significantly different by independent t-test between human milk and formula feeding group at same age group

Table 4. Serum glutathione peroxidase activity (U/L) by feeding method during first 6 months

Feeding method during 6 months	Age of the infant (month)			2-way ANOVA ²⁾ F value (p value)
	0-5	6-11	12-24	
Human milk	$150.3 \pm 28.9^{1)}$ (n = 12)	141.7 ± 28.1 (n = 5)	167.5 ± 35.8 (n = 5)	A 4.716 (0.015) M 1.929 (0.173)
Formula	$131.0 \pm 32.7^{\text{NS3)}$ (n = 6)	$187.6 \pm 39.0^{*4)}$ (n = 6)	$181.7 \pm 22.7^{\text{NS3)}$ (n = 9)	A*M 3.754 (0.033)

1) Mean \pm SD 2) Result of two-way ANOVA by age and feeding method. A: effect of age, M: effect of feeding method, A*M: interaction of age and feeding method 3) NS: not significantly different by independent t-test between human milk and formula feeding group at same age group 4) $p < 0.05$ between human milk and formula feeding groups at 6-11 months

셀레늄의 농도는 또한 각 지역의 농작물과 물의 셀레늄 함량의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 셀레늄 결핍이 발생할 가능성이 높은 사람들은 정맥영양을 받는 환자, 만성 흡수불량이 있는 사람, 암 관련 환자들을 들 수 있는데 소아의 경우 셀레늄 저장고가 작아서 결핍의 위험이 더 크다고 하겠다.²³⁾

소아의 혈청 셀레늄 농도는 지역에 따라 다르게 보고되는데, 대체로 연령이 증가하면 증가하는 것으로 나타나고 있다. 소아의 혈청 셀레늄의 참고치를 제시하기 위해 조사된 캐나다의 연구에서는 신생아의 경우 73.8 µg/L, 1~5세는 116.9 µg/L, 6~9세는 128.5 µg/L, 10세 이후에는 140.8 µg/L의 평균 혈청 셀레늄을 지니는 것으로 보고하여서 연령의 증가에 따라 셀레늄 농도가 증가함을 보여주었다.²⁴⁾ 한편, 독일에서 소아의 혈청 셀레늄 기준치를 제시하기 위해 조사된 연구에서는 0~1개월령 영아가 49.2 µg/L, 1~4개월령 영아는 33.8 µg/L, 4~12개월령 영아는 47.7 µg/L의 혈청 셀레늄 농도를 보여서 4개월령까지 영아의 셀레늄 농도가 감소하다가 그 이후에 증가한다고 보고하였다.²³⁾ 독일 소아를 대상으로 한 같은 연구에서 1~5세 소아는 69.2 µg/L, 5~18세의 소아 76.2 µg/L의 혈청 셀레늄 농도를 지니고 있어서 셀레늄 농도가 연령 증가에 따라 증가한다는 것은 캐나다의 연구 결과와 같지만 지역에 따라 같은 연령일지라도 혈청 셀레늄 농도는 차이가 큰 것으로 나타났다. 독일의 연구에서 영아의 혈청 셀레늄 농도가 4개월 이후에 현저히 증가한 이유는 4개월 이후에 이유보충식의 도입으로 인해 전곡, 달걀, 육류 등 셀레늄이 풍부한 식품이 많이 공급되었기 때문으로 설명하였다.

본 연구 대상 영아의 평균 혈청 셀레늄은 0~5개월이 57.6 µg/L, 6~11개월이 71.8 µg/L, 1~2세는 75.5 µg/L으로 위의 다른 연구 결과들과 마찬가지로 연령이 증가함에 따라 증가하였고, 우리나라 영아의 혈청 셀레늄 농도는 같은 연령대의 캐나다 영아의 혈청 농도보다는 낮고, 독일 영아의 혈청 셀레늄 농도보다는 높은 것으로 나타났다. 한편, 미국의 Smith 등²⁵⁾의 연구에서는 영아의 혈청 셀레늄 농도가 96 µg/L로 조사되어 본 조사대상자들 (66.9 µg/L)보다 높았다. 영아의 정상 셀레늄 범위를 50~150 µg/L으로 볼 때²⁶⁾ 본 조사 대상 영아들의 셀레늄 수치는 정상범위에 있는 것으로 사료된다.

셀레늄 의존 항산화 효소인 혈장 glutathione peroxidase (GPx-3)의 활성 정도는 셀레늄 섭취량이 낮은 경우에는 혈액 내에 수치가 낮아지고, 셀레늄 섭취량이 증가하면 활성이 높아지다가 평균필요량 이상으로 섭취하면 더 이상 효소의 활성이 증가하지 않고 정점을 유지한다.^{27,28)} 신생아의 혈청 GPx 활성은 혈청 셀레늄 농도와 마찬가지로 성인보다 현저히 낮고 연령이 증가함에 따라 증가하는 것으로 알려져 있

다.^{29,30)} 본 연구에서는 영아의 월령이 높아질수록 혈청 셀레늄의 농도가 증가함에 따라 영아의 GPx 활성도도 같은 경향으로 증가하였다. 이는 아직 영아들이 계속 성장단계에 있으므로 GPx 활성도가 최대치에 도달하지 않아서 이에 맞추어 계속 증가한 것으로 사료된다.

모유의 셀레늄은 대부분이 유기화합물 형태로 모유 단백질에 연결되어있어서, 모유 셀레늄의 생물학적 활성은 모유 단백질이 위에서 소화되는 정도와 관련이 있다. Shen 등³¹⁾은 in vitro 방법을 통하여 위에서의 셀레늄의 유용성을 조사하였는데, 모유는 11.1%, 우유는 6.8%, 염소젖은 6.2%, 양유는 2% 이하여서 모유 셀레늄이 더 생리학적으로 유용하다고 보고하였다. 토양의 셀레늄 농도도 우유의 셀레늄 함량에 영향을 주어서, 셀레늄 함량이 낮은 지역의 우유를 기반으로 한 조제유를 섭취한 영아에서 음의 셀레늄 균형을 보였다는 보고도 있다.¹⁶⁾ 또한 모유 단백질은 우유단백질보다 2배 정도 셀레늄이 농축되게 들어있어서, 조제유의 경우 모유보다 생물학적 활성도도 낮고 들어있는 셀레늄의 농도도 낮아서 영아에게 충분한 양의 셀레늄을 공급하지 못할 가능성이 있다.

모유가 체내 셀레늄 영양 유지에 더 적합하다는 보고는 만삭아와 미숙아 둘 다에서 관찰되었다. Kumpulainen 등³²⁾은 14 µg/L의 셀레늄이 들어있는 모유 셀레늄을 먹는 아기와 20 µg/L의 셀레늄이 들어있는 대두단백조제유를 먹는 아기들의 셀레늄 영양상태를 비교했는데, 모유를 먹는 아기들의 셀레늄 공급이 더 적었는데도 혈장과 적혈구의 셀레늄 수치가 더 높았다고 보고하였다. 한편 Litov 등²⁶⁾은 출생시 셀레늄 영양상태가 100 µg/L 정도로 건강한 아기의 경우에는 모유나 조제유 섭취 여부가 아기의 셀레늄 영양 상태에 별 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

셀레늄이 체내에서 다른 무기질들과 다른 경로로 사용될지도 모른다는 보고가 있다. Hatano 등³³⁾은 모유와 조제유 수유를 비교한 연구에서 혈장 구리와 아연 농도는 두 군 간에 차이가 없었지만 셀레늄 농도는 모유 수유아에서 더 높았다고 보고하였다. 모유 셀레늄이 조제유보다 체내에서 더 효과가 좋은 이유로 모유 내에서의 GPx 활성이 영향을 주는 것으로 추정하였다.³⁴⁾ 한편, Millar 등³⁵⁾은 모유를 섭취한 영아들이 조제유를 섭취한 영아보다 셀레늄 뿐만 아니라 α -tocopherol도 더 많이 공급받는다고 보고하여서, 셀레늄 대사와 밀접한 관련이 있는 비타민 E의 모유 내 조성도 모유 영양아의 영양상태에 영향을 주는 것으로 보인다.

외국의 여러 연구에서 생후 3~4개월된 모유 수유아의 혈청 셀레늄과 GPx 활성은 조제유를 섭취한 영아들보다 높았다고 보고하였다.³⁶⁻⁴²⁾ 우리나라 영아를 대상으로 한 본 연구에서 생후 0~5개월의 모유를 섭취하는 영아는 혈청 셀레늄

농도와 GPx 효소 활성이 조제유를 섭취하는 영아보다 높은 경향이었지만 대상자의 수가 매우 적어서 유의적인 차이는 나타나지 않았다. McGuire 등³⁸⁾은 영아에게 셀레늄을 보충한 조제유를 섭취시키면 혈장 셀레늄과 GPx의 활성도가 증가한다고 보고하였다. 우리나라의 경우에는 조제분유에 이제까지 셀레늄을 첨가하는 것이 허용되지 않아서 생애 초기인 0~5개월 시기에는 모유를 섭취하는 영아가 조제유를 섭취하는 영아보다 셀레늄의 섭취량과 생물학적 활성이 둘 다 더 높았을 것으로 생각된다.

영아기는 건강한 성장과 발달에 요구되는 필수 영양소를 충분히 공급받는 것이 어떤 연령층보다도 더 필요한 시기라고 하겠다. 출생 후 5~6개월까지는 모유나 조제유를 통해 성장과 발육에 필요한 영양소를 공급 받지만 그 이후에는 모유나 조제유만으로는 필요한 영양소를 충분히 공급할 수 없으므로 이유보충식을 공급받게 된다.¹¹⁾ 본 연구에서 이유식 섭취가 시작된 생후 6~11개월령에서는 조제유 섭취아의 혈청 GPx 활성이 증가하여 모유섭취아보다 유의적으로 더 높게 나타났다. 따라서 6개월 이후의 영아에서는 이유식을 통한 다양한 셀레늄의 공급이 영유아의 셀레늄 영양상태에 현저한 영향을 미치는 것으로 사료된다. 영아기의 이유식은 육체적, 정신적 성장 발육 및 질병에 대한 저항력과 건강에 직접적인 영향을 미치므로 이 시기의 이유식 공급의 양과 질에 대해서 앞으로 보다 많은 연구가 필요하다고 하겠다. 본 연구에서는 영아의 모유 또는 조제유와 이유식을 통한 셀레늄의 섭취량을 직접 분석하지 못하여서 앞으로 식사를 통한 셀레늄 섭취량과 혈액 셀레늄과의 관계를 비교분석하는 연구가 필요하다고 하겠다.

본 연구는 우리나라 영아의 연령에 따른 혈청 셀레늄 농도를 분석하고, 혈청 셀레늄 농도에 따른 혈청 glutathione peroxidase (GPx) 활성의 변화를 보고한 최초의 연구라는 데에 연구의 의의가 있다. 한편, 본 연구에서는 출생 초기에 모유를 섭취한 영아와 조제유를 섭취한 영아 사이에 혈액 셀레늄 영양상태에 차이가 있는 가도 살펴보고자 하였는데, 조사에 참여한 영아의 수가 제한되어있어서 뚜렷한 결과를 얻기 어려웠다. 또한, 모유와 이유식을 통한 셀레늄 섭취량을 분석하지 못해서 이유식이 셀레늄 영양상태에 미친 영향을 구체적으로 파악하지 못한 것도 연구의 제한점이라고 하겠다.

요약 및 결론

본 연구는 우리나라 일부 영아의 셀레늄 영양 상태를 알아보기 위하여 0~24개월령 영아 43명 (남아 19명, 여아 24명)을 대상으로 혈청 셀레늄과 glutathione peroxidase (GPx)

활성도를 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 0~24개월 영아의 평균 혈청 셀레늄 농도는 66.9 µg/L으로 정상수준이었고, 월령이 증가함에 따라 셀레늄 농도가 증가하여 0~5개월 영아는 57.6 µg/L, 6~11개월 영아는 71.8 µg/L, 12~24개월의 영아는 75.5 µg/L의 농도를 나타내었다.

2) 혈청 GPx의 활성도는 혈청 셀레늄 농도와 같이 월령 증가에 따라 높아져서 0~5개월에 143.9 U/L, 6~11개월에는 166.4 U/L, 12~24개월에는 176.6 U/L로 증가하였다.

3) 영아의 혈청 셀레늄 농도와 혈청 GPx 활성도는 $r = 0.565$ ($p < 0.01$)의 유의적인 양의 상관관계를 보였다.

4) 생후 첫 6개월간 모유 수유를 한 영아와 조제유를 수유한 영아를 비교했을 때 0~5개월령 영아에서는 모유를 섭취한 영아가 조제유를 섭취한 영아보다 혈청 셀레늄 농도와 GPx 활성도가 높은 경향이었으나 유의적인 차이는 없었다. 이유보충식이 도입된 6개월 이후의 영아에서는 두 군의 혈청 셀레늄에 차이가 없었고, 6~11개월령 영아의 경우 조제유를 섭취한 영아의 GPx 활성도가 모유를 섭취한 영아보다 유의적으로 더 높았다.

본 연구조사에 참여한 우리나라 영아의 혈청 셀레늄 농도는 다른 나라 영아들의 셀레늄 수준과 비교해서 중간 수준이었고, 월령의 증가에 따라 셀레늄과 GPx 활성도가 같이 증가하는 양의 상관관계를 보였다.

Literature cited

- 1) Rayman MP. The importance of selenium to human health. *Lancet* 2000; 356: 233-241
- 2) Berry MJ, Banu L, Larsen PR. Type I iodothyronine deiodinase is a selenocysteine-containing enzyme. *Nature* 1991; 349: 438-440
- 3) Burk RF. Recent developments in trace elements metabolism and function: newer roles of selenium in nutrition. *J Nutr* 1989; 119: 1051-1054
- 4) Sunde RA. Molecular biology of selenoproteins. *Annu Rev Nutr* 1990; 10: 451-474
- 5) Kim HYP. Recent food and nutrition information: Selenium. *Nutr Diet* 1997; 192: 14-20
- 6) Kim HYP. Children's disease related with selenium deficiency. *Bull Yongin Univ* 1995; 11: 405-425
- 7) Levander OA, Burk RF. Report on the 1986 ASPEN Research Workshop on selenium in clinical nutrition. *J Parenter Enteral Nutr* 1986; 10(6): 545-549
- 8) Rayman MP. Selenium in cancer prevention: a review of the evidence and mechanism of action. *Proc Nutr Soc* 2005; 64(4): 527-542
- 9) Choi YS, Hesketh JE. Nutritional biochemistry of selenium. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2006; 35(5): 651-660
- 10) Lombeck I, Kasperek K, Harbisch HD, Feinendegen LE, Bremer HJ. The selenium state of healthy children. I. Serum selenium concentration at different ages; activity of glutathione peroxidase of erythrocytes at different ages; selenium content of food

- of infants. *Eur J Pediatr* 1977; 125(1): 81-88
- 11) The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans. 1st revision. Seoul; 2010
 - 12) Rotruck JT, Pope A, Ganther ME, Swanson AB, Hafeman DG, Hoekstra WG. Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* 1973; 179: 588-590
 - 13) Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington DC; 2000
 - 14) Ro HK. Factors to affect changes in feeding method of infants. In: Pregnancy, Lactation and Infant's Nutrition. Seoul: Kyo-Moon Sa ; 2000. p.9-26
 - 15) Ministry of Health and Welfare, Korea Center for Disease Control and Prevention. 2008 National health and nutrition examination survey report. Seoul; 2009
 - 16) Dorea JG. Selenium and breast-feeding. *Br J Nutr* 2002; 88(5): 443-461
 - 17) Moon SJ, Kang JS, Lee MJ, Lee JH, Ahn HS. A longitudinal study of micro-mineral concentrations in human milk. *Korean J Nutr* 1995; 28(7): 620-628
 - 18) Yang HR, Keum HK, Kim ES. A study on the contents of selenium and zinc in human milk. *Korean J Nutr* 1995; 28(9): 872-879
 - 19) Kim HYP. Selenium concentration in human milk and selenium nutrition status of infants. In: Pregnancy, Lactation and Infant's Nutrition. Seoul: Kyo-Moon Sa ; 2000. p.185-200
 - 20) KFDA. Report of the scientific committee on the revision of essential requirements of infant formulae and follow-on formula. Seoul; 2007
 - 21) Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 1967; 70: 158-169
 - 22) Korean Pediatric Society. Physical growth of children in Korea; 2007
 - 23) Muntau AC, Streiter M, Kappler M, Roschinger W, Schmid I, Rehnert A, Schramel P, Roscher AA. Age-related reference values for serum selenium concentrations in infants and children. *Clin Chem* 2002; 48(3): 555-560
 - 24) Lockitch G, Halstead AC, Wadsworth L, Quigley G, Reston L, Jacobson B. Age- and sex-specific pediatric reference intervals and correlations for zinc, copper, selenium, iron, vitamins A and E, and related proteins. *Clin Chem* 1988; 34(8): 1625-1628
 - 25) Smith AM, Chen LW, Thomas MR. Selenate fortification improves selenium status of term infants fed soy formula. *Am J Clin Nutr* 1995; 61(1): 44-47
 - 26) Litov RE, Combs GF. Selenium in pediatric nutrition. *Pediatrics* 1991; 87(3): 339-351
 - 27) Hill KE, Xia Y, Akesson B, Boeglin ME, Burk RF. Selenoprotein P concentration in plasma is an index of selenium status in selenium-deficient and selenium-supplemented Chinese subjects. *J Nutr* 1996; 126: 138-145.
 - 28) Xia Y, Hill KE, Bryne DW, Xu J, Burk RF. Effectiveness of selenium supplements in a low-selenium area of China. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 829-834
 - 29) Verlinden M, Van Sprundel M, Van der Auwera JC, Eylenbosch WJ. The selenium status of Belgian population groups. II. Newborns, children, and the aged. *Biol Trace Elem Res* 1983; 5: 103-113
 - 30) Bro S, Berendtsen H, Norgaard J, Hose A, Jorgensen PJ. Serum selenium concentration in maternal and umbilical cord blood. Relation to course and outcome of pregnancy. *J Trace Elem Electrolytes Health Dis* 1988; 2: 165-169
 - 31) Shen L, Van Dael P, Luten J, Deelstra H. Selenium bioavailability from human, cow's, goat and sheep milk by an in vitro method. *Int J Food Sci Nutr* 1996; 47: 75-81
 - 32) Kumpulainen J, Salmenpera L, Siimes MA, Koivisto P, Lehto J, Perheentupa J. Formula feeding results in lower selenium status than breast-feeding or selenium supplemented formula feeding: a longitudinal study. *Am J Clin Nutr* 1987; 45: 49-53
 - 33) Hatano S, Aihara K, Nishi Y, Usui T. Trace elements in plasma and erythrocytes in relation to dietary intake during infancy. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1985; 4: 87-92
 - 34) Rossipal E, Tiran B. Selenium and glutathione peroxidase levels in healthy infants and children in Austria and the influence of nutrition regimens on these levels. *Nutrition* 1995; 11(5 Suppl): 573-575.
 - 35) Millar KR, Sheppard AD. α -tocopherol and selenium levels in human and cows' milk. *New Zealand J Sci* 1972; 15: 3-15
 - 36) Smith AM, Picciano MF, Milner JA. Selenium intakes and selenium status of human milk and formula-fed infants. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 521-526
 - 37) Smith AM, Chan GM, Moyer-Mileur LJ, Johnson CE, Gardner BR. Selenium status of preterm infants fed human milk, preterm formula, or selenium-supplemented preterm formula. *J Pediatr* 1991; 119: 429-433
 - 38) McGuire MK, Burgert SL, Milner JA, Glass L, Kummer R, Deering R, Boucek R, Picciano MF. Selenium status of infants is influenced by supplementation of formula or maternal diets. *Am J Clin Nutr* 1993; 58(5): 643-648
 - 39) Jochum F, Fuchs A, Menzel H, Lombeck I. Selenium in German infants fed breast milk or different formulas. *Acta Paediatrica* 1995; 84(8): 859-862
 - 40) Daniels L, Gibson R, Simmer K. Selenium status of preterm infants: The effect of postnatal age and method of feeding. *Acta Paediatrica* 1997; 86: 281-288
 - 41) Friel JK, Andrews WL, Edgecombe C, McCloy UR, Belkhole SL, L'Abbe MR, Mercer CN, McDonald AC. Eighteen-month follow-up of infants fed evaporated milk formula. *Can J Public Health* 1999; 90: 240-243
 - 42) Sievers E, Arpe T, Schleyerbach U, Garbe-Schönberg D, Schaub J. Plasma selenium in preterm and term infants during the first 12 months of life. *J Trace Elem Med Biol* 2001; 14: 218-222