

■ 특별기획 시리즈 ■

영양섭취기준의 새로운 패러다임 :
미국/캐나다의 Dietary Reference Intakes (DRIs)
- DRIs를 이용한 식사계획 -

이심열 · 주달래* · 문현경**

동국대학교 가정교육과, 서울대학교 병원 임상영양과,* 단국대학교 식품영양학과**

식사계획은 영양이 부족되거나 과잉이 되지 않으면서 적절하게 영양을 공급할 수 있는 식사를 하도록 하는 것이다. 식사계획은 개인이나 단체의 식사계획은 물론 정부의 식품 보조 프로그램 식사지침, 군급식, 식품표시, 식품강화, 새로운 식품의 개발, 식품안전 등 여러 분야에서 사용되어지고 있다.

전에 사용하던 RDA와 다른 점은 DRIs에서는 1) 영양 부족의 예방 뿐 아니라 만성 퇴행성 질환의 예방을 위한 개념이 추가되었고 2) 확률 개념이 사용되었으며, 3) 과잉 섭취를 막기 위해 상한선이 정해졌으며, 4) 전통적인 영양소 뿐 아니라 건강에 도움을 주는 여러 인자가 토의되었다. 아래의 표에 DRIs의 적절한 사용이 간단히 요약되었다.

개인의 식사계획에서 DRIs의 적용

개인을 대상으로 하는 식사계획의 목표는 각 영양소에 대하여 부족할 확률이 낮은 반면 상한섭취량 (UL)을 초과

하지 않도록 하는 것이다. 개인의 식사를 계획하는데 있어서 DRIs가 목표설정에서 사용된다. 이는 1) 영양 요구를 충족시키는데 관심이 있는 건강한 개인들에게 지침서를 제공 2) 특정 생활양식을 가진 사람들 (운동선수, 채식주의자), 치료식이 요구되는 사람들을 상담, 3) 연구목적을 위해 식사를 구성, 4) 개인을 위한 식사지도지침 (food-based dietary guidance) 개발 등을 포함한다.

개인의 식사계획은 두 단계로 이루어진다. 첫째 단계는 영양소 요구에 영향을 주는 여러 요소를 고려하여 적절한 영양소 목표가 정해져야 한다. 개인의 식사계획의 목표는 섭취하는 식사가 영양소 부족할 확률이 (허용할 정도로) 낮고 동시에 영양소 과잉의 위험이 최소화되도록 하는 것이다. 이 목표는 UL을 초과하지 않고 권장섭취량 (RDA나 AI)를 만족시키는 식사로부터 얻어진다(Fig. 1).

둘째 단계는 개인이 섭취하게 될 식사계획을 개발하는 것이다.

Uses of DRIs for Planning Intakes of Apparently Healthy Individuals and Groups	
<p>For an individual</p> <p>EAR^a: should not be used as an intake goal for the individual.</p> <p>RDA: plan for this intake; usual intake at or above this level has a low probability of inadequacy.</p> <p>AI: plan for this intake; usual intake at or above this level has a low probability of inadequacy.</p> <p>UL: plan for usual intake below this level to avoid potential risk of adverse effects from excessive nutrient intake.</p>	<p>For a group</p> <p>EAR^a: use to plan for an acceptably low prevalence of in-adequate intakes within a group</p> <p>RDA: should not be used to plan intakes of groups.</p> <p>AI^b: plan for mean intake at this level; mean usual intake at or above this level implies a low prevalence of inadequate intakes.</p> <p>UL: use in planning to minimize the proportion of the population at potential risk of excessive nutrient intake.</p>
<p>^aIn the case of energy, an EER is provided. The EER is the dietary energy intake that is predicted (with variance) to maintain energy balance in a healthy adult of a defined age, gender, weight, height, and level of physical activity. In children and pregnant and lactating women, the EER includes the needs associated with deposition of tissues or secretion of milk at rates consistent with good health. For individuals, the EER represents the mid-point of a range within which an individual's energy requirements are likely to vary. As such, it is below the needs of half the individuals with the specified characteristics, and exceeds the needs of the other half. Body weight should be monitored and energy intake adjusted accordingly.</p> <p>^bThe AI should be used with less confidence if it has not been established as a mean intake of a healthy group.</p>	

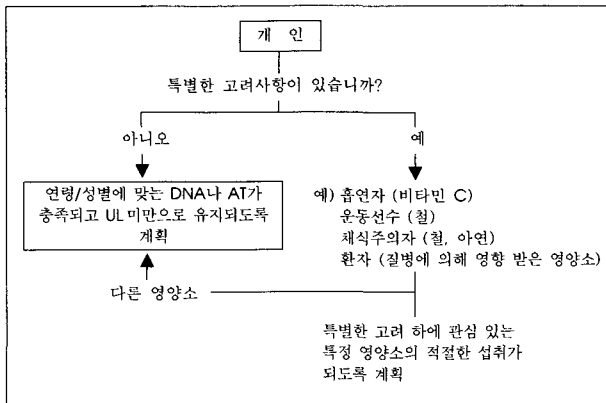


Fig. 1. 개인의 식사계획을 위한 schematic decision tree.

1. 적절한 영양목표 설정

DRIs는 개인과 집단의 식사를 평가하고 계획하는데 사용될 네가지 유형 (EAR, RDA, AI, UL)으로 구성된다. 이 가운데 EAR은 개인의 식사 계획 시 목표로 사용되지 않는다. 왜냐하면 EAR에 맞도록 계획된 식사는 개인의 요구량을 충족시키지 못할 확률이 50%이며 이는 개인의 위험률로서는 허용이 불가능하기 때문이다. RDA나 AI가 개인의 영양소 섭취의 목표로 사용되며 일상적 섭취가 이 값을 초과할 경우 이득이 없음을 인지해야 한다. 비타민, 무기질, 단백질 등의 영양소에 대한 개인의 식사 계획시 RDA, AI를 충족 시킴으로 부족의 위험을 낮추고, UL 미만으로 유지시킴으로 과잉의 위험을 낮추게 된다.

1) 영양권장량 (RDA)

영양소 요구량이 충족되는 사람들의 식사를 계획할 때 이들 각자의 요구량을 알기가 어렵다. 대부분의 사람들은 같은 성과 연령대의 사람들의 평균 요구량에 근접한 요구량을 가지고 있으며 따라서 각 개인의 요구량의 최적 추정치는 EAR이다. 그러나 EAR의 정의에서 알 수 있듯이 집단에서 반 정도의 사람들은 EAR 이상의 요구량을 가지고 있다. 따라서 EAR정도로 섭취할 경우 개인의 요구량을 충족시키지 못할 위험이 50% 정도가 될 수 있으며, 이는 식사계획의 목표로 적합하지 못하다. EAR이상으로 섭취를 증가시킴에 따라 부족할 위험이 50%로부터 점차 감소하여 RDA에서는 2~3%에 이른다. 따라서 RDA 정도를 섭취하는 사람들에게는 부족할 확률이 매우 낮다.

2) 적정섭취량 (AI)

EAR과 RDA를 설정하기에 과학적 근거가 충분하지 않을 때 AI가 설정된다. 이런 경우 AI가 개인의 식사계획에서 목표로 이용된다. AI에 도달하지 못할 경우 관련된 부족할

확률은 알려져 있지 않다. AI는 여러 방법으로 설정되었으며 일반적으로 건강한 사람들의 집단에게서 관찰된 영양소 섭취의 평균값 또는 중앙값이다.

3) 상한섭취량 (UL)

UL은 특정 생애주기와 성별집단에 있는 거의 모든 사람들에게 건강상 해로운 위험을 주지 않으면서 습관적으로 매일 섭취되는 가장 높은 영양소 섭취량이다. 일반적으로 UL을 초과하지 않도록 하기 위하여 식품, 보충제, 그 외 다른 근원으로부터의 섭취가 계획되어야 한다. 건강한 사람이 RDA나 AI를 초과하여 섭취한 경우에 대하여 이득이 없는 것으로 보고되었다.

2. 개인의 에너지 섭취계획

개인의 에너지 섭취를 평가하고 계획하는 가장 좋은 방법은 건강체중 (BMI)을 고려하는 것이다. 에너지 섭취를 계획하는데 있어서 기본 목적은 부족과 과잉의 위험을 허용 가능한 정도로 적게 하는 것으로서 다른 영양소들에 대하여 계획하는 것과 목적은 유사하다. 그러나 에너지 섭취를 계획하는데 있어서의 접근방법 다른 영양소의 경우와 상당히 다르다. 비타민, 무기질, 단백질 같은 영양소의 경우 RDA, AI 정도 또는 그 이상으로 섭취할 경우 UL미만으로도 유지된다면 이것이 개인의 요구량을 넘어서며 거의 이득이 없다할 지라도 개인의 요구량 이상 섭취하는데 대한 해로운 영향을 없다. 그러나 에너지는 요구량 이상 섭취한 사람에게 명백히 해로운 영향 (체중 증가)이 있다. 따라서 97~98% 사람들의 요구량보다도 높은 섭취량을 권장하는 것이 부적절하므로 에너지의 경우에는 RDA가 없다.

에너지의 경우 가능한 DRI는 EER (estimated energy requirement) 뿐이다. 이는 절반에 해당되는 사람들의 요구량은 초과하지만 나머지 절반에 해당되는 사람들의 요구량에는 미달된다. 이중표지수분법 (doubly labeled water)을 이용하여 얻어진 자료로부터 추정되었고 성, 연령, 신장, 체중, 신체활동이 고려된 총 에너지소모량 (TEE : Total Energy Expenditure)을 반영하는 공식이 개발되었다. 19~50세 정상체중 여성의 EER 계산을 위한 공식은 다음과 같다.

$$EER (kcal) = 354.1 - (6.91 \times \text{age [y]}) + \text{physical activity coefficient} \times (9.36 \times \text{weight [kg]} + 7.26 \times \text{height [m]})$$

EER은 처음 식사 계획할 때의 목표로서 사용되지만 체중이 모니터되어야 하고 섭취가 적절하도록 보정되어야 한다.

1) 개인의 체중유지를 위한 EER 이용

식사계획의 목표가 개인의 체중유지일 경우 에너지 섭취량 계획 추정치는 그 특성을 가진 개인의 TEE 공식에 의해서 만들어진다. 정의에서 알 수 있듯이 추정치는 그 당시 실제 에너지 소모량 50%를 과소평가하거나 50% 과대평가하여 그에 따른 변화가 체중에 반영될 것으로 예측된다. 그러므로 개인의 에너지 소모를 추정하는 공식을 이용할 때는 체중을 모니터링하는 것이 필요하다.

2) 다량영양소 분배 (Macronutrient distribution) 계획

개인의 에너지 요구량을 충족시키고 영양소 부족과 과잉의 잠재 위험률을 낮추는 식사를 계획하는 것 외에 당질, 총 지방, n-3 · n-6 불포화지방산, 단백질이 각각의 허용 범위 내에 있도록 다량영양소의 섭취를 계획해야 한다.

3. 식사계획의 개발

적절한 영양소 섭취목표가 개인에게 확인되면 이는 적합한 식사계획으로 옮겨져야 한다. 식사계획은 식품을 기초로 한 식사지도지침 (food-based dietary guidance)를 이용해서 개발된다. Dietary reference standard (이전에 미국의 RDA, 캐나다의 RNI)가 식품을 기초로 한 식사 지도 지침을 제공하는데 사용되었다. 건강인을 위한 food guides와 dietary guidelines 개발, 식품과 보충제 라벨 (표시)에 소비자 정보제공, 영양소함량과 health claim을 위한 참고기준 등이 이에 포함된다.

1) 식사지도 (Food guides)

미국의 food guide pyramid나 캐나다의 food guide to health eating은 건강한 사람이 식품 급원으로부터 충분한 영양소섭취를 하도록 지도한다. 각 식품군에서 권장횟수의 serving을 섭취하고 각 식품군내에서 다양한 식품을 선택할 경우 개인은 모든 영양소를 권장수준으로 섭취하게 된다. 다양한 요구 (연령, 성, 생리상태)에 따른 섭취조정은 이 도구를 가지고 섭취할 serving수를 수정함으로써 이루어진다. food guide를 최신것으로 교체할 때에는 새로운 DRIs가 고려되어야 한다.

2) 강화식품

강화식품은 특정 영양소의 부족할 확률을 감소시키기 위해서 식사계획에 도움이 된다. 또한 생체 이용률이 높은 영양소 형태로 첨가가 가능하다.

3) 보충제 표시

미국에서 식품과 보충제 표시에 비타민과 무기질에 대하여 표시된 하루 섭취량비는 FDA에 의하여 설정된 RDI에

기초하고 있다. 1990년 초에 비타민과 무기질에 대한 US RDA가 RDI로 교체되었다. 최근의 RDI 값들은 과거 식품표시에 나타난 US RDA와 동일한 것이며 이는 1968년 RDA중 여러 연령대와 성별 (임신과 수유를 제외)에 걸쳐 가장 높은 RDA값에 근거한 것이다. 1968년에 RDA가 없었던 영양소 (엽산)에 대하여 추가적인 RDI 값들이 도입되었다.

식품과 보충제 표시에 있는 정보는 다량영양소 (에너지, 지방, 섬유질 등) 추정에 유용하나 표시의 reference standard가 최근의 권장섭취를 반영하지 않는다면 유용하지 못하다.

4) 식사지침

식사지침서는 건강한 집단의 건강을 증진하고 만성질병을 방지하는 식사유형에 대한 조언을 제공하도록 고안되었다. 이에 따라 건강식품을 선정할 때 개인은 영양소 권장섭취를 충족시키고 허용 가능한 다량영양소 섭취분포 범위 내에서의 섭취가 이루어져야 한다.

집단의 식사계획에서 DRIs의 이용

Group feeding에 대한 식사계획은 기숙사, 교도소, 군부대, 병원, 사립 요양원 (nursing home) 등의 단체급식을 위한 계획에 초점이 맞추어진다. 범위를 좀 더 넓히자면, 식품/영양보조 프로그램 (Food Stamp program, child nutrition programs, emergency food assistance programs)을 위한 식사계획도 포함한다.

예전에는 RDA를 충족시킬 수 있는 충분한 음식을 제공했지만, 새로운 DRIs를 이용한 식사계획은 훨씬 더 복잡하긴 하지만, 덜 낭비적이다.

1. 동일한 집단을 위한 계획

1) 목표설정

각각의 영양소에 대한 허용가능한 섭취부족 발생률 (acceptable prevalence of inadequacy)과 과량섭취의 위험 발생률 (prevalence of intakes at risk of excessive intake)을 포함한 목표를 선택한다.

식사계획자 (Planner)는 평균필요량 (EAR) 미만을 섭취하는 섭취부족 발생률과 상한섭취량 (UL) 이상을 섭취하는 과잉섭취 발생률을 어느 정도 수준으로 받아들일지를 결정해야한다. 반드시 2~3% 미만일 필요는 없으며, 실행 가능성에 따라 그 이상 또는 그 이하 일 수도 있다. 또한 섭취부족의 허용수준과 과량섭취의 허용수준이 반드시 똑같

을 필요는 없다.

2) 목표 평균 섭취량 분포 추정

일반적으로 영양소의 평소섭취량이 정규분포를 이루고 있을 때에는 EAR cut-point method를 사용하며 target median intake를 구하는 방법은 다음과 같다.

Target median intake = EAR + Z × SD usual intake

- EAR (Estimated Average Intake) * SD: standard deviation
- Z value: statistical tool to determine areas under the normal distribution

하지만, 철분의 경우 요구량의 분포가 대칭적이지 않으므로 (IOM, 2001) 그룹의 철분 섭취에 대한 계획을 세울 때는 확률적 접근방법을 이용해야 한다.

에너지 섭취는 과소 평가될 가능성이 많아 에너지 섭취량의 분포가 잘못 추정되어질 수 있고, 에너지 섭취량과 총 에너지 소비량은 서로 상관관계가 있기 때문에 probability approach와 EAR cut-point method를 둘 다 사용할 수 없다. 또한 에너지의 경우 요구량에 못 미치거나 과량 섭취하는 것이 다 문제가 될 수 있기 때문에 에너지 섭취에 대한 계획은 다른 영양소와 다르게 접근해야한다. 현재 상태를 유지하기 위한 에너지 요구량은 성별, 키, 몸무게, 나이, 활동도에 따른 에너지 소비량과 일치하므로 DRI 수립을 위해서는 reference person에 대한 에너지 요구량을 추정

하거나 그룹 구성원 (group members)의 추정 요구량의 평균을 이용할 수 있다.

3) 메뉴구성

메뉴 작성을 위해서는 먼저 대상 집단의 일상적인 섭취량의 확률분포를 토대로 메뉴의 영양소 구성에 대한 초기 목표를 설정해야한다. 제공된 음식을 구성원 모두가 다 섭취하는 것이 아니므로 실제 섭취량은 제공된 음식의 영양소 함량보다는 적다. 또한 섭취량은 선택 메뉴에 따라 달라질 수 있으므로 대상 집단의 일상적인 섭취량의 확률분포의 중간값을 포함하는 영양소 구성을 갖춘 다양한 식사를 제공하는 것을 목표로 삼아야한다. food guide pyramid, 기존 메뉴 등을 이용하여 식단을 작성하고 영양소 계산 소프트웨어를 이용하여 식단을 수정하는 과정을 거쳐야한다. 어떤 음식을 제공할 것인지, 식품을 어느 정도 구입하고 제공할 것인지를 결정해야한다.

4) 결과 평가

식사계획자는 집단 내 개인의 실제 섭취량을 조절할 수 있는 것이 아니라 제공되는 양을 조절하는 것이므로 계획 과정의 효과를 반드시 평가하여야한다. 또한 계획 시 사용한 섭취량의 분포가 대상 집단의 실제 자료가 아닌 국민영양조사결과 등을 이용할 수도 있고, 식품선택도와 제공된 음식유형, 에너지 필요량을 충족시키는데 필요한 음식의 양 등에 따라 섭취량의 분포 모양이 변할 수도 있기 때문에 반드시 결과를 평가하고 필요시 다시 수정, 반복하는 과정을 거쳐야 한다.

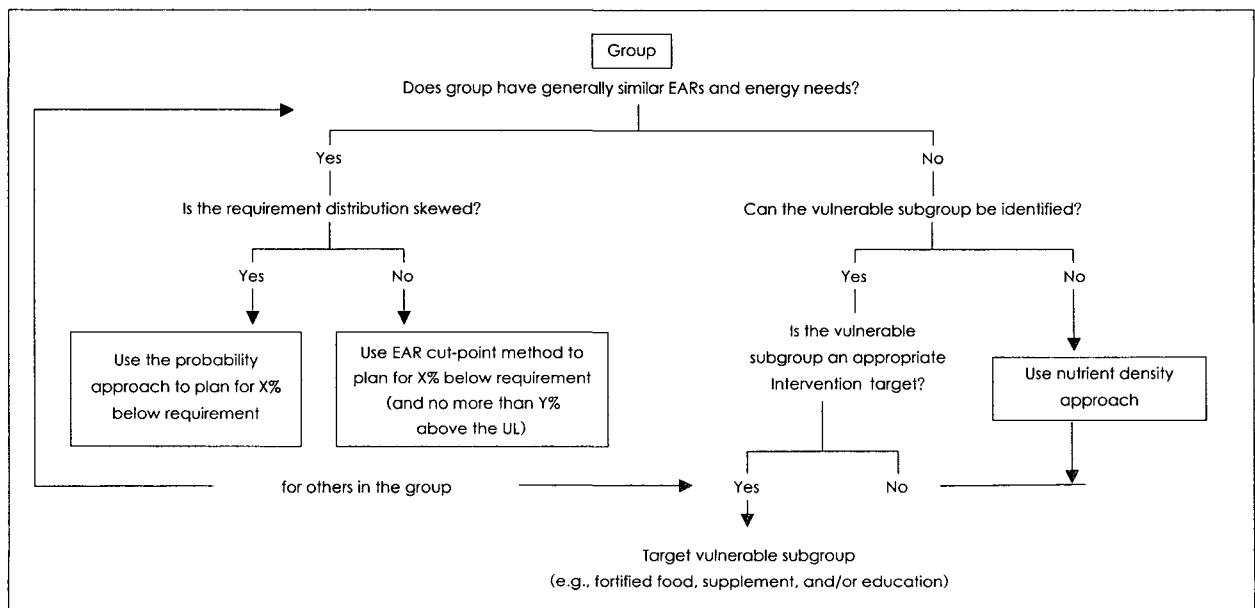


Fig. 2. 집단의 식사 계획을 위한 Schematic decision tree.

2. 동일하지 않은 집단의 계획

유사한 사람들로 구성되어 있는 집단의 식사계획은 쉽지만, 에너지와 영양소 요구량이 다른 구성원들로 이루어진 heterogeneous group의 경우 식사계획은 쉽지 않다. 이들 집단의 식사를 계획할 때는 영양밀도 (nutrient density)를 이용하여 다음과 같은 2가지 방법이 있다.

- 영양밀도 (nutrient density) = 영양소 함량/1000 kcal

1) Simple nutrient density approach

에너지 필요량에 비해 섭취량의 중간 값이 가장 높은 하위 그룹에 대한 영양소 섭취를 계획한다. 하위 그룹 내에서 에너지 섭취의 변이 (variability)를 고려하지 않아 섭취부족의 발생률이 계획 목표와 다른 결과가 나올 수도 있다. 따라서 계획과 평가의 과정을 여러 번 반복하여야 한다.

2) Nutrient density distribution approach

각 하위그룹에서 영양밀도로 표시되는 섭취량의 분포를 조사하고 target nutrient density distribution을 결정한다. 적정섭취량 (AI)을 가진 영양소에 대해서는 이 방법을 사용할 수 없다.

가장 높은 필요량을 가진 하위그룹에 맞는 영양밀도를 이용하여 식사를 계획하는 것이므로 target usual intake distribution을 상한섭취량 (UL)과 비교해보아야 한다.

Literature cited

- 1) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. National Academy Press, Washington, DC, 2004
- 2) Institute of Medicine of the National Academy of Science. A model for development of tolerable upper intake levels. *Nutrition Reviews* 55 (9): 342-351, 1997
- 3) Institute of Medicine of the National Academy of Science. Dietary Reference Intakes. *Nutrition Reviews* 55 (9): 319-326, 1997
- 4) Institute of Medicine of the National Academy of Science. Uses of Dietary Reference Intakes. *Nutrition Reviews* 55 (9): 327-331, 1997
- 5) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. National Academy Press, Washington, DC, 1999
- 6) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. PART 1. The National Academy Press, Washington, DC, 2002
- 7) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. PART 2. The National Academy Press, Washington, DC, 2002
- 8) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. National Academy Press, Washington, DC, 2000
- 9) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academy Press, Washington, DC, 2001
- 10) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. National Academy Press, Washington, DC, 2000
- 11) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes: A Risk Assessment Model for Establishing Upper Intake Level for Nutrients. National Academy Press, Washington, DC, 1998
- 12) Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. A model for development of tolerable upper intake levels. *Nutrition Reviews* 55 (9): 342-351, 1997
- 13) NRC. Recommended Dietary Allowances. 10th ed. National Research Council, Washington DC, 1989
- 14) The Korean Nutrition Society, Recommended dietary allowances for Koreans, 7th revision, Joongang-Moonhwa Co. Seoul, 2000