

■ 특별기획 시리즈 ■

영양섭취기준의 새로운 패러다임:
미국/캐나다의 Dietary Reference Intakes (DRIs)
골격의 성장과 유지에 관련된 영양소
- 칼슘, 인, 비타민 D, 마그네슘, 불소 -

이연숙¹⁾ · 김선희²⁾ · 천중희³⁾ · 이상선⁴⁾

서울대학교 식품영양학과,¹⁾ 국민대학교 식품영양학과,²⁾
인하대학교 식품영양학과,³⁾ 한양대학교 식품영양학과⁴⁾

서 론

본 장에서는 골격의 성장과 유지에 관련된 영양소인 칼슘, 인, 비타민D, 마그네슘, 불소에 대한 미국/캐나다의 영양섭취기준 (DRIs)을 제시하고 있다. 칼슘, 인, 비타민 D, 마그네슘, 불소, 이 다섯가지 영양소의 필요량을 추정하는데 있어서는 골격의 성장과 유지가 주요 지표가 되며, 그 외 인간의 건강유지와 질병발생의 위험요인을 줄이는데 있어서 이들 다섯가지 영양소의 생물학적인 역할도 고려되어야 할 것이다. 그러나 새로운 DRIs 산정에 있어서 가장 확실한 기준이 될 수 있는 지표들은 이들 영양소의 기능 중 골격과 치아에 관련된 것들이다.

칼슘의 영양상태를 잘 반영할수 있는 생화학적 혈액분석 지표는 없다. 예를들어 혈중 칼슘 농도는 철저히 조절되므로 좋은 지표가 아니다. 문헌조사에 의하면, 칼슘의 영양상태를 나타내는 많은 간접지표들은 대부분이 골격의 칼슘 함량과 밀접하게 관련되어 있다. Balance 연구에서 결정되는 바람직한 칼슘보유율, 필요량에 대한 요인별 측정치 및 BMD와 BMC 변화에 대한 제한된 자료들이 주요 지표로써 적절하게 사용되며, 이러한 지표들은 골격 칼슘 함량의 변화를 반영하는 합리적인 대리 지표로서 사용될 것이다. 칼슘에 대해 EARs보다 AIs를 설정하기로 결정한 것은 다음의 사항들에 근거하였다.

- 1) 고유한 방법의 불확실성과 바람직한 보유 모델의 기본형인 평형연구로부터 얻어진 값의 정확한 영양적 의미의 불확실성.
- 2) 관찰데이터와 실험데이터의 일치 부족 (미국과 캐나다의 칼슘 평균섭취량은 바람직한 칼슘 보유량 달성에 필요한 실험적 측정값보다 훨씬 더 적다).

3) 이미 정해진 칼슘보유량 달성에 필요한 실험적 칼슘 섭취량과 장기적인 뼈 손실율과 범위, 골절과 같은 임상적 후유증과의 관계를 검증하기 위한 종적 데이터의 부족.

이러한 모든 요인들을 고려하여 볼 때, 칼슘에 대한 EAR은 현재 확립될 수 없다고 결정되었다. 권장된 AI는 칼슘섭취의 대략치를 나타내는 것으로, DRI 위원회 판단으로는 어떤 사람들에게는 더 낮은 섭취량이 적당하다고 인식되지만, 칼슘 영양을 유지하는데 충분해 보인다. 이러한 평가를 위해서 칼슘 충분량에 대한 장기간 측정이나 광범위한 섭취량에 관한 칼슘평형의 추가연구가 더 이루어져야 할 것이다.

인의 요구량 결정에 있어 중요한 지표는 과거에는 칼슘과 연관하여 결정하였으며 한국인의 인 권장량도 제 7 차 개정에서 칼슘과 동일한 양으로 결정하였다. 그러나 미국 DRI에서는 그러한 접근이 적절하지 않다고 보아 인 평형과 혈청 Pi를 중요한 지표로 사용하였다. 인의 평형연구는 논리적으로 영양적인 충족성을 나타내는 지표로 생각되지만 절대적이지는 않다. 예를들면 성인의 경우 혈청 Pi를 정상 범위로 유지하기 어려운 섭취량에서도 인 평형은 0 (zero) 이 될 수 있다. 성장기의 경우에서도 연조직과 뼈의 축적과 비례하여 인 평형은 양성이지만 혈청 Pi가 높게 유지되는 한 양 (positive)의 평형의 정도는 비례하지 않는다. 더욱이 성장만을 위한 요구량을 산출할 수 있는 평형연구의 자료는 없다. 노인의 경우에서도 뼈와 연조직의 상실로 인해 인 평형은 음성 (negative)이지만 혈청 Pi가 정상범위에 있으면 인 평형은 신체내의 다른 변화를 의미하지 인의 섭취량이 충분한지를 나타내지는 않는다. 한편 혈청 Pi는 인의 섭취를 직접적으로 반영하고 인 섭취의 영양적 충분성에 대한 가장 적절한 지표이다. 혈청 Pi가 정상범위에 있으면 건강한 성인이 세포와 뼈의 형성에 필요한 인을 충분히 섭취

한 것으로 해석할 수 있다. 그러므로 성인과 노인은 혈청 Pi 수준을 근거로 권장량을 설정하였으며, 성장기에는 혈청 Pi 수준과 인의 섭취량과는 관련이 적어서 유아, 아동, 청소년의 경우에는 평형연구에 근거하여 요인법 (factorial approach)으로 권장량을 설정하였다.

칼슘대사와 골격건강에 충분한 비타민 D의 요구량을 결정하는 일은 매우 쉽고도 어렵다. 인체에 필요한 양의 비타민 D는 충분한 양의 햇빛을 받으면 피부에서 합성이 될 수 있다. 그러나 피부에서의 비타민 D 합성은 피부 색소의 정도, 위도, 계절, 하루 중 일광을 쬐이는 시간, 옷, 자외선 차단제 사용 등과 같은 다양한 요인에 따라 달라진다.

비타민 D 섭취량을 결정함에 있어 가장 우수한 지표는 혈청 25(OH)D 농도이다. 혈청 25(OH)D 농도가 비타민 D 부족을 판정하는 기준으로 일반적으로 이용되어진다. 25(OH)D의 혈청 내 정상범위는 건강한 집단의 평균 \pm 2 표준편차 (SD)로 8 ± 15 ng/ml로 본다. 그러나 아동과 성인에서 정상적인 칼슘대사와 최대 골질량을 유지하기위해 필수적인 25(OH)D에 관한 자료가 거의 없는 실정이다. 노인의 경우에는 칼슘대사와 골격건강을 위하여 비타민 D 요구량을 증가시켜야 한다는 과학적 근거가 많아서 권장량을 늘려야한다.

체내 마그네슘 요구량 추정에 사용되는 지표들은 Serum Mg, plasma ionized Mg, 적혈구, 골격근육, 뼈, 백혈구 등의 intracellular Mg, Mg balance study, 성장 시 조직에 축적되는 양, Mg tolerance study 등이다. 혈청 마그네슘 농도는 세포내 마그네슘의 유용성을 잘 반영하지 않을 수도 있으나 그럼에도 불구하고 혈청 마그네슘 농도의 측정은 마그네슘 영양상태 판정에 가장 흔히 사용되고 있다. 혈액중 이온화된 마그네슘의 양이 총 혈청 마그네슘의 양보다 마그네슘 영양상태 판정에 더 좋은 지표임이 제시되고 있으나 앞으로 더 연구되어야 할 과제이다. 마그네슘 평형실험은 마그네슘 적정 섭취량 추정에 많이 사용되고 있으나 정확한 섭취량과 배설량 측정에 어려움이 많았다. 미국 DRI 설정에서 마그네슘은 영아에게는 AI가, 그 이후의 모든 연령에서는 EAR과 RDA가 설정되어 있다.

체내 불소 요구량 추정에 사용되는 지표들로서는 충치 예방 효과, 뼈의 무기질 함량, 불소 평형 등이 선정되었다. 불소의 충치 예방효과는 불소의 AI 추정에 좋은 지표이다. 음용수중의 불소 함량과 충치 발생 수, dental fluorosis index와의 관계는 잘 정의되어 있다 (Dean 1942). 장기간 충치 예방에 적절한 양보다 약간 높은 수준으로 불소를 섭취하면 골격의 무기질 함량이 높아져 골다공증의 위험을 줄인다고 한다. 최근 Finland에서 행해진 연구에서 1.0~1.2 mg/L 정

도로 불화된 음용수를 10년 이상 마신 여성에게서 femoral neck BMD는 변화가 없었으나 척추 뼈의 BMD는 약간 증가되었다고 보고되었다 (Kröger 1994). 그러나 data들이 불충분하여 불소의 AI 설정에 사용하기에 문제가 있었다. 불소평형 연구도 영유아와 성인을 대상으로 몇 개 실시되었으나 불소의 AI 추정에 사용하기에 적절하지 못하였다. 따라서 불소의 경우 EAR을 정하기에는 data가 많지 않아 AI를 사용한다. 그리고 AI는 dental fluorosis를 포함한 부작용 등을 갖지 않은 인구 집단에서 충치를 최대한 줄일 수 있는 섭취량 기준으로 설정되었다.

결 소

1. 1~3세 및 4~8세 아동

AI 설정에 사용된 지표들은 칼슘평형연구, 칼슘축적량, Bone mineral content (BMC)이다.

1~8세의 여아들에게 60~200 mg/d의 칼슘축적은 체중에 의한 간접적인 측정 및 DXA사용에 의한 BMC의 직접적 측정에 의해 예측되었다. 이러한 칼슘 축적을 위해 필요로 하는 정확한 칼슘섭취량에 대한 이용 가능한 data는 없다. 평형실험에서 800~900 mg/d의 칼슘섭취량은 평균 174 mg/d의 칼슘보유량을 보였기 때문에, 4~8세의 칼슘AI는 800 mg/d이다. 소년에게 있어서 이용 가능한 평형실험은 없기 때문에 소녀들의 data를 적용한다. 유아기동안에 순수한 축적량은 약 100 mg/d으로 나타나므로, 4~8세의 data에 기초해서 어린이의 순칼슘 보유율을 20%로 한다면, 칼슘섭취 AI를 500 mg/d으로 설정하는 것이 바람직하다.

1994년 CSF II data에서, 1~3세 어린이의 하루 칼슘섭취 중앙값은 766 mg/d이었다. AI 500 mg은 칼슘섭취의 10th percentile 468 mg/d와 25th percentile 599 mg/d의 사이이다. 4~8세 아이들의 칼슘섭취 중앙값은 808 mg/d이고, 이것은 이 연령 group의 AI인 800 mg/d에 매우 근사한 값이다.

2. 9~13세 및 14~18세 청소년

전형적인 최고 칼슘 축적은 보통 소녀는 13세에, 소년은 14.5세에 일어난다. 초경 이후 칼슘보유량은 빠르게 감소하는데, 이때 섭취량은 차이가 없으나 흡수효율이 감소하기 때문이다. 성장기동안에는 연령보다는 성숙속도가 칼슘보유량을 예측하는 더 좋은 인자이다.

AI 설정에 사용된 지표들은 칼슘보유량, BMC 측정을 위한 임상적 시험, 요인별 접근 (Factorial Approach), 역학연구이다.

이 연령층에서 칼슘필요량에 대한 세 가지 주요 연구결과 - 요인별 접근, 최대 골무기질 침착을 위한 칼슘 보유량, 및 다양한 칼슘섭취에 따른 뼈 무기질 함량을 측정 한 임상실험에서 바람직한 칼슘 보유수준에 도달하기 위한 칼슘섭취량의 추정치를 1100~1600 mg/d으로 제시했다. 이 data의 대부분은 소녀들의 평형실험과 임상적 중재실험에 기초했다. 주로 소녀들의 data로부터 소년들의 balance data를 추정해서 설정한 1300 mg/d의 AI는 소년, 소녀 모두에게 있어 적절한 칼슘섭취량으로 판단된다.

1994년 CSF II data에서 9~13세 소년의 칼슘섭취 중앙값은 980 mg/d, 75th percentile의 섭취는 1245 mg/d, 90th percentile의 섭취는 1520 mg/d이다. 따라서 AI 1300 mg/d은 75th percentile보다 약간 위에 있다. 소녀들은 섭취 중앙값은 889 mg/d이고, 90th percentile의 섭취량은 1313 mg/d이어서, 9~13세 소녀의 AI인 1300 mg은 90th percentile 섭취량에 약간 못 미친다. 14~18세 소년의 칼슘 섭취 중앙값은 1094 mg/d이고, 75th percentile은 1422 mg/d이어서 AI 1300 mg/d은 중앙값과 75th percentile 사이가 될 것이다. 소녀들은 중앙값 713 mg/d, 90th percentile은 1293 mg/d 이었다. 따라서 1300 mg의 AI는 95th percentile의 섭취량에 가깝게 될 것이다.

3. 19~30세 성인

19~30세 동안에 최대 골질량이 형성된다. 장골의 성장은 그치지만, 골질의 강화는 계속된다. 11~32세 여성의 BMC의 측정에서 17.9세까지는 전체 골질량의 92%가 존재했고 26.2세까지 99%가 존재했다. 최대골질량의 연령은 골격부위와 성에 따라 다양하게 나타나지만, 성인 이후 약 10년 동안 골량의 축적은 계속된다고 한다.

AI 설정에 사용된 지표들은 칼슘보유량, 요인별 접근이다.

이 연령에서 평균 칼슘 필요량에 대한 추정은 다양한 칼슘섭취를 실험한 임상실험들의 보고가 없고, 전체 뼈 무기질 축적 data부족, 요인 모델에서 땀 손실, 내인성 칼슘의 변종 배설량의 부정확성 등으로 말미암아 어렵다. 따라서 AI 추정은 약간의 뼈 무기질량을 얻을 수 있는 정도에서 섭취량을 결정하는 칼슘 평형실험 결과를 사용했다. 대부분 평형 실험 data가 여성에서 얻어진 사실을 고려하여 여성에 대한 칼슘 섭취 추정치를 남녀 모두에 적용하였다. 다양한 방법으로부터 19~30세 남, 여의 AI 필요량은 1000 mg/d로 설정되었다.

1994년 CSF II data에서, 19~30세 남성의 칼슘섭취 중앙값은 954 mg/d이고, AI 1000 mg에 근접한다. 여성의 중앙값은 612 mg/d, 반면 90th percentile은 985 mg/d

이어서 AI 1000 mg은 90th percentile의 약간 위에 위치한다.

4. 31~50세 성인

AI 설정에 사용된 지표들은 칼슘보유량, 골밀도, 요인별 접근이다. 평형실험과 BMD에 기초해서 AI는 1000 mg/d으로 설정되었다.

1994년 CSF II data에서, 31~50세 남성의 칼슘섭취 중앙값은 857 mg/d이고 75th percentile 섭취량은 1112 mg/d이어서 AI 1000 mg/d은 중앙값과 75th percentile 사이에 위치한다. 여성의 경우, 중앙값은 606 mg/d이고, 90th percentile은 961 mg/d, 95th percentile은 1082 mg/d이다. 따라서 1000 mg/d의 AI는 여성의 섭취량 90th와 95th percentile사이에 위치한다.

5. 51~70세 성인

AI 설정에 사용된 지표들은 칼슘보유량과 골밀도이다.

51~70세 남, 여 AI는 1200 mg/d로 설정되었는데, 이것은 하루 1000 mg 섭취량에서 뼈 손실이 억제되었다는 여성을 대상으로 한 임상실험 data에 기초한 것이다. 평형실험에서 남 또는 남, 여에서 1500 mg/d까지 (평균섭취량 1116 mg/d 및 1214 mg/d) 섭취했을 때 높은 칼슘보유량을 나타냈다. 남성 1000 mg/d에 대한 평형실험은 있지만, 800~1200 mg/d 사이의 data는 없다. AI를 1200 mg/d로 정한 것은 19~30세보다는 칼슘흡수율이 낮아질 것이므로 다소 많이 필요할 것 같아서이다.

1994년 CSF II data에서, 51~70세 남성의 칼슘섭취 중앙값은 708 mg/d이다. AI 1200 mg/d는 90th percentile의 1122 mg/d와 95th percentile의 1268 mg/d 사이에 속한다. 여성의 경우, 중앙값은 571 mg/d이고, AI는 99th percentile의 섭취량인 891 mg/d을 훨씬 초과한 양이다.

6. 70세 이상 노인

AI 설정에 사용된 지표들은 칼슘보유량, 골질, 골밀도이다. 남성과 여성 모두에서 plateau intake를 추정할 만큼 고칼슘 섭취에 대한 data가 너무 적기 때문에 51~70세의 AI 1,200 mg/d와 같게 설정하였다.

1994년 CSF II 섭취량 data에서, 70세 이상 남성의 칼슘 섭취 중앙값은 702 mg/d이고, 95th percentile은 1,185 mg/d이다. 따라서 AI는 95th percentile에 매우 근접하다. 여성의 경우 중앙값은 517 mg/d이고, 99th percentile은 1,037 mg/d이다. 따라서, 70세 이상의 거의 모든 여성은 AI 보다는 적은 량의 칼슘을 섭취하고 있다 (Table 1).

Table 1. 칼슘의 AI

연령	칼슘 AI (mg/day)	칼슘 AI (mmol/day)
0-6개월	210	5.3
7-12개월	270*	6.8
1-3세	500	12.5
4-8세	800	20.0
9-13세	1,300	32.5
14-18세	1,300	32.5
19-30세	1,000	25.0
31-50세	1,000	25.0
51-70세	1,200	30.0
70세 이상	1,200	30.0
임신기 14-18세	1,300	32.5
19-50세	1,000	25.0
수유기 14-18세	1,300	32.5
19-50세	1,000	25.0

*: 모유 (130 mg/d) + 이유보충식 (140 mg/d)에서 칼슘 섭취

Table 2. 인의 DRIs

연령	인 AI (mg/day)	인 EAR (mg/day)	인 RDA (mg/day)
0-6개월	100		
7-12개월	275*		
1-3세		380	460
4-8세		405	500
9-18세		1,055	1,250
19-30세		580	700
31-50세		580	700
51-70세		580	700
70세 이상		580	700
임신기 14-18세		1,055	1,250
19-50세		580	700
수유기 14-18세		1,055	1,250
19-50세		580	700

*: 모유 (75 mg/d) + 이유보충식 (200 mg/d)에서 인 섭취

인

1. 1~3세 아동

1~3세 아동의 DRI는 평균필요량 (EAR)에 근거하여 결정하였다. 평균필요량을 결정하는데 있어, 이 연령대의 아동을 대상으로 한 혈청 P_i 수준, 인 평형, 골무기질함량에 대한 자료가 없어서 체내에서의 인 증가량을 지표로 삼았다. 인 증가량은 1) Fomon 등 (1982)의 체성분 자료에서 추정 한 뼈 조직의 인 함량 또는 2) DEXA로 측정 한 골밀도로 계산한 증가량의 방법으로 추정하였다. 이 연령대 남녀 아동의 인 증가량은 체 성분으로 추정하면 연조직의 0.23%와 뼈의 19%가 인으로 구성되어 있다는 설정에 의해 하루에 54 mg으로 계산하였다. 여기에 노를 통한 배설량 213 mg을 합하면 267 mg이고 흡수율 70%를 고려하면 EAR는 380 mg으로 산정하였다. 인 필요량에 대한 분산 자료가 부족하므로 변이계수를 1 표준편차에 해당하는 10%로 하여 권장량 (RDA)은 평균필요량의 120%인 460 mg으로 설정하였다.

2. 4~8세 아동

1~3세 아동의 경우와 마찬가지로 방법으로 체내 증가량에 의하여 평균필요량을 설정하였다. 4~8세 아동의 인 증가량은 체성분과 평형연구에 의하면 하루에 62 mg이고, 이를 근거로 노를 통한 배설량과 흡수율을 1~3세 아동과 마찬가지로의 요인법으로 계산하면 평균필요량은 405 mg으로 설정하였다. 권장량은 평균필요량에 변이계수 10%를 고려하여 500 mg으로 설정하였다.

3. 9~13세, 14~18세 청소년

사춘기 급성장이 이루어지는 시기이므로 평형연구에서 안정점 (plateau)을 인의 요구량으로 책정하는 것이 가장 바람직하지만 평형연구가 거의 없어서 아동기와 같이 체내 증가량으로 지표를 삼았다. 급성장기의 인 증가량은 하루에 171 mg으로 요인법에 의해 평균섭취량은 1,055 mg으로 산출하였다. 14~18세의 경우에는 성인의 혈청 인 수준곡선을 연장하여 평균섭취량을 계산해보았더니 증가량으로 산출한 위의 값과 동일하였다. 권장량은 변이계수 10%를 고려하여 남, 녀 모두 1,250 mg으로 설정하였다.

4. 19~30세, 31~50세 성인

성인의 평균섭취량은 혈청 P_i를 지표로 결정하였다. 성인의 혈청 P_i수준과 인의 흡수율을 60~65%로 감안하여 인 섭취량을 고려해보면, 혈청 P_i의 최저 정상수준인 2.7 mg/dl를 유지하기 위해서는 580 mg을 섭취해야한다. 그러므로 성인의 평균섭취량은 남녀 모두 580 mg으로 책정하였다. 권장량은 변이계수 10%를 고려하여 남녀 모두 700 mg으로 설정하였다.

5. 51~70세, 70세 이상 노인

이 연령층에 대한 연구 자료가 거의 없고, 장에서의 흡수 효율과 신장에서의 여과율이 나이의 함께 달라지는지를 분명히 알 수 없어서 성인과 동일하게 580 mg을 평균섭취량을 책정하였으며 권장량은 700 mg으로 설정하였다 (Table 2)

비타민 D

1. 1~3세, 4~8세 아동

1~3세 아동의 DRI는 적정섭취량 (AI)에 근거하여 결정

하였다. 아동의 경우 혈청 25(OH)D 수준은 일광조사량과 식이 비타민 D 섭취량과 관련이 크므로 비타민 D 요구의 판정시 혈청 비타민 D 수준이 적절한 생화학적 지표이다. 이 연령대의 아동에서 비타민 D 섭취수준이 골밀도나 혈청 25(OH)D에 미치는 영향을 평가한 연구는 없다. 그러나 혈청 25(OH)D 수준이 8 ng/ml로 내려갔을 때 혈청 내 부갑상선 호르몬의 수준이 증가하였다는 보고가 있다. 남아프리카에서 1~8세 아동을 대상으로 조사한 평균 혈청 수준은 31 ng/ml 이상이였다. 한편 보스턴 지역에 살고 있는 채식주의 아동의 비타민 D 섭취량은 평균 0.6 ± 1.8 ug/d이었는데 70명 중 4명의 아동은 X선으로 진단할 때 비타민 D 결핍증세를 나타내었다. 햇빛을 충분히 받지 못하는 아동이 비타민 D를 평균 1.9~2.5 ug/d 섭취하였더니 비타민 D 결핍증세가 나타나지 않았고 혈청 25(OH)D 수준도 정상이었다. 그러므로 햇빛에 노출되는 정도와 상관없이 이 연령대의 아동은 위의 2.5 ug를 2배로 한 5 ug를 적정섭취량으로 설정하였다.

2. 9~13세, 14~18세 청소년

사춘기에 25(OH)D의 1,25(OH)₂D로의 대사가 증가한다. 1,25(OH)₂D가 혈액에서 증가하면 소장에서 칼슘 흡수를 증가시켜 빠른 골격성장에 필요한 칼슘공급을 늘린다. 그러나 칼슘요구량이 증가하는 것은 아니다. 하루에 2.5~10 ug를 섭취하였을 때 혈청 25(OH)D 수준이 정상이었으며, 마가린으로부터 2.5 ug의 비타민 D를 섭취하는 청소년 대부분에서 혈청 25(OH)D 수준이 정상이었다. 또한 2.5 ug 이하를 섭취한 터키의 12~17세 청소년에게서 비타민 D 결핍증세를 볼 수 있었으므로 2.5 ug를 2배로 하여 5 ug를 적정섭취량을 설정하였다.

3. 19~30세, 31~50세 성인

이 연령에서 비타민 D 공급은 주로 햇빛과 식사에 의존하는데 피부에서 비타민 D 합성이 겨울에 현저히 감소하므로 한대지방에 살고 있는 사람에게서 비타민 D 결핍증이 나타나게 된다. 겨울철에 네브라스카주에 사는 여자의 평균 비타민 D 섭취량은 3.3~3.4 ug이었고 혈청 비타민 D 수준은 12 ng/ml 이상이였다. 남자의 적정섭취량은 여자와 동일하다고 보고 19~50세 남녀의 적정섭취량은 위의 값을 내려서 2.5 ug으로 잡고 이를 2배한 5.0 ug으로 설정하였다.

4. 51~70세 성인 및 노인

이 연령에서는 비타민 D 요구량은 햇빛에 거의 의존하여 충족하지만 자외선 차단제를 사용하고 피부를 가리는 옷을 주로 입고 노화로 인해 피부에서 비타민 D의 생산량 감소 등 다양한 요인에 의해 비타민 D 결핍증이 나타나기 쉽다.

또한 뼈의 상실이 급격히 증가하는 연령인데 비타민 D 보충제를 섭취하면 골밀도 감소가 줄어드는 현상을 볼 수 있다. 골손실을 비타민 D 요구의 지표로 사용하면 하루에 2.5 ug의 비타민 D 섭취로는 충분하지 않다. 비타민 D 섭취가 5.5 ug 이상일 때 혈중 부갑상선호르몬 농도에 계절적 변화가 나타나지 않았다. 이를 감안하여 5 ug를 2배로 한 10 ug를 적정섭취량으로 설정하였다.

5. 70세 이상의 노인

70세 이상의 노인에서 연령이 증가하면서 혈중 25(OH)D 수준이 감소하면 골연화증이나 골다공증으로 인한 골절의 위험성이 증가한다는 증거는 많다. 혈청 25(OH)D 농도가 15 ng/ml 이하일 때 부갑상선기능항진증, 혈청 칼슘과 인 수준 저하, 뇨 중 칼슘 배설량 감소, 혈청 알칼라인 포스파테이즈 수준 증가 등의 준임상적 결핍증세가 나타난다. 유럽과 북미지역의 연구에 의하면 노인에게 10~20 ug/d의 보충제를 제공하였더니 저비타민 D혈증과 골격건강이 개선되었다. 그리고 노인에게 9.6, 7.1, 5.2 ug/d의 비타민 D를 제공하였더니 8, 14, 45%의 대상이 혈청 25(OH)D 수준이 낮았다고 한다. 그러므로 70세 이상의 노인은 햇빛노출이 제한되고 비타민 D 저장량이 적으므로 하루에 7.5 ug를 섭취해야 결핍증세가 나타나지 않으므로 이를 2배로 한 15 ug를 적정섭취량으로 설정하였다 (Table 3).

마그네슘

1. 1~13세 아동

1세에서 8세 사이 아동에 대해서는 balance study가 전혀 없어 Abran, Andon, Greger, Schwarts 등이 연구한 청소년의 balance study결과 얻은 data인 5 mg/kg/day를 기본으로 체중과 성장률 등을 고려하여 계산하였다.

9~13세 남아와 여아는 모두 balance study 결과 EAR이 5 mg/kg/day로 추정되어 이를 기준으로 사용하였다.

EAR

1~3세 : $5 \text{ mg} \times \text{표준체중 } 13 \text{ kg} = 65 \text{ mg/day}$

Table 3. 비타민 D의 AI

연령	비타민D AI ($\mu\text{g/day}$)
1 - 12개월	5
1 - 18세	5
19 - 50세	5
51 - 70세	10
70세 이상	15
임신기, 수유기 14 - 50세	5

4~8세 : $5 \text{ mg} \times \text{표준체중 } 22 \text{ kg} = 110 \text{ mg/day}$
 9~13세 : $5 \text{ mg} \times \text{표준체중 } 40 \text{ kg} = 200 \text{ mg/day}$

RDA = EAR × 2CV (10%)

1~3세 : $65 \text{ mg} \times 1.2 = 80 \text{ mg/day}$
 4~8세 : $110 \text{ mg} \times 1.2 = 130 \text{ mg/day}$
 9~13세 : $200 \text{ mg} \times 1.2 = 240 \text{ mg/day}$

2. 14~18세 청소년

14세에서 18세의 55 kg 정도의 청소년은 balance study (Abrams 1997) 결과 1~13세 아동에게 적용되었던 양인 5 mg/kg/day에 추가로 1일 8 mg 정도의 Mg이 축적되는 것으로 나타났다. 따라서 이들의 Mg 흡수율을 40% (30~50%)로 가정할 때 식사에서 1일 16 mg 정도, 즉 약 0.3 mg/kg/day의 Mg이 추가로 필요한 것으로 계산되었다. 따라서 14~18세 남녀 청소년의 EAR은 5.3 mg/kg/day를 기준으로 책정하였다.

EAR

남성 $5.3 \text{ mg} \times \text{표준체중 } 64 \text{ kg} = 340 \text{ mg/day}$
 여성 $5.3 \text{ mg} \times \text{표준체중 } 57 \text{ kg} = 300 \text{ mg/day}$

RDA = EAR × 2CV (10%)

남성 $340 \text{ mg} \times 1.2 = 410 \text{ mg/day}$
 여성 $300 \text{ mg} \times 1.2 = 360 \text{ mg/day}$

3. 19~30세 성인

Lakshumanan (1984)의 연구외에 남성을 대상으로 한 Mg balance study 결과, 19세에서 30세 사이 남성의 EAR은 330 mg/day로 추정되었다. 이 값은 상당기간동안 Mg 질소평형을 유지하면서 개인의 체내 총 Mg 수준을 유지할 수 있는 양이다. 그러나 Mg 섭취와, 심혈관질환 발생 위험과의 관계를 연구한 논문은 부족하였으며, 따라서 이 EAR 값은 이 시기의 지속적인 Mg 축적에 대한 필요성을 지지하기에는 data가 부족한 것으로 사료되었다.

여성의 경우 Lakshumanan 등 (1984)의 Mg balance study 결과 239 mg/day 섭취 시 음의평형을 보였고 Wisker 등 (1991)의 연구에서 255 mg/day 이상 섭취 시 상당기간 동안 Mg 질소 평형을 유지하면서 체내 총 Mg수준을 유지할 수 있는 양인 255 mg/day를 EAR로 책정하였다.

EAR

남성 330 mg/day
 여성 255 mg/day

RDA = EAR × 2CV (10%)

남성 $330 \text{ mg} \times 1.2 = 400 \text{ mg/day}$
 여성 $255 \text{ mg} \times 1.2 = 310 \text{ mg/day}$

4. 31~50세 성인

31세에서 50세 남성을 대상으로는 5개의 balance study가 행해졌는데 이들의 연구결과를 보면, 이 시기의 남성은 19~30세 사이 남성의 Mg 필요량과 많이 다르지는 않으나 300~350 mg/day 사이 섭취 시, 나이가 많은 군에서 음의 질소평형을 보인 경우가 더 많았다. 따라서 연령 증가에 따라 fiber 섭취가 더 많아질 것으로 예상하여 31세에서 50세 남성의 EAR을 19세에서 30세 남성보다는 약간 높은 350 mg/day로 책정하였다. 여성의 경우는 25~53세 사이의 여성을 대상으로 balance study를 한 Lakshumanan 등 (1984)의 연구에서 나온 Mg 평균섭취량 231 mg/day에 기초하였다. 그러나 연령이 증가함에 따라 체내 Mg 상태 유지에 중요한 신장기능이 감소한다는 사실과 연구대상자 중 연령이 높을수록 같은 섭취량에도 음의 평형을 보이는 비율이 높았음을 고려하여 31~50세 여성의 경우 EAR을 19~30세 여성 보다 높게 265 mg/day로 책정하였다.

EAR

남성 350 mg/day
 여성 265 mg/day

RDA = EAR × 2CV (10%)

남성 $350 \text{ mg} \times 1.2 = 420 \text{ mg/day}$
 여성 $265 \text{ mg} \times 1.2 = 320 \text{ mg/day}$

5. 51~70세 성인

51세에서 70세 사이 남성을 대상으로 한 balance study는 Schwartz 등 (1984)의 연구 등 5개의 연구가 있다. Balance study를 유지하기 위한 다른 연구결과들과 종합해 볼 때 Mg EAR은 330~380 mg/day 사이로 추정된다.

식이 Mg이 300~350 mg/day일 때, 보다 젊은 층인 31~50세 사이에서 음의 평형을 보이는 비율이 좀 더 높았으나 연령이 증가하면 Mg 항상성을 유지하기 위한 신장의 기능이 감소하는 것을 고려하여 51~70세의 남성도 31~50세 남성과 같이 350 mg/day를 EAR로 책정하였다.

51세에서 70세 사이의 여성을 대상으로 한 balance study는 없기 때문에 31~50세 사이를 대상으로 한 연구에 기초하여 EAR을 추정하였다. 여성의 경우는 31~50세의 EAR 추정에서 이미 신장기능의 감소요인을 반영하였기 때문에 51~70세 기간에는 더 이상의 신장기능 감소 요인을 추가하

Table 4. 마그네슘의 DRIs

연령	마그네슘 AI (mg/day)	마그네슘 EAR (mg/day)	마그네슘 RDA (mg/day)
0 - 6개월	30		
7 - 12개월	75*		
1 - 3세		65	80
4 - 8세		110	130
9 - 13세		200	240
14 - 18세 남성		340	410
여성		300	360
19 - 30세 남성		330	400
여성		255	310
31 - 50세 남성		350	420
여성		265	320
51 - 70세 남성		350	420
여성		265	320
70세이상 남성		350	420
여성		265	320
임신기 14 - 18세		335	400
19 - 30세		290	350
31 - 50세		300	360
수유기 14 - 18세		300	360
19 - 30세		255	310
31 - 50세		265	320

*모유 (20 mg/d) + 이유보충식 (55 mg/d)에서 Mg 섭취량

지 않고 EAR을 31~50세의 여성과 같은 265 mg/day로 책정하였다.

6. 70세 이상 노인

70세 이상의 노인을 대상으로 한 Mg의 연구로 balance study는 행해진 것이 없었으며, Gullestad 등 (1994)이 실시한 Mg tolerance test에서 남성의 평균 추정 섭취량이 380 mg/day, 여성의 경우 300 mg/day로 보고되었다.

Touitou 등 (1987)은 적혈구 세포내 Mg 축적량 연구에서 Mg 필요량이 240 mg/day라고 하였고, Paolisso 등 (1992)은 311 mg/day의 섭취 시 젊은 대조군 보다 노인에게서 더 낮은 적혈구 Mg 농도를 보였다고 한다. 그러나 70세 이상 노인에게 행해진 연구의 결과들은 이들의 EAR 측

Table 5. 불소의 DRIs

연령	불소 AI (mg/day)
0 - 6개월	0.01
7 - 12개월	0.5*
1 - 3세	0.7
4 - 8세	1.0
9 - 13세 남성	2
여성	2
14 - 18세 남성	3
여성	3
19세 이상 남성	4
여성	3
임신기, 수유기 14 - 50세	3

*모유 + 이유보충식 불소섭취량 모두 고려

정에 사용할 만큼 타당성이 충분하지 않았다. 따라서 70세 이상 노인은 신장기능 감소 등을 고려하여 이들보다 더 젊은 성인들의 EAR과 동일하게 책정하였다 (Table 4).

불 소

1980년 이래 미국의 영아와 아동을 대상으로 조사한 불소 섭취량은 모두 0.05 mg/kg/day에 근접하고 있으며(Horowitz 1996), 연령이 그 보다 더 높은 아동과 성인의 불소 섭취량은 절대량은 높아졌으나 체중당 섭취량으로 표시하면 0.05 mg/kg/day보다는 낮게 나타났다. 따라서 전 연령에서 모든 급원 (음식물, 음용수, 구강제품 등)으로부터 일상적으로 섭취하는 불소의 적정 섭취량 (AI)을 0.05 mg/kg/day로 추정하여 계산하였다 (Table 5).

1~3세 0.05 mg × 표준체중 13 kg = 0.7 mg/day

4~8세 0.05 mg × 표준체중 22 kg = 1.0 mg/day

9~13세 남성 0.05 mg × 표준체중 40 kg = 2 mg/day

여성 0.05 mg × 표준체중 40 kg = 2 mg/day

14~18세 남성 0.05 mg × 표준체중 64 kg = 3 mg/day

여성 0.05 mg × 표준체중 57 kg = 3 mg/day

19세 이상 남성 0.05 mg × 표준체중 76 kg = 4 mg/day

여성 0.05 mg × 표준체중 61 kg = 3 mg/day