

■ 특별기획 시리즈 ■

영양섭취기준의 새로운 패러다임:
미국/캐나다의 Dietary Reference Intakes (DRIs)
- 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움 -

장남수¹⁾ · 이양자²⁾ · 강명희³⁾ · 김우경⁴⁾ · 정은정⁵⁾ · 박유경⁶⁾

이화여자대학교 식품영양학과,¹⁾ 연세대학교 식품영양학과,²⁾ 한남대학교 식품영양학과,³⁾ 단국대학교 식품영양학과,⁴⁾ 강남대학교 교양학부,⁵⁾ 경희대학교 동서의학대학원⁶⁾

본고는 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움의 영양소 섭취기준을 다루고 있다. 생체내 분자들의 산화를 방지하는 것으로 알려진 항산화 영양소인 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움은 만성질환 예방가능성이 있는 영양소이다.

미국/캐나다의 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움 영양섭취기준 설정 분과에서는 먼저 항산화 영양소에 대한 정의와 범주를 설정한 후 각 영양소가 항산화제로서 작용하는지 검토하고, 이들 영양소와 산화스트레스와의 관련성과, 암, 심순환계질환, 백내장, 노인성황반변성, 퇴행성중추신경계질환, 당뇨병, 노화 등의 만성질환과 산화스트레스와의 관련성을 검토하였다.

이에 이어서 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움의 영양섭취기준을 설정하는데 활용되었던 방법에 대하여 다루었다. 동물 연구, 인체 feeding 연구 자료, 관찰연구, 무작위임상연구 등 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움의 영양섭취기준을 설정하는데 활용된 자료의 유형과 자료의 제한점을 논하고, 영아의 경우 adequate intake 설정에 필요한 자료 및 성인의 섭취기준으로부터 아동 및 청소년의 영양소 섭취 기준을 설정하는데 사용된 일련의 계산식에 대한 검토과정을 논했으며, 미국/캐나다의 식사 섭취실태 자료에 근거한 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움의 섭취 자료에 관하여 다루었다.

우리나라 사람의 식사 섭취 양상과 영양소 섭취 수준이 미국/캐나다와는 다르고 인종과 자연환경 역시 다르기 때문에 미국/캐나다에서 제정된 DRI를 우리나라에 그대로 적용하기는 어려울 것이나, 미국/캐나다의 DRI에 관한 내용을 검토하고 정리함은 우리나라의 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움의 영양섭취기준을 설정하는데 유용한 기초 자료로서 많은 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

비타민 C

1. 1~18세 어린이와 사춘기 청소년

1~18세 어린이와 사춘기 청소년의 비타민 C EAR을 구하

는 근거가 되는 직접적인 자료는 없다. 따라서 어린이와 사춘기 청소년의 비타민 C EAR은 표준 체중을 사용한 상대적인 체중에 근거하여 계산한다. 1~18세 어린이와 사춘기 청소년의 비타민 C EAR과 RDA를 요약하면 <Table 1>과 같다.

비타민 C RDA는 비타민 C 요구량의 표준 편차에 대한 유용한 정보가 없으므로, 10%의 변이계수 (CV, coefficient of variation)를 가정하여 산정한다. RDA는 EAR에 두배의 CV를 더하여 그 집단에 속한 개인의 97~98%의 요구량을 충족시킬 수 있는 수준에서 정하며 비타민 C RDA는 EAR의 120%가 되는 셈이다. 계산된 RDA 값을 5 mg 단위로 정리한다.

2. 19~50세 성인

비타민 C는 *in vivo*에서 백혈구, 폐, 위 점막에서 활성산화 물질을 제거하고 지질이 과산화되는 것을 보호하는 기능이 있다. 따라서 비타민 C의 EAR은 항산화 보호효과를 마련해 줄 수 있도록 산정된 양에 기초를 두고 결정한다.

비타민 C의 백혈구 (중성구, 임파구, 단핵구)에서의 항산화 기능은 매우 중요하다. 백혈구 비타민 C 농도는 상당히 높아서 중성구의 25배, 혈소판의 40배, 임파구의 80배에 달하며 (Levine 등, 1996a) 혈장이나 적혈구 비타민 C 농도보다 체내 저장량을 더 잘 반영해주는 지표로서 백혈구 비타민 C 농도가 높으면 산화 스트레스로 인한 손상에 대한 보호 작용을 한다. Levine 등 (1996a)에 의하면 혈장과 중성구 비타민 C 농도는 둘 다 50~90 mg/day의 비타민 C 섭취와 관련이 있으며, 이 범위 내에서 중성구 비타민 C 농도가 증가하면 산화적 손상에 대한 보호효과도 증가한다.

비타민 C의 EAR을 위한 기준은 노 배설이 거의 없으면서 백혈구 중의 하나인 중성구의 비타민 C 농도는 최대 수준으로 유지할 수 있는 비타민 C 섭취량으로 선정한다. 중성구 비타민 C를 포함하는 백혈구 비타민 C 수준은 간과

신체 비타민 C 저장량과 상관성이 높으므로 (Omaye 등 1987) 이 수준이라면 여분의 노 배설을 최소화 하면서 신체 조직에 대한 *in vivo* 항산화 보호효과를 내는데 충분할 것이다. 위의 기준에 기초한 비타민 C 요구량은, 비타민 C 고갈과 정상수준으로의 보충기간 동안 혈장, 중성구, 그리고 노의 비타민 C 농도를 측정한 유일한 연구인 Levine 등 (1996a)의 고갈-보충 연구 (depletion-repletion study) 자료로부터 산정하였다. 위 연구에서, 중성구의 비타민 C 포화농도는 대략 1.3 mmol/L인 것으로 나타났으며 이 수준은 실험대상자의 비타민 C 섭취가 100 mg/day 이었을 때 달성되었다. 단구와 임파구 역시 안정 상태 농도 유지를 위한 비타민 C 최대 섭취 수준이 100 mg/day이었다. 그러나 최대 비타민 C 농도의 60% 수준 (60 mg/day)에서는 노 배설이 없었으나, 중성구 100% 포화에서는 약 25% 정도가 노로 배설되었다. 이 연구에서 비타민 C 섭취 60~100 mg/day 사이에 대한 자료는 없었으나, 중성구에서 최대 비타민 C 농도의 60% 수준에서는 80~100% 수준보다 항산화 보호능력이 떨어지고, 최대 비타민 C 농도의 100% 수준에서는 섭취량의 25%가 노로 배설되었기 때문에 비타민 C EAR을 위한 수준은 그 중간인 최대 농도의 80% 수준 (1.0 mmol/L)을 선정하였다. 이 수준은 노 배설 없이 충분한 *in vivo* 항산화 보호효과기준을 만족시키는 좋은 산정치가 된다. 이 자료로부터 나온 방정식으로 계산하면 중성구 최대 비타민 C 농도의 80% 수준 (1.0 mmol/L)은 비타민 C 섭취 75 mg/day에 해당되며 이것을 비타민 C의 EAR로 산정하였다.

요약하면, 최소한의 노 손실과 최대한의 중성구 농도를 유지하기에 충분한 만큼의 비타민 C에 근거하여 Levine 등 (1996a)은 남자 성인의 비타민 C EAR로 75 mg/day이 적당함을 제안하였다. 이 자료는 남자 성인에 대한 자료이고 여자 성인에 적용할 수 있는 유용한 자료는 현재까지 가지고 있지 않기 때문에, 여자는 남자에 비해 무지방 신체 질량, 총 신체수분, 그리고 신체크기 등이 작으므로 요구량도 적을 것이라고 가정한다. 이 가정은 여성은 같은 비타민 C 섭취량일 경우, 남자에 비해 혈장 비타민 C 농도를 높이 유지한다는 결과에 근거한다. 따라서 여성의 요구량은 남성의 자료로부터 체중의 차이를 고려하여 외삽 (extrapolate) 하여 산정한다.

비타민 C RDA는 앞에서와 같이 EAR에 두배의 CV를 더하여 정한다. 많은 가정과 어렵셈을 감안하여 여성의 RDA는 계산된 값인 72 mg/day에서 75 mg/day로 올린다 (Table 1).

3. 51세 이상 성인 및 노인

중간 정도의 비타민 C 섭취량에서는 비타민 C의 흡수 혹은 대사가 나이에 따라 일관적인 차이를 보인다는 증거가 없다. 따라서 노인집단에서 비타민 C의 혈중 농도가 낮게 보고되는 것은 나이 그 자체의 영향이라기보다 식이로부터의 섭취량이 적거나, 만성적인 질환이 있거나, 쇠약하거나 혹은 다른 요인들에 기인할 수 있다는 것을 말해준다. 그러므로 노인의 요구량은 젊은이에 필요한 양을 그대로 적용하여 산정한다.

비타민 C의 RDA는 비타민 C 요구량의 표준 편차에 대한 유용한 정보가 없으므로, 10%의 변이계수 (CV)를 가정하여 산정한다. RDA는 EAR에 두 배의 CV를 더하여 그 집단에 속한 개인의 97~98%의 요구량을 충족시킬 수 있는 수준에서 정한다. 여자 성인에서처럼 계산된 RDA 값인 72 mg/day에서 75 mg/day로 올린다 (Table 1).

비타민 C 섭취와 만성질환과의 관련성

Gey (1998)는 최근 역학연구들을 살펴본 결과, 혈장 비타민 C 농도가 최소한 50 μ mol/L (1.0 mg/dL) 정도는 되어야 관상심장질환과 암에 관련된 적절한 유익한 효과를 마련해 줄 수 있다고 제시하였다. 이 정도의 혈장 수준은 식이 비타민 C 섭취가 90 mg/day는 되어야 달성할 수 있는 수준이다.

특별 고려사항

1. 흡연자

비타민 C 섭취량이 같아도 흡연자는 비흡연자보다 비타민 C 상태가 낮다는 증거들이 많이 보고되어 왔다. 흡연자들은 비흡연자에 비해 높은 산화 스트레스와 대사상의 차이에 기인하여 체내 비타민 C 대사 교체율이 비흡연자보다 35 mg/day 만큼 높다 (Kallner 등 1981). 이는 곧 흡연자의 경우 비흡연자만큼의 영양 상태를 유지하기 위해서는 더 많은 비타민 C를 섭취해야 한다는 것을 의미한다.

NHANES II의 비타민 C 섭취량과 혈청 농도 자료를 분석한 결과, Schectman 등 (1991)은 1989년 비타민 C RDA인 60 mg/day (NRC 1989)를 섭취하는 비흡연자와 같은 수준의 혈청 비타민 C 수준을 유지하기 위해 흡연자는 200 mg/day의 비타민 C를 섭취해야 한다고 제시하였다. 담배에 노출된 혈장의 비타민 C 손실에 대한 *in vitro* 자료로부터 계산된 바에 따르면 담배를 한 개피 피울 때 비타민 C 0.8 mg이 소모되므로, 하루에 담배 두 갑을 피

Table 1 미국과 캐나다의 연령별 비타민 C, 비타민 E, 셀레니움 DRI (unit/day)

		Vitamin C		Vitamin E		셀레니움	
		EAR	RDA	EAR	RDA	EAR	RDA
아동 및 청소년							
아 동	1-3세	13 mg	15 mg	5 mg	6 mg	17 mg	20 mg
	4-8세	22 mg	25 mg	6 mg	7 mg	23 mg	30 mg
남 아	9-13세	39 mg	45 mg	9 mg	11 mg	35 mg	40 mg
	14-18세	63 mg	75 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
여 아	9-13세	39 mg	45 mg	9 mg	11 mg	35 mg	40 mg
	14-18세	56 mg	65 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
성인 19-50세							
남 자	19-30세	75 mg	90 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
	31-50세	75 mg	90 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
여 자	19-30세	60 mg	75 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
	31-50세	60 mg	75 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
51세 이상 성인 및 노인							
남 자	51-70세	75 mg	90 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
	>70세	75 mg	90 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
여 자	51-70세	60 mg	75 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
	>70세	60 mg	75 mg	12 mg	15 mg	45 mg	55 mg
임신부							
	14-18세	66 mg	80 mg	12 mg	15 mg	49 mg	60 mg
	19-30세	70 mg	85 mg	12 mg	15 mg	49 mg	60 mg
	31-50세	70 mg	85 mg	12 mg	15 mg	49 mg	60 mg
수유부							
	14-18세	96 mg	115 mg	16 mg	19 mg	59 mg	70 mg
	19-30세	100 mg	120 mg	16 mg	19 mg	59 mg	70 mg
	31-50세	100 mg	120 mg	16 mg	19 mg	59 mg	70 mg

우는 흡연자에게는 비타민 C 32 mg/day가 추가적으로 필요하다 (Cross와 Halliwell 1993). 건강한 남성 흡연자를 대상으로 비타민 C를 30~180 mg/day 섭취시키고 비타민 C의 체내 대사와 저장량을 비흡연자와 비교하여 본 결과, 비타민 C의 대사교체율이 비흡연자에 비해 35 mg/day 만큼 많았다 (Kallner 등 1981). 따라서 흡연자의 안정 상태에서의 최대 비타민 C 신체 내 저장량을 비흡연자와 같은 수준으로 유지시키기 위해서는 35 mg/day 만큼의 비타민 C가 추가적으로 요구된다.

2. 간접흡연자

환경적으로 혹은 간접적으로 담배 연기를 맡게 되는 사람들에게서도 흡연자만큼의 산화적 손상이 나타난다(Bermudez 등 1994). 흡연자의 24%에게서, 그리고 간접흡연자의 12%에게서 Hypovitaminosis C (혈장 ascorbate 농도가 23 $\mu\text{mol/L}$ [0.5 mg/dL] 이하인 경우)가 나타나며 이는 흡연자이건 간접흡연자이건 담배연기에 노출되면 신체 내 비타민 C 저장량이 낮아짐을 의미한다(Tribble 등

1993). 담배연기가 가득한 방에 비흡연자가 30분간 노출 되면 혈청 비타민 C 수준이 저하하고 지질과산화수가 증가하며 LDL의 산화가 일어난다 (Valkonen와 Kuusi 1998). 정기적으로 담배연기에 노출되는 비흡연자를 위해 특별한 요구량을 산정하기에는 위의 자료가 충분치 않지만 이런 사람은 적어도 비타민 C의 RDA를 충족할 만큼은 섭취하도록 권장한다.

3. 운동과 스트레스

비타민 C가 카르니틴, 스테로이드 호르몬, 그리고 신경전달인자의 생합성을 위한 보조인자로서 역할을 한다는 것이 과도한 육체적 정신적 스트레스 하에 있는 개인에게 비타민 C의 요구량을 증가시켜야 한다는 주장에 대한 이론적인 근거를 마련해 주기는 하나, 인체의 비타민 C 영양상태와 신체활동에 대한 연구들을 보면 어떤 명확한 결론 없이 서로 상반된 결과들을 보이고 있다 (Keith 1994). 좌식 생활을 하는 사람들에 비해 뛰는 사람들에게서 혈중 비타민 C가 높았다는 보고가 있는가 하면 (Fishbaine과 Butter-

field 1984), 고도로 훈련된 육상선수와 일반인의 비타민 C 상태는 유의적인 차이가 없었다 (Rokitzki 등 1994). 1,600명의 건강한 Irish 성인 대상의 횡단적 연구 결과, 활동적인 사람과 비활동적인 사람의 비타민 C 영양상태가 다르다는 증거가 나타나지 않았으며, 이로써 운동을 많이 하는 사람에게 비타민 C를 더 주어야 할 정당성은 없어진다 (Sharpe 등 1994). 건강한 사람에 있어서 정신적인 혹은 감정적인 스트레스가 비타민 C 교체율 혹은 요구량을 증가시킨다는 실질적인 증거도 없다. 즉, 어떤 종류의 스트레스도 인체의 비타민 C 필요량에 영향을 주지 않는다.

비타민 E

1. 1~18세 어린이와 사춘기 청소년

건강한 어린이와 청소년의 EAR 설정에 근거가 될 자료가 부족하므로, 신체크기와 성장에 필요한 양을 성인의 EAR에 근거하여 계산하였다. 비타민 E RDA는 비타민 E 요구량의 표준 편차에 대한 유용한 정보가 없으므로, 10%의 변이계수 (CV: coefficient of variation)를 가정하여 산정한다. RDA는 EAR에 두 배의 CV를 더하여 그 집단에 속한 개인의 97~98%의 요구량을 충족시킬 수 있는 수준에서 정하며 비타민 E RDA는 EAR의 120%가 되며, 계산된 RDA는 5 mg이었다.

2. 19~50세 성인

미국과 캐나다에서는 비타민 E 결핍 증상이 매우 드물기 때문에, 현재의 식사패턴은 말초신경염 (peripheral neuropathy)과 같은 결핍 증상을 예방하는데 충분하다고 생각된다. 그러나 대규모의 식사조사 결과, 지방질 섭취량과 이와 연관되어 있는 비타민 E 섭취량은 낮게 조사 (underestimate)되었으므로, AI는 실제로 조사된 섭취량을 기준으로 결정될 수 없다. 비록 비타민 E 결핍 증상이 매우 드물기는 하지만, 비타민 E 요구량 설정에 근거가 될 수 있다. 따라서 미국과 캐나다에서는 비타민 E의 EAR을 비타민 E 고갈-보충 (depletion-repletion) 연구와 H₂O₂에 의해 유도된 용혈현상과 혈장 α -tocopherol 농도에 관한 연구결과에 근거하여 설정하였다. 즉 정상적인 *in vitro* 상태에서 H₂O₂에 의해 유도된 용혈현상을 예방하는데 충분한 혈장 α -tocopherol 농도는 516 μ g/dL (12 μ mol/L)이었으며 (Horwitt 등 1963), 혈장 α -tocopherol 보충 (repletion) 연구에서 비타민 E 요구량의 기준인 혈장 농도 516 μ g/dL (12 μ mol/L)은 α -tocopherol 섭취량이 하루 12 mg일 때이므로, 이를 EAR로 설정하였다.

비타민 E 요구량 설정시에 고려할 사항은 혈중 지질수준과 다가불포화지방산 (PUFA)의 섭취량이다. 혈장 α -tocopherol 농도는 혈중 지질수준에 따라 변화될 수 있으므로, 혈장 α -tocopherol 농도만으로 비타민 E 영양상태를 평가하는 것은 오류를 범할 수 있다고 하였다. 또한 연령이 증가함에 따라 혈중 콜레스테롤 수준이 증가하므로, 연령도 비타민 E 상태 평가에 중요한 고려사항이 된다. 그러나 Sokol 등은 혈장 지질수준이 정상범위 (328~573 mg/dL)에 있으면, 혈장지질 수준을 고려하지 않아도 된다고 하였다. 또한 PUFA의 섭취량이 많을수록 항산화 비타민인 비타민 E 섭취량이 증가되어야 한다. Murphy 등은 NHANES II 결과를 인용하여 미국인의 비타민 E 섭취량은 성인 남성 16.3 g, 성인 여성 10.8 g인데, 비타민 E (mg)/PUFA (g)의 적절한 비율인 0.4를 충족시켜줄 비타민 E 하루 섭취량을 계산하면 약 7 mg이 된다. 그러나 이 양은 EAR인 12 mg에 의해 충족되므로, 전형적인 미국인의 식사에서는 별도의 비타민 E를 가산하지 않았다.

한편, 10차 개정에서는 남녀의 RDA가 별도로 책정된 것과는 달리, 본 개정에서는 남성과 여성의 RDA를 동일하게 설정하였다. 그 이유는 남성과 여성의 RDA를 다르게 설정해야 한다는 과학적 근거가 부족하고, 또한 남성은 체중은 무거우나, 체지방은 여성이 많으므로, 남, 여 동일하게 설정하였다. 따라서 비타민 E RDA는 앞에서와 같이 EAR에 두 배의 CV를 더하고, 반올림을 하여 남, 여 모두 15 mg으로 설정하였다.

3. 51세 이상 성인 및 노인

임상적 수준의 비타민 E를 섭취하면 심근경색증 등의 심장질환을 예방한다는 가설이 설정되어 있음에도 불구하고, 대부분의 대규모 연구결과 비타민 E의 긍정적인 효과가 증명되지 못하였다. 그러므로 노인의 요구량은 성인에 필요한 양을 그대로 적용하여 산정하였다. 따라서 노인의 비타민 E RDA는 성인에서와 같이 EAR에 두 배의 CV를 더하고 반올림을 하여 남, 여 모두 15 mg으로 설정하였다.

특별 고려사항

1. 만성질환

비타민 E가 관상심장질환 예방에 효과적이라고 알려져 있으나, 대부분의 연구에서 그 효과가 입증되지 못하였다. 따라서 현재로서는 관상심장질환 예방을 위해 일반인에게 비타민 E를 추천하기에는 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

2. 운동

신체적 활동량이 매우 많으면 산화적 손상이 증가될 수 있으므로, 항산화제의 요구량이 증가하게 된다. 그러나 신체적 활동시 산화적 손상에 대한 정확한 정보가 부족하며, Boston Nutritional Status Survey 결과에서는 규칙적인 운동을 하는 60세 이상의 노인들에게서 오히려 혈장 비타민 E 수준이 약간 증가하였다는 보고가 있다. 따라서 현재로서는 비타민 E 요구량 설정에 운동의 강도를 고려해야 하는지에 대한 정보도 부족한 상태이다.

3. 신체 크기와 조성

표준의 신체 크기와 조성에서 벗어난 개인들의 비타민 E 요구량에 대한 연구도 필요하다.

4. 흡연자

담배에는 강력한 자유기가 존재하며, 흡연에 의해 활성화된 식세포에 의해 생성되는 산화물로 인해, 흡연자들은 비흡연자에 비해 계속적으로 그리고 매우 강력한 자유기에 노출되어 있다. 따라서 흡연자들은 항산화 체계가 손상되어 있어, 혈중 비타민 C 농도가 낮은 것이 흡연자의 특징이다. 흡연자의 혈중 비타민 E 수준은 비흡연자에 비해 낮지 않지만, 비타민 E를 보충해주면 지질 과산화 지표가 감소하였다는 보고가 있다. 그러나 현재로서는 흡연자나 간접흡연자에게 비타민 E를 추가 설정해야 하는지에 대한 충분한 정보는 없는 실정이다. 따라서 현재로서는 만성질환, 신체 크기와 조성, 운동 및 흡연 요인을 감안하여 비타민 E를 추가 설정하지 않고, 성인의 DRIs를 그대로 적용하였다.

셀레니움

1. 1~18세 어린이와 청소년기

어린이와 청소년기의 selenium 평균필요량 (EAR)을 산출하는데 필요한 기초자료가 없으므로 이 시기의 selenium EAR과 recommended dietary allowance (RDA)는 성인 값으로부터 외삽하는 방법을 사용하였다. 식사에 함유된 대부분의 selenium은 methionine이 대사되는 과정과 유사하게 대사되므로 어린이를 위한 selenium 요구를 결정할때는 체중뿐만 아니라 대사과정에 의존한다. 그러므로 selenium EAR은 혈장의 glutathione peroxidase의 활성이 최고에 달하였을때의 selenium의 섭취량이라는 성인과 같은 기준을 사용하였다. 또한 selenium 섭취량은 Keshan 질병을 예방할 수 있는 양을 고려해야한다. 중국에서의 조사에 의하면 Keshan 질병을 예방하기 위한 selenium의 요구량이 다른 연령대에 비해 어린이에서 가장 높았다고 보

고하였다. 중국의 조사에서 Keshan 질병은 성인 1일 17 μg (0.22 μmol) 섭취시 나타나지 않는다고 보고하고 있다 (Yang 등 1987).

이를 고려하여 selenium EAR은 1~3세 어린이 17 μg (0.22 μmol)/일, 4~8세 어린이 23 μg (0.29 μmol)/일이다. 그리고 9~13세 소년과 소녀는 35 μg (0.45 μmol)/일이고 14~18세 소년과 소녀는 45 μg (0.57 μmol)/일이다. Selenium RDA는 표준편차에 대한 자료가 없기 때문에 변이계수 (CV: coefficient of variation)를 10%로 보아 EAR의 120%로 정하였고, 계산된 값은 5 μg 단위로 정리하였다. 그러므로 selenium RDA는 1~3세 어린이 20 μg (0.22 μmol)/일, 4~8세 어린이 30 μg (0.29 μmol)/일이다. 그리고 9~13세 소년과 소녀는 40 μg (0.45 μmol)/일이고 14~18세 소년과 소녀는 55 μg (0.57 μmol)/일이다.

2. 19~50세 성인

20년 전에 인간의 selenium 요구량은 실험동물의 selenium 요구량 측정으로부터 외삽하여 안전하고 적당한 섭취량으로 결정되었다 (NRC 1980b). 그 이후에 인간에서 selenium이 부족하면 Keshan 질병이 발생한다는 것이 보고되었고, selenium 섭취량은 이 질병을 예방하기 위한 양으로 결정되었다. 그리고 selenium을 포함하고 있는 많은 단백질들이 발견되었고 이 중에서 혈액에 있는 selenoprotein인 glutathione peroxidase와 selenoprotein P는 selenium 영양상태의 지표로 사용되고 있다.

중국에서의 조사에 의하면 Keshan 질병을 가지고 있는 지역의 selenium 섭취는 하루에 11 μg (0.14 μmol) 이하였으며, 질병이 없는 지역에서는 하루에 17 μg (0.22 μmol) 이상을 섭취하고 있다고 보고하였다 (Yang와 Xia, 1972; Yang 등 1987). 그 외의 중국과 다른 지역의 연구를 기초로 하여 하루에 20 μg (0.25 μmol) 이상을 섭취하면 성인에서 Keshan 질병을 예방할 수 있다고 하고 (Yang 등 1987), 뉴질랜드와 핀란드에서는 하루에 25 μg (0.32 μmol) 정도 섭취하면 Keshan 질병의 발병이 보고되지 않았다 (Griffiths 1973; Varo 등 1994).

중국에서 실시된 연구에서 Keshan 질병을 가지고 있는 지역의 selenium 섭취량은 하루 11 μg (0.14 μmol) 이었고, Keshan 질병이 없는 인접지역에 무기물의 형태로 selenium을 14일 동안 소년은 하루 100 μg (1.3 μmol), 성인 남성은 하루 200 μg (2.5 μmol)을 보충시켰다. 질병을 가지고 있는 selenium을 보충하지 않은 지역의 소년과 남성에서 selenoprotein P농도는 보충군의 각기 13%, 23%

었다. Glutathione peroxidase 활성도 질병이 있는 지역이 보충지역의 소년과 성인남성에 비해 각기 26%, 37%이었다. 그리고 혈장 selenium 농도는 보충 받은 사람들에 비해 부족한 지역의 소년과 성인남자가 21%, 24%이었다 (Hill 등 1996; 등 1989). 이러한 결과로 selenium의 보충은 생화학적 기능을 변화시킬 수 있으며, glutathione peroxidase의 활성이 보충군에 비해 37% 이하면 부족증이 나타날 가능성이 있으며, selenoprotein P농도가 glutathione peroxidase 활성에 비해 더 많은 영향을 받는다는 것을 나타내고 있다.

그리고 중국과 뉴질랜드에서 이루어진 중재실험에서 혈장 selenoprotein이 일정하게 유지되는 selenium 섭취량을 평가하였다. 1980년 중국에서 18~42세의 남자를 대상으로 연구를 하였는데 이들의 selenium 섭취량은 하루에 11 μg (0.14 μmol) 이었다. 이들에게 하루에 0, 10, 30, 60, 90 μg (0, 0.13, 0.38, 0.76, 1.14 μmol)을 DL-selenomethionine 형태로 8개월 동안 섭취시켰을 때 혈장의 glutathione peroxidase 활성은 selenium을 섭취한 모든 군에서 증가하였고, 30, 60, 90 μg (0.38, 0.76, 1.14 μmol)을 섭취한 군에서는 4개월 이후에 효소의 활성이 회복되었으며 다른 두 군은 낮게 유지되었다 (Yang 등 1987). 이러한 결과로 41 μg (0.52 μmol) (식사로 섭취하는 11 μg (0.14 μmol)과 보충제로 섭취하는 30 μg (0.38 μmol))을 섭취하는 경우에 60 kg을 가지는 중국의 성인 남자에서 혈장내 glutathione peroxidase의 활성이 높은 수준으로 일정하게 유지된다는 것이었다. 북미 성인 남자의 체중을 보정하면 41 μg (0.52 μmol)/일 \times 76 kg/60 kg의 계산식으로부터 52 μg (0.66 μmol)이 계산된다.

뉴질랜드에서는 19~59세 사이의 남자 17명과 여자 35명을 대상으로 연구하였다. 이들의 평균 1일 selenium 섭취량은 $28 \pm 15 \mu\text{g}$ ($0.35 \pm 0.19 \mu\text{mol}$)이었으며 selenomethionine 형태로 selenium을 하루에 0, 10, 20, 30, 40 μg (0, 0.13, 0.25, 0.38, 0.51 μmol)을 20주간 섭취시켰을 때 혈장 glutathione peroxidase의 활성은 모든 실

험자에서 증가되었다 (Duffield 등 1999). 그러나 혈장 glutathione peroxidase의 활성이 10 μg (0.13 μmol) 보충군과 40 μg (0.51 μmol) 보충군간에 유의적인 차이가 없었으므로 식사로 섭취하는 28 μg (0.35 μmol)에 가장 적은 보충량인 10 μg (0.14 μmol)를 더하여 EAR을 38 μg (0.48 μmol)로 계산하였다.

성인의 selenium EAR은 위 두 개의 중재실험을 기본으로 하고 있다. 중국연구에서 혈장 glutathione peroxidase의 활성이 최고가 되는 양을 41 μg (0.52 μmol)으로 하였고 체중을 보정하면 북미사람은 52 μg (0.66 μmol)이 된다. 뉴질랜드실험의 결과는 38 μg (0.48 μmol)이므로 두 값을 평균하여 45 μg (0.57 μmol)을 EAR로 결정되었다. 여성에서 Keshan 질병의 위험이 남자에 비해 높으므로 남자의 높은 기준을 여성에도 적용하였다. 그러므로 19~50세의 남자와 여자 모두 selenium EAR은 45 μg (0.57 μmol)/일이다. Selenium의 RDA는 표준편차에 대한 자료가 없기 때문에 변이계수 10%를 감안하여 EAR의 120%로 하였고, 계산된 값은 5 μg 단위로 정리하였다. Selenium RDA는 19~50세 남자와 여자 모두 55 μg (0.70 μmol)/일이다.

3. 51세 이상

51세 이상에서도 젊은 성인과 같이 위에서 기술한 두개의 중재실험을 기준으로 하여 EAR을 설정하였다. 노인에 있어서 selenium 부족과 관련된 병적인 상태나 selenium 영양상태의 지표가 나이와 성별에 따른 차이가 보이지 않았고, 노화과정에 의해 selenium의 흡수와 활용이 손상되지 않는 것으로 보인다.

그러므로 51세 이상 남자와 여자의 selenium EAR은 성인과 같은 45 μg (0.57 μmol)/일이다. RDA는 변이계수 10%로 감안하여 EAR의 120%로 하였고, 계산된 값은 5 μg 단위로 정리하여 51세 이상의 남자와 여자 모두 selenium RDA는 성인과 같은 55 μg (0.70 μmol)/일이다.