

## 미량영양소의 권장량 설정을 위한 이론적 배경

천 종 희 (인하대학교 생활과학대학 식품영양학과)

영양권장량이란 일반 건강한 대다수 국민의 영양 요구량을 충족시키기 위하여 권장되는 영양소의 섭취수준이다. 영양권장량은 식사 계획시의 기준으로 사용될 뿐 아니라 개인이나 인구집단의 영양상태 평가의 기준이 된다. 또한 식량수급정책, 국민 건강 증진 방안, 결핍증 및 과잉증 예방 대책, 식인성 질병 예방 대책 등 식품과 영양 정책 수립의 기준으로도 활용되며 가공 식품의 영양 표시 기준으로도 사용되고 있다. 그러나 영양권장량은 개인의 영양소 섭취량을 측정하여 영양상태를 판정하는 기준으로는 적절하지 않은 것으로 나타나는 등 모든 목적에 다 합당하지는 않은 개념이다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 미국과 캐나다에서는 1997년부터 DRI(Dieting Reference Intake) 개념을 도입하여 영양소 섭취량의 기준을 다양화하여 제시하고 있다.

본 발표에서는 DRI의 개념을 먼저 설명한 후 연령과 성별, 임신, 수유에 따른 미국의 미량영양소 권장량 설정의 배경을 B-Vitamin과 칼슘을 중심으로 살펴보고 우리나라의 미량영양소 권장량 설정의 기준을 간단히 설명하고자 한다.

### 1. DRI의 종류와 이용

DRI ( Dietary Reference Intakes )란 건강한 사람의 식사를 계획하고 평가하는데 사용될 수 있는 영양소 섭취 기준량이다.

DRI를 설정하기 위해서는 사람을 대상으로 한 관찰 연구와 실험 연구로부터 얻은 과학적인 data를 사용한다. 관찰 연구로는 역학적 연구와 다양한 case control study 등을 포함하며, 실험 연구로는 결핍증 치료와 예방을 위한 임상적 시도, dose - response study 나 balance study , turnover , depletion-repletion study 등을 포함한다. DRI은 다음과 같은 4개의 영양소 섭취 기준을 포괄하고 있다.

#### 1) EAR ( Estimated Average Requirement )

EAR 은 건강한 인구 집단의 50%에 해당하는 사람들의 영양 요구량을 만족시킬 수 있는 영양소 섭취량이다. 다시 말하면, EAR 수준의 섭취량은 나머지 50%인구의 영양 요구량은 충족시킬 수 없다는 의미이다.

EAR은 식사계획시 특정 인구 집단의 평균 섭취량 목표를 설정할 때나 영양 섭취 정도를 평가할 때 사용될 수 있다.

## 2) RDA ( Recommended Dietary Allowance )

RDA는 건강한 인구 집단의 거의 모든 사람( 97-98% )의 영양요구량을 만족시키기에 충분한 수준의 영양 섭취량이다. 따라서 RDA는 그 인구 집단에 속하는 대부분 사람들의 영양 요구량보다 높은 수치이다. RDA는 보통 EAR을 기준으로 하여 설정된다.

해당 영양소의 요구량이 정규 분포를 이루어 EAR의 표준 편차 (SD)계산이 가능한 경우 ;

$$RDA = EAR + 2SD_{EAR} \text{ 로 계산한다.}$$

해당 영양소의 요구량이 매우 다양하여 정규 분포를 이루지 못하고, EAR의 표준 편차(SD) 계산이 불가능한 경우, 변이 계수를 이용한다.

변이 계수가 10%인 경우,

$$\begin{aligned} RDA &= EAR + 2( \text{ 변이 계수 } \times EAR ) \\ &= EAR + 2( 0.1 \times EAR ) \\ &= 1.2 \times EAR \text{ 로 계산한다.} \end{aligned}$$

## 3) AI ( Adequate Intake )

AI는 해당영양소의 결핍을 보이지 않는 건강한 인구 집단의 영양소 섭취량을 실험적으로 추정하거나 관찰한 양이다. 다시 말하면 체내 그 영양소의 영양상태를 정상적으로 유지하기 위한 섭취량을 말한다.

AI는 EAR을 계산할 충분한 data가 부족하여 RDA를 결정할 수 없을 때 대신 사용된다. AI와 RDA는 모두 개인의 영양 섭취 목표량으로 사용될 수 있다. 그러나 AI는 RDA보다 확실성이 적으므로 사용에 있어서 RDA보다 더 주의를 요한다.

## 4) UL ( Tolerable Upper Intake Level )

UL은 그 집단에 속한 거의 모든 사람에게 건강상 해로운 영향을 주지 않는 영양소 섭취 상한선을 말한다. 따라서 UL이상으로 섭취량을 증가시키면 과잉증의 위험도도 증가한다. Tolerable이라는 용어는 그 양까지 섭취하면 유익한 효과를 줄 수 있다는 의미를 배제하기 위한 것이며 또한 UL의 수준이 생물학적으로 유해하지 않고 받아들여질 수 있는 양이라는 것을 의미하는 것이다.

미량 영양소인 비타민과 무기질은 체내 요구량은 매우 작는데 비하여 쉽게 과량을 섭취할 가능성이 많은 영양소이고 지용성 비타민과 일부 미량원소는 한번 흡수되면 배설도 쉽지 않아 독성을 나타내기 쉽다.

최근에는 건강에 대한 관심의 증가로 비타민과 무기질 보충제 섭취와 비타민과 무기질이 강화 또는 첨가된 식품의 섭취가 증가하고 있으며 또한 건강식품의 무분별한 섭취를 통해 일부 미량영양소의 과잉 섭취는 매우 우려할 만하다. 따라서 설정근거가 있는 미량 영양소에 대해서는 UL을 제시하여 영양소의 과잉 섭취 위험을 줄이고자 DRI에 UL의 개념이 도입된 것이다.

UL의 설정에는 식품의 안전성을 평가할 때 이용하는 hazard identification, dose-response assessment, intake assessment, risk characterization 등 4단계의 위해 평가과정을 거치게 된다.

## 2. 연령과 성별, 임신, 수유에 따른 권장량 설정 기준

EAR과 EAR에 근거한 RDA산정, AI 추정등에 있어서 연령과 성, 임신 및 수유에 따른 집단별 권장량 산정 원칙을 미국의 B vitamin을 예로 설명하고자 한다.

### 1) 영아의 AI

영아의 경우 AI를 사용하며, 건강한 모체에서 태어나고 모유수유만을 하는 full-term infant 의 평균 섭취량을 기준으로 한다.

0-5개월 영아는 2-6개월 사이에 분비되는 모유 성분의 평균합량을 이용하고 1일 평균 섭취량은 0.78L로 한다.

6-11개월 영아는 모유와 고형식의 혼합 식이를 먹는 기간이므로 모유 섭취량은 1일 0.6L로 하며 여기에 고형식에 포함된 영양소를 첨가하여 계산한다.

age group	growth factor
7개월 - 3세	0.30
4 - 8세	0.15
9 - 13세	0.15
14 - 18세	0.15(남) 0.0(여)

### 2) 성인 data를 어린이와 청소년에게 적용하는 방법

1세이상 어린이와 청소년의 data가 없을 때 이들의 AI나 EAR은 성인의 값을 이용하여 추정한다. 이 때,

- ① 어린이나 어른 모두 대사체중(  $kg^{0.75}$  ) 당 신체유지를 위해 필요한 요구량은 다 같고,
- ② 성인의 EAR은 신체 유지를 위한 요구량이며,
- ③ 성장을 위해 필요한 extra B vitamins의 요구 비율은 성장에 필요한 extra protein 요구 비율과 같고,
- ④ 표준 체중이 달라지기 시작하는 14세 이전까지는 남녀의 요구량이 다르지 않는 것을 전제로 한다.

$$EAR_{child} = EAR_{adult} (F)$$

$$F = ( W_{tchild} / W_{tadult} )^{0.75} ( 1 + growth\ factor )$$

growth factor : 단백질 필요량 증가에 비해

RDA 산정을 위해서는 EAR에 10% 번이 계수를 적용한다.

### 3) 임신으로 인해 증가된 요구량 결정법

모체는 biotin을 제외한 수용성 비타민을 태반을 통해 태아에게 능동적으로 활발히 전달한다. 임신부를 위한 EAR, RDA, AI 결정에 사용될 수 있는 실험 data가 현재로는 부족하기 때문에 이론적으로는 ① 태아에게 전달되는 양, ② 모체의 에너지와 단백질 대사 증가에 따른 B vitamins 증가 양을 고려하여 책정한다.

### 4) 수유로 인해 증가된 요구량 결정법

수유부의 B vitamins 요구량은 같은 나이의 비임신, 비수유 여성의 요구량에 모유 생산에 필요로 되는 양을 추가한 양으로 결정한다. 이 때 B vitamins 의 체내 효율을 고려하여 모유내의 함량보다 더 많은 양을 증가하게 된다.

## 3. 미국의 칼슘 권장량 설정 배경

미국에서는 칼슘의 식이 섭취 기준량 제시에 있어서 balance study 결과의 신뢰성이 적고, 바람직한 칼슘 축적량 추정에 있어서 실험적 data와 실제 섭취량을 관찰한 연구의 data가 차이가 많이 나며 또한 종단적 연구 결과의 부족등을 이유로 EAR을 기준으로 하지 않고 AI를 사용하고 있다.

### 1) 영아

영아는 섭취하는 모유속의 함량을 기본으로 계산한다.

0 - 6 개월	0.78L 의 모유섭취	210mg Ca
7 - 12개월	0.6L 의 모유섭취	130mg
	고형식	<u>140mg</u>
		270mg Ca

### 2) 1-3세, 4-8세 어린이

정상적인 칼슘축적량을 유지시키는 섭취량을 사용한다.

4-8세 아동은 800-900mg/d 섭취시 174mg/d의 칼슘이 축적되며, 1-3세 아동은 4-8세 아동의 data를 적용하여 계산한 결과 칼슘축적량이 100mg/d로 나타났다. 이 시기에는 섭취한 칼슘의 약 20%가 축적되므로 축적량으로부터 섭취량을 추정하여 1 - 3세는 500mg, 4 - 8세는 800mg을 권장한다.

### 3) 9-13세, 14-18세

제2의 급성장기이며, 칼슘축적량 증가가 최고에 달하는 시기가 여자는 13세, 남자는 14.5세에 일어난다. 축적량과 손실량, 흡수율을 고려한 요인가산법적인 접근, 칼슘축

적량을 유지 하기 위한 섭취량등에 관한 연구 결과 바람직한 칼슘축적량을 얻기 위해서는 1.100-1.600mg정도의 칼슘섭취가 적당한 것으로 추정되었다. 따라서 이것의 중간정도로 AI를 설정하여 9 - 13세는 1.300mg, 14 - 18세 1.300mg를 권장한다.

#### 4) 19-30세 성인

이 시기는 bone mass가 최고에 달하는 시기이다. 미국 여성을 대상으로 한 연구 결과 총 골질량의 92%가 17.9세에 99%가 26.2세에 이루어지는 것으로 보고되었다. 요인가산법에 의하면 여자 1360mg/d, 남자 1437mg/d로 계산되나 이 연령군에 대한 임상적인 시도나 balance study 등도 많지 않아 이용 가능한 data가 적은 편이다. 바람직한 칼슘축적량 유지를 위한 섭취량등의 자료를 이용하여 권장량은 1000mg으로 설정되었다.

#### 5) 31-50세 성인

성인 여성을 대상으로 한 여러 balance study 결과 30-39세 여성은 950mg/d, 40-49세 여성은 840mg/d, 35-50세 여성은 661mg/d등의 요구량을 보여주고 있고 골밀도 유지에 필요한 양으로서 1000mg/d정도가 제시되었다. 요인가산법에 의해서는 여자가 1360mg, 남자가 1270mg이 제시되었다. 권장량은 1.000mg으로 설정되었다.

#### 6) 51-70세 성인 및 노인

칼슘축적량은 없고 골격의 칼슘손실이 생기는 시기이다. 여러 balance study 결과, 남성의 경우 칼슘손실을 최소화하기 위한 칼슘섭취량은 800-1200mg정도이며, 50세 이상의 여성의 경우 섭취 필요량은 적어도 1000mg이상이 되어야 한다고 제시되었다. 골밀도의 변화는 골격의 부위, 폐경연령, 평소 칼슘섭취량등에 따라 다양하게 나타난다. 폐경후 1년내 추가된 칼슘섭취는 척추 골밀도에는 크게 유익하지는 않으나 골피질이 많은 대퇴부나 요골의 밀도에는 더 많은 영향을 준다. 또 폐경 연령이 낮은 여성보다는 폐경 연령이 높은 여성이 칼슘의 추가섭취에 반응을 잘하며 평소에 낮거나 중등도 정도의 칼슘섭취를 하는 여성이 칼슘의 추가섭취시 골밀도에 더 긍정적인 반응을 보인다.

칼슘을 1000mg이상 섭취시켰을 때 골 손실이 감소 되었으며 나이가 증가하면 흡수율이 감소하므로 19-30세에 비해 섭취량이 높아져야 할 것으로 예상되어 권장량을 1.200mg으로 설정한다.

#### 7) 70세 이상 노인

이 시기 노인의 칼슘요구량에 대해서는 유용한 data가 매우 부족한 편이므로 51-70세의 경우에 준하여 1.200mg으로 설정한다.

#### 8) 임신부

임신 중에는 총 23-30g의 칼슘이 태아에게 축적되며 칼슘축적은 주로 임신 third trimester 에 많이 일어난다.

임신부의 골격 무기질량에 관한 연구결과 모체의 골격 칼슘이 태아의 칼슘요구량을 위한 저장고로서 역할을 하지 않는다고 하며, 태아의 칼슘요구에 대한 모체의 적응 반응은 임신중 칼슘의 흡수율을 증가시키는 것이다. 따라서 비임신시 골격의 칼슘 축적량을 최대화 할 수 있는 정도의 충분한 양의 칼슘 섭취가 임신 중에서도 이루어진다면 따로 칼슘을 추가 섭취시킬 필요는 없다. 임신부 중 14 - 18세는 1.300mg, 19 - 30세는 1.000mg, 31 - 50세는 1.000mg을 권장한다.

#### 9) 수유부

수유 기간 중 일어나는 모체골격에서의 칼슘 손실은 칼슘섭취량을 증가시킨다 해도 예방되지는 않으며 손실된 칼슘은 이유후에 다시 보충된다. 따라서 수유부의 칼슘 섭취량은 비임신, 비수유 여성보다 증가시킬 필요는 없으며 수유부 중 14 - 18세는 1.300mg, 19 - 30세는 1.000mg, 31 - 50세는 1.000mg을 권장한다.

### 4. 우리나라 미량 영양소 권장량의 설정 기준

우리나라에서는 제 6차 영양권장량 개정시부터 권장량을 설정하는 미량 영양소를 지용성 비타민으로 A, D, E, 수용성 비타민으로 C와 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, 나이아신, B<sub>6</sub>, 엽산, 다량 무기질로서 칼슘과 인, 미량 무기질로서 철분과 아연등 총 13종으로 하고 있다.

우리나라의 미량 영양소 권장량 설정의 근거를 보면, 대부분의 경우 balance study 나 depletion/repletion study를 통하여 생리적 필요량을 추정하거나 적절한 노중 배설량 유지, 결핍증 방지와 바람직한 조직의 저장량과 포화도를 유지하기 위한 평균 영양소 필요량을 추정한 후 영양소의 이용율등을 적용시키고, 그 지역 인구 집단의 식습관, 식이 섭취 실태, 식품의 유용성등을 고려하여 최종적인 권장량을 책정하고 있다.

각 영양소 별 평균 영양소 필요량 설정의 기준은 다음과 같다.

#### 1) 지용성 비타민

##### ① 비타민 A

과거 최소 요구량으로 depletion/repletion study를 통하여 손상된 암적용 능력과 망막 전위도, 혈중 레티놀 수준을 정상으로 회복시키는 최저수준을 사용하였다.

현재 우리나라는 체내 최소한의 vit A보유량을 유지시키기 위해 요구되는 레티놀의 평균 섭취량(FAO제시)인 526 $\mu$ g을 기준으로 하고 있다.

##### ② 비타민 D

자외선 조사에 의해 피부에서 합성되지만 합성량은 피부의 노출부위, 노출시간 등에 따라 개인차가 많으므로 최저 필요량 설정에 확실한 근거가 부족한 편이다. 구루

병을 예방할 수 있는 양은  $2.5\mu\text{g}/\text{d}$ 이며  $7.5\text{-}10\mu\text{g}/\text{d}$ 로 섭취량을 늘이면 Ca흡수가 증가되고 성장이 촉진되는 사실을 기준으로 한다. (FAO/WHO)

### ③ 비타민 E

혈액 tocopherol 농도를  $0.5\text{mg}/\text{dl}$  이상 유지 시킬 수 있는 섭취량을 기준으로 한다. 비타민 E요구량은 세포내 불포화 지방산의 양과 상관관계가 있으며 또한 세포의 지방산 조성은 식이지방의 종류와 양에 따라 영향을 받게 되므로 식이 지방의 종류에 따라 비타민 E요구량은 달라진다. 우리나라는 생선 섭취가 높으므로 다가 불포화 지방산의 비율이 높아 불포화 지방산에 대한 비타민 E의 비율이 0.5정도가 적당하며 다가 불포화 지방산의 섭취량은  $10\text{-}18\text{g}$ 으로 추정한다.

## 2) 수용성 비타민

### ① 비타민 B<sub>1</sub>

적혈구 transketolase 활성도 유지에 필요한 양인  $0.4\text{-}0.5\text{mg}/1000\text{kcal}$ , 뇨중 thiamin 배설량 유지에 필요한 최저 요구량등을 기준으로 한다.

우리나라는 탄수화물 섭취비율이 비교적 높기 때문에(64.8%,1995) 제안된 thiamin 기준양 중 최상한선인  $0.5\text{mg}/1000\text{kcal}$ 를 기준으로 한다.

### ② 비타민 B<sub>2</sub>

리보플라빈의 뇨배설량을 정상으로 유지시키기 위한 섭취량인  $0.5\text{mg}/1000\text{kcal}$ , EGR( erythrocyte glutathione reductase ) 활동계수를 1.2이하로 할 수 있는 섭취량등을 기준으로 한다. 권장량은  $0.6\text{mg}/1000\text{kcal}$ 으로 책정한다.

### ③ 나이아신

나이아신의 뇨중 대사물인 N'-methylnicotinamide과 N'-methyl-2-pyridone-5-carboxamide의 배설량 유지에 필요한 양을 기준으로 한다. Dose-dependent study에서 tryptophane  $200\text{mg}$ ( $3.3\text{mgNE}$ )과  $8\text{-}10\text{mg}$ 의 niacin을 더하여  $11.3\text{-}13.3\text{mgNE}$ 을 섭취시켰을 때 뇨중의 niacin 대사물이 증가되기 시작하였고 이 양이 체내 고갈을 방지할 수 있는 양으로 제시되었다. pellagra를 예방하기 위해서는  $4.4\text{mgNE}/1000\text{kcal}$ 가 필요하다. 안전율을 고려하여 우리나라는  $6.6\text{mgNE}/1000\text{kcal}$ 를 권장량으로 책정한다.

### ④ 비타민 B<sub>6</sub>

수용성 비타민이면서도 인체에 상당량 저장되어 필요량 설정이 어렵다. 혈장 PLP농도와 뇨중 4-pyridoxic acid 배설량이 기준으로 사용되는데 이는 단백질 섭취와 역상관이 있고 단백질 섭취가 늘어날수록 B<sub>6</sub>요구량이 증가되므로 B<sub>6</sub>필요량은 단백질 소비량을 기준으로 정해진다.

Depletion/Repletion study에서  $0.01\text{-}0.028\text{mg}/\text{g}$  protein 섭취시 혈장 PLP농도가 정

상으로 유지되었다. 우리나라의 경우 섭취하는 B<sub>6</sub> 의 70%가 이용율이 낮은 식물성 식품에서 섭취되므로 0.02mg/g protein 의 vit B<sub>6</sub>가 권장된다.

### ⑤ 엽산

엽산의 권장량은 최소필요량을 기준으로 개인간 변이와 이용율, 저장량을 고려하여 추정하는 방법과 엽산 영양상태가 양호한 집단의 평상시 엽산 섭취량을 고려하여 책정하는 방법이 있다.

무엽산식이 섭취시 엽산 손실량은 1 $\mu$ g/kg체중이며 이를 기준으로 흡수율과 안전율을 고려하면 권장량은 약 3 $\mu$ g/kg체중이 된다. Sauberlich 는 balance study를 통해 체내 엽산 수준을 정상으로 유지하기 위해서는 200-250 $\mu$ g/d, 체내 저장량을 충분히 확보하기 위해서는 300 $\mu$ g이 필요하다고 하였다. 현재는 FAO/WHO 기준 (3.1 $\mu$ g/kg 체중)과 Sauberlich 의 결과를 절충해서 사용한다.

### ⑥ 비타민 C

비타민 C의 필요량 설정의 기준으로는 dose-dependent study에서 비타민 C가 대사되지 않은 채 그대로 소변으로 배설되기 시작하는 섭취량을 사용한다. 비타민 C의 현재 섭취량은 권장량을 훨씬 상회하는 수준이며, 만성질환 예방 차원과 다른나라의 비타민 권장량과 비교하여 보면 상향조절할 필요가 있다.

## 3) 다량 무기질

### ① 칼슘

일생을 통해 적절한 골격 발달과 골격 건강을 유지하기 위해 요구되는 칼슘 섭취량이 최소 필요량이며 이는 기본적으로 balance study 결과를 기초로 한다. 그러나 balance study 이용에는 여러 제한점등이 있기 때문에 6차 개정부터 우리나라는 Schaafsma가 제시한 요인가산법을 이용하여 최소필요량을 결정한다. 요인가산법에서는 칼슘 불가피 손실량으로 뇨중 칼슘 배설량( $Wt^{0.75} \times 6\text{mg/d}$ ) 과 피부를 통한 손실량( $Wt^{0.75} \times 1\text{mg/d}$ )을 더하고 여기에 골격 칼슘 축적량(남자 16.3g/kg, 여자14.8g/kg) 을 더하여 최소필요량을 설정하며 여기에 흡수율과 안전율을 고려하여 권장량을 설정한다.

### ② 인

인의 권장량은 칼슘과 동량으로 권장되며 모유만을 수유하는 0-4개월의 영아는 모유의 칼슘과 인의 비율인 약 2:1로 권장한다

## 4) 미량 무기질

### ① 철

성인 남자의 생리적 기본 철 손실량 14 $\mu$ g/kg을 기본으로 하고 가임기 여성은 여기



에 월경에 의한 손실량 0.5mg/d를 추가 손실하는 것을 기준으로 한다. 성장기와 임신, 수유부등은 이에 필요한 부가적 요구량을 추가하여 철분 필요량을 산출한 후 흡수율과 안전율을 고려하여 설정한다.

## ② 아연

체내 적정 아연 영양 상태 유지를 위해 평균 2.5mg의 흡수된 아연이 필요하다는 balance study 결과를 기준으로 한다. WHO방식에 의해 우리나라의 식사를 아연 보통 이율의 식사로 간주하여 흡수율은 30%로 하며 여기에 개인차에 의한 변이 계수를 고려하여 설정한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라 미량 영양소 권장량 설정에 기준으로 사용하는 자료는 대부분 미국 등 외국에서 서양인을 대상으로 실시한 인체 실험 자료를 이용한 것이기 때문에 실제 약간의 차이가 있을 수 있는 제한점이 있다. 따라서 우리나라에서도 권장량 설정을 위한 기본적인 연구를 체계적으로 계획하여 실시해야 할 것으로 사료된다.