

2

한국인 영양소 섭취기준 제·개정 과정

2-1. 지표 설정

한국인 영양소 섭취기준(Dietary Reference Intakes Koreans, KDRIs)은 섭취부족의 예방을 목적으로 하는 3가지 지표 즉, 평균필요량(Estimated Average Requirement, EAR), 권장섭취량(Recommended Nutrient Intake, RNI), 충분섭취량(Adequate Intake, AI)과 과잉섭취로 인한 건강문제 예방을 위한 상한섭취량(Tolerable Upper Intake Level, UL), 그리고 만성질환위험감소섭취량(Chronic Disease Risk Reduction intake, CDRR)을 포함하고 있다(그림 2). 영양소의 필요량에 대한 과학적 근거가 충분한 경우에는 평균필요량과 권장섭취량을 제정하였고, 과학적 근거가 충분하지 않은 경우에는 충분섭취량을 제정하였다. 과잉섭취로 인한 위해 영향에 대한 과학적 근거가 확보된 경우에는 상한섭취량을 제정하였다. 따라서 상한섭취량이 제정되어 있지 않다고 하여 위해성을 완전히 배제할 수는 없다. 에너지 불균형으로 인해 나타나는 만성질환에 대한 위험을 감소시키기 위해 탄수화물, 지방, 단백질의 에너지적정비율을 제정하였다. 2020한국인 영양소 섭취기준에는 심혈관질환과 고혈압 등 만성질환과 영양소의 관계를 검토하여 과학적 근거가 확보된 영양소에 대해서는 만성질환위험감소섭취량을 제정하였다. 따라서 영양소 중에는 평균필요량, 권장섭취량, 상한섭취량을 모두 설정한 것도 있고, 충분섭취량이나 상한섭취량 혹은 만성질환위험감소섭취량 등의 일부 섭취기준만 제시한 것도 있다.

(1) 평균필요량

평균필요량은 건강한 사람들의 일일 영양소 필요량의 중앙값으로부터 산출한 수치이다. 영양소 필요량은 섭취량에 민감하게 반응하는 기능적 지표가 있고 영양상태를 판정할 수 있는 평가기준이 있을 때 추정할 수 있다. 모든 영양소의 기능적 지표가 알려져 있는 것이 아니므로, 일부 영양소에 대해서는 인체 필요량을 추정할 수 없었다. 특히 개인의 에너지 필요량을 측정하는 것에는 기술적인 문제 등 제한점이 있으므로(에너지평형을 이룬 상태로 가정하고) 에너지 필요량은 에너지 소비량을 통해 추정하고 있다. 따라서 에너지는 평균필요량이라는 용어 대신에 필요추정량(Estimated Energy Requirements, EER)이라는 용어를 사용한다.

(2) 권장섭취량

권장섭취량은 인구집단의 약 97-98%에 해당하는 사람들의 영양소 필요량을 충족시키는 섭취수준으로, 평균필요량에 표준편차 또는 변이계수의 2배를 더하여 산출하였다.

(3) 충분섭취량

충분섭취량은 영양소의 필요량을 추정하기 위한 과학적 근거가 부족할 경우, 대상 인구집단의 건강을 유지하는 데 충분한 양을 설정한 수치이다. 충분섭취량은 실험연구 또는 관찰연구에서 확인된 건강한 사람들의 영양소 섭취량 중앙값을 기준으로 정했다. 따라서 충분섭취량은 대상 집단의 영양소 필요량을 어느 정도 충족시키는지 확실하지 않기 때문에, 대상집단의 97-98%에 해당하는 사람들의 필요량을 충족시키는 양인 권장섭취량과는 차이가 있다.

(4) 상한섭취량

상한섭취량이란 인체에 유해한 영향이 나타나지 않는 최대 영양소 섭취 수준이므로, 과량을 섭취할 때 유해영향이 나타날 수 있다는 과학적 근거가 있을 때 설정할 수 있다. 상한섭취량은 유해영향이 나타나지 않는 최대 용량인 최대무해용량(No Observed Adverse Effect Level, NOAEL)과 유해영향이 나타나는 최저 용량인 최저유해용량(Lowest Observed Adverse Effect Level, LOAEL) 자료를 근거로, 불확실계수(Uncertainty Factor, UF)를 감안하여 설정하였다.

상한섭취량 = 최대무해용량 또는 최저유해용량/불확실계수

(5) 에너지적정비율

에너지를 공급하는 영양소에 대한 에너지 섭취비율이 건강과 관련성이 있다는 과학적 근거가 있기 때문에 [9, 10], 탄수화물, 지질, 단백질의 에너지적정비율을 설정하였다. 에너지적정비율은 각 영양소를 통해 섭취하는 에너지의 양이 전체 에너지 섭취량에서 차지하는 비율의 적정범위로 제시하였다. 각 다량영양소의 에너지적정범위는 무기질과 비타민 등의 다른 영양소를 충분히 공급하면서 만성질환 및 영양 불균형에 대한 위험을 감소시킬 수 있는 에너지 섭취비율을 근거로 설정했다. 따라서 각 다량 영양소의 에너지 섭취 비율이 제시된 범위를 벗어나는 것은 건강문제가 발생할 위험이 높아진다는 것을 의미한다.

(6) 만성질환위험감소섭취량

만성질환 위험감소를 위한 섭취량이란 건강한 인구집단에서 만성질환의 위험을 감소시킬 수 있는 영양소의 최저 수준의 섭취량이다. 이는 그 기준치 이하를 목표로 섭취량을 감소시키라는 의미가 아니라 그 기준치보다 높게 섭취할 경우 전반적으로 섭취량을 줄이면 만성질환에 대한 위험을 감소시킬 수 있다는 근거를 중심으로 도출된 섭취기준을 의미한다. 만성질환 위험감소를 위한 섭취량은 과학적 근거가 충분할 때 설정할 수 있다. 영양소 섭취와 만성질환 사이에 인과적 연관성이 확보되었는지에 대해 확인하고, 용량-반응 관계에 대한 연관성 분석 결과를 바탕으로 만성질환의 위험을 감소시킬 수 있는 구체적 섭취범위를 고려하는 과정을 통해 설정하였다.

2-2. 연령 구분

연령구분은 생리적 발달 단계를 고려하여 2015 한국인 영양소 섭취기준과 동일하게 설정하였다(표 1). 영아기(1세 미만)는 두 단계로 구분하여 0-5개월과 6-11개월로 구간을 정하였고, 성장기 중 유아기(1-5세)도 두 단계로 구분하여 1-2세와 3-5세로 구간을 정하였다. 성장기 중 아동기 시작한 6세부터 성별을 구분하기 시작하였으며 6-14세까지는 3세 단위로 하여 6-8세, 9-11세, 12-14세, 15-18세로 구간을 정하였다. 성인기(19-64세)는 10세 단위로 구분하여 19-29세, 30-49세, 50-64세로 구간을 정하였다. 노인기(65세 이상)은 2단계로 구분하여 65-74세와 75세 이상으로 구간을 정하였다. 노인기는 노년층의 증가와 노인의 생리적 상태 등을 고려하여 65세인 노인기 시작점은 유지하되, 이후 구간을 세분화하여 구분하는 방안에 대해 논의하였으나, 현재까지 이를 수정할 만한 과학적인 근거가 불충분하다고 판단하여 현재의 분류기준을 유지하기로 하였다.

2-3. 체위기준

영양소의 필요량은 생애주기에 따른 생리적 변화 및 신체크기에 영향을 받으므로, 체위기준이 함께 고려되어야 한다. 신체크기는 개인별로 차이가 크기 때문에, 성별, 연령별 집단의 표준 체위기준치를 설정한 후, 그 기준치에 맞추어 영양소 섭취기준을 설정한다. 2015 한국인 영양소 섭취기준에서는 1세 미만 영아의 체위기준을 소아·청소년 신체발육표준치를 사용하여 설정하였다. 이번 2020 한국인 영양소 섭취기준에서는 기존 2015한국인 영양소 섭취기준에서와 동일한 원칙으로 소아·청소년 신체발육표준치를 사용하였으며, 다만 2007년 기준치 이후 최근 발표된 2017년 기준치를 사용하였다. 1세 이상의 성장기 소아·청소년의 경우, 2015 한국인 영양소 섭취기준에서는 최근 5년의 국민건강영양조사 자료를 활용하여 각 연령군의 체질량지수와 신장의 중위수를 산출하여 체위기준을 설정하였다. 이번 2020 한국인 영양소 섭취기준에서는 기존의 원칙을 변경하여 1세 미만에서 사용했던 것과 같이 2017 소아·청소년 신체발육표준치를 사용하였다. 성인의 경우, 2015 한국인 영양소 섭취기준에서 사용했던 원칙과 동일하게 최근 5년(2013-2017년)의 국민건강영양조사 자료를 근거로, 19-49세의 건강한 성인 중에서 체질량지수 18.5-24.9 kg/m²인 대상자의 체질량지수 중위수(남성 BMI 22.6, 여성 BMI 21.4)를 산출하여 적용함으로써 건강체중의 개념을 포함한 체위기준을 적용하였다. 이와 같은 방법으로 체위기준을 산출한 결과는 표 3과 같다.

2-5. 취약집단고려

(7) 영아기

2020 한국인 영양소 섭취기준에서는 2015 한국인 영양소 섭취기준에서 제정했던 바와 같이 조제유 수유영아를 위한 별도의 섭취기준은 설정하지 않았다. 영아(0-5개월)의 영양소 섭취기준은 모유섭취량 및 모유에 들어있는 영양소의 함량 자료를 근거로 충분섭취량을 설정하였다. 영아의 모유섭취량 기준은 2010 한국인 영양섭취기준까지는 750 mL/일을 사용하였다. 2015 한국인 영양소 섭취기준 제정 시, 최근 우리나라 완전 모유수유 영아(0-5개월)의 모유섭취량 중위값이 800 mL/일에 근접해 있어, 모유섭취량을 800 mL/일로 상향 조정하는 방안을 검토한 바 있으나, 현재 제외국에서 사용하는 모유섭취량 기준은 780 mL/일임을 감안하여 총괄조정위원회는 모유섭취량에 대한 국내 문헌들이 충분히 축적될 때까지 우리나라 모유섭취량 기준을 제외국의 기준과 동일하게 유지하는 것이 타당하다고 결정하였다. 따라서 2015 한국인 영양소 섭취기준에서 영아(0-5개월)의 모유섭취량 기준을 780 mL/일로 변경하였으며, 2020 한국인 영양소 섭취기준에서는 변경없이 이 기준을 동일하게 적용하였다.

6-11개월 영아에 대한 영양소 섭취기준은 모유(또는 조제유) 뿐만 아니라 일상적인 식품 섭취도 함께 고려하여 설정해야 한다. 그러나 6-11개월 영아의 영양소 섭취기준을 설정하는 데 필요한 근거자료가 부족할 경우, 0-5개월 영아에서 설정된 기준으로부터 대사체중을 고려하여 외삽하여 산출하였다. 계산식은 다음과 같으며, 0-5개월 영아가 성장 중이고, 그 섭취기준치 중에 성장계수로 돌아가는 분이 포함되어 있다고 생각되므로 이 계산식에서 성장계수는 고려하지 않았다.

$$\text{충분섭취량}_{6-11\text{개월영아}} = \text{충분섭취량}_{0-5\text{개월영아}} \times (\text{체중}_{6-11\text{개월영아}} / \text{체중}_{0-5\text{개월영아}})^{0.75}$$

그러나 0-5 개월 또는 6-11 개월이라는 월령 구분 안에서도 성장은 다르게 나타날 수 있다는 것을 인지해야 한다. 따라서 각 월령 구분에 주어진 값은 어디까지나 그 월령 구분을 대표하는데 지나지 않는다는 것에 유의하여 유아의 성장에 따라 유연하게 활용하는 것이 바람직하다.

(8) 성장기

성장기(1-18세) 영양소 섭취기준을 설정하는 데 필요한 근거자료가 부족할 경우, 유지를 위한 영양소 필요량이 어른과 성장기 어린이가 유사하다는 가정을 기반으로 하여 체중과 관련된 대사 차이를 보정함으로써 추정하였다. 성인에 대한 섭취기준치는 오직 유지를 위한 요구량만 반영한 것이므로 성장 중인 어린이에게 외삽할 때에는 성장과 관련된 요인을 반드시 추가해야 한다. 성장계수는 FAO/WHO/UNU의 값을 한국인 영양소섭취기준의 연령구분에 맞도록 적용하여 이용하였다. 즉, 성장기 영양소 섭취기준은 다음과 같이 대사체중과 성장계수를 함께 고려하여 성인의 평균필요량 혹은 충분섭취량 값으로부터 외삽하여 산출하였다.

평균필요량 혹은 충분섭취량_{성장기} = 평균필요량 혹은 충분섭취량_{성인} × (체중_{성장기} / 체중_{성인})^{0.75} × (1 + 성장계수*)

* 6-11개월(0.30), 1-2세(0.30), 3-14세(0.15), 15-18세 남(0.15), 15-18세 여(0)

단, 나트륨과 칼륨의 경우, 신체 활동량이 많은 것은 땀으로 인한 전해질 손실 증가와 관련되므로 체중이 아닌 에너지 섭취량을 외삽 계산식에 사용하였다. 에너지 섭취량은 2013-2017년 국민건강영양조사자료를 기반으로 각 연령 그룹별 남녀에 대한 에너지 섭취량 중위값의 평균을 적용하였다.

충분섭취량_{성장기} = 충분섭취량_{성인} × (에너지 섭취량_{성장기} / 에너지 섭취량_{성인})

성장기 상한섭취량을 설정하는데 필요한 근거자료가 부족할 경우, 체중비율을 고려하여 성인의 상한섭취량 값으로부터 외삽하여 산출하였다.

상한섭취량_{성장기} = 상한섭취량_{성인} × (체중_{성장기} / 체중_{성인})

(9) 노인기

노인의 영양소 섭취기준을 설정하는 데 필요한 근거자료가 부족할 경우, 체중비율을 고려하여 성인의 평균필요량 혹은 충분섭취량 값으로부터 외삽하여 산출하였다.

평균필요량 혹은 충분섭취량_{노인} = 평균필요량 혹은 충분섭취량_{성인} × (체중_{노인} / 체중_{성인})^{0.75}

단, 나트륨의 경우, 연령이 증가할수록 에너지 섭취량이 감소하기 때문에 체중이 아닌 에너지 섭취량을 외삽 계산식에 사용하였다.

충분섭취량_{노인} = 충분섭취량_{성인} × (에너지 섭취량_{노인} / 에너지 섭취량_{성인})

노인기에는 저작능력의 저하, 소화·흡수율의 저하, 운동량 저하에 따른 섭취량의 저하 등이 흔히 나타나며 특히 이와 관련하여 개인차가 큰 경우가 많다. 따라서 노인에 대해서는 나이뿐만 아니라 개인의 특성에 충분히 주의를 기울여야 한다. 또한 노인의 대부분이 질환을 가지고 있는 것도 특징이며 영양소 섭취기준에서 정의하고 있는 건강의 개념이 현재까지의 질병이 없는 것으로 해석하기에는 노인기의 특성상 현실적이지 않은 부분이 있으므로 이에 대한 고려가 향후 이루어져야 할 것이다.

(10) 임신기와 수유기

평균필요량 및 권장섭취량 설정이 가능한 영양소에 대해서는 비임신시와 비수유시의 각각의 값에 부가해야 할 양으로서 식사섭취기준을 설정하도록 하였다. 예를 들어, 에너지의 경우 임신부는 임신 및 태아의 성장에 요구되는 에너지필요량을 추가하였고, 수유부는 모유 분비에 필요한 에너지 및 모체 지방조직에서 동원되는 에너지의 양을 반영하였다.

2-6. 한국인 섭취실태

인체필요량에 대한 과학적 근거가 부족한 영양소는 실험연구 또는 관찰연구에서 보고된 건강한 사람들의 영양소 섭취량을 이용하여 충분섭취량을 제정하는 원칙 [14]을 적용하였다. 한국인의 영양소 섭취실태에 대한 자료는 충분섭취량 산출에 있어서 국민의 영양소 섭취상태의 기준(중위값)을 필요로 하는 경우를 위해 필요하다. 또한 영양소 섭취기준을 설정한 후 그 기준치를 실제 섭취수준과 비교하여 실현가능한 수준인가를 판단하기 위해 필요하다. 2020 한국인 영양소 섭취기준 설정을 위해 최근 5년(2013-2017년)의 국민건강영양조사 자료를 이용하였다.

채위기준 산출을 위해 2013-2017년 국민건강영양조사 참여자 중, 검진조사를 완료한 대상자 39,225명 중에서 신장 및 체중에 대한 정보가 없는 대상자(2,099명)와 임신·수유부 및 질병 진단을 받은 20,609명을 제외한 16,676명에 대해 신장 및 체중 자료를 분석하였다.

영양소 섭취량 산출을 위해 2013-2017년 국민건강영양조사 참여자 중 검진조사 및 영양조사를 모두 완료한 32,371명 중에서 임신 및 수유부(275명), 현재 모유 섭취자(76명), 질병에 대한 의사진단을 받은 자(18,172명), 평소 섭취량과 다르게 섭취한 자(10,179명)를 포함한 총 23,122명을 제외하여 최종 9,249명의 식사 섭취 자료(1일 24시간 회상법 자료)를 분석하였다. 총 21종(에너지, 탄수화물, 단백질, 지방, 포화지방산, 단일불포화지방산, 다가불포화지방산, 오메가-3 지방산, 오메가-6 지방산, 콜레스테롤, 식이섬유, 칼슘, 인, 철, 나트륨, 칼륨, 비타민 A, 티아민, 리보플라빈, 니아신, 비타민 C) 영양소에 대해 1세 이상에서의 성별 및 연령 구간별 식품을 통한 영양소 섭취량의 평균값 및 중위값과 그 분포를 분석하였다. 또한 평균 필요량 미만 혹은 상한섭취량 이상으로 섭취하는 대상자의 비율을 산출하였다.

또한 식이보충제 섭취를 통한 영양소 섭취량을 산출하기 위해 식이보충제 섭취량 자료가 공개되지 않은 2013년과 2014년 자료를 제외한 최근 3년(2015-2017)의 국민건강영양조사 자료(총 4,898명)를 분석하였다. 조사 1일 전 식사 섭취 자료(1일 24시간 회상법 자료)에서 각각의 해당 영양소를 포함하고 있는 보충제를 섭취했는지 여부에 따라 복용자와 비복용자로 구분하고, 총 8종(칼슘, 인, 철, 비타민 A, 티아민, 리보플라빈, 니아신, 비타민 C) 영양소에 대해 식품, 식이보충제, 식품+식이보충제를 통한 각 영양소 섭취량의 평균값 및 중위값과 그 분포를 분석하였다. 또한 식품, 식이보충제, 식품+식이보충제로 나누어 평균필요량 미만 혹은 상한섭취량 이상으로 섭취하는 대상자의 비율을 산출하였다. 분석한 자료는 에너지 및 각 영양소 섭취기준을 제정하고 실제 섭취수준과 비교하여 실현가능한 수준인가를 판단하기 위한 참고자료로 활용하였다.

2-7. 급원식품

영양소는 식품을 섭취함으로써 우리 몸으로 들어오기 때문에 각각의 영양소가 어떠한 식품에 포함되어 있고, 한국인들이 주로 섭취하는 급원식품에는 어떤 것들이 있는지를 알아보는 것은 매우 중요하다. 한국인의 영양소별 급원식품에 대한 자료를 산출하기 위해 국민건강영양조사 자료와 국가표준식품성분표 자료를 이용하였다. 우선 2017년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 각 식품별(3차코드) 평균섭취량 값을 산출하였다. 다음으로 국가표준식품성분 DB 9.1 [15]의 식품 중 대표식품에 해당하는 식품을 선정하였으며 이를 국민건강영양조사에서 사용하는 3차코드와 매칭하여 영양소 함량을 적용하였다. 대표 식품은 국민들이 주로 섭취하는 종류의 식품인지, 영양소별로 결측치가 없는지를 고려하여 선정하였다. 예를 들어 국가표준 식품성분표 DB 9.1 [15]에 수록된 ‘백미’에 대한 품종과 원산지에 따른 20 종의 자료 중 ‘멥쌀, 발벼, 백미, 생것’의 영양소 함량을 국민건강영양조사의 3차 식품코드 ‘백미’ 섭취량에 적용하여 한국인이 백미로부터 각 영양소를 얼마나 섭취하고 있는지 계산하였다. 최종적으로 각 영양소별 급원식품 순위 30위를 산출하여 급원식품 순위에 따라 식품 가식부 100 g 당 영양소 함량을 표로 나타내고, 2015 한국인 영양소 섭취기준 [16]에서의 1회 분량을 적용하여 1회 분량 당 영양소 함량을 그래프로 나타내었다. 그리고 2020 한국인 영양소 섭취기준 성인 남녀의 권장섭취량(권장섭취량이 설정되어 있지 않은 경우 충분섭취량) 기준치를 그래프에 함께 나타내 각 식품을 1회 분량 섭취하였을 때 권장섭취량(혹은 충분섭취량)에 얼마나 도달하는지 쉽게 알아볼 수 있도록 하였다. 또한 급원식품 표와 그래프와 더불어 국가표준식품성분 DB 9.1 [15]상에 함량이 높은 순위를 정렬하여 30개 식품에 대해 표로 나타내었다. 이 표에는 급원식품에 해당하는 식품도 있으나 그렇지 않은 생소한 식품도 포함되어 있어 한국인들이 많이 섭취하는 식품은 아니지만 해당 영양소 함량이 높은 식품에 대한 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

3

섭취기준 설정 영양소

2020 한국인 영양소 섭취기준은 에너지 및 다량영양소 12종, 비타민 13종, 무기질 15종의 총 40종 영양소에 대해 설정되었다. 2020 한국인 영양소 섭취기준 제·개정에서는 탄수화물에 대한 평균필요량과 권장섭취량, 지방산(리놀레산, 알파-리놀렌산, DHA+EPA)에 대한 충분섭취량이 새롭게 제정되었으며, 단백질에 대한 평균필요량과 권장섭취량이 개정되었다. 또한 나트륨에 대해 심혈관질환과 고혈압 등 만성질환 위험감소를 위한 섭취량이 새롭게 설정되었다. 2020 한국인 영양소 섭취기준 제정 위원회는 섭취기준 제정이 필요하다고 생각되는 파이토뉴트리언트, 카르니틴, 콜린에 대한 체계적 문헌고찰을 실시하여 검토하였으나, 섭취기준을 제정하기에는 과학적 근거가 부족하다고 판단하여 대상 영양소에서 제외하였다.

영양소 섭취기준은 국민의 건강증진 및 질병예방에 기여하는 데에 궁극적인 목적이 있다. 이를 위하여 국민의 식사 섭취가 적절한지를 평가하고 영양소 섭취기준을 식사계획에 이용하도록 하는 것이 중요하다. 새로이 개정된 2020 한국인 영양소 섭취기준을 식사평가나 식사계획에 활용할 수 있는 방안을 다음과 같이 제시하였다.

(11) 식사평가

식사평가는 식사 섭취의 양과 질이 적절한지를 평가하는 것이다. 영양소 섭취기준을 사용하여 식사를 평가하기 위해서는 각 기준을 제대로 이해하고 사용하는 것이 중요하다. 왜냐하면 현재 영양소 섭취기준이 단일 기준이 아닌 여러 기준으로 나뉘어 있고, 각 지표별로 특성이 상이하기 때문이다.

개인의 식사를 평가하기 위해서는 일상생활에서 개인이 섭취하는 영양소의 양을 파악하여 산출하여야 한다. 개인이 평상시 섭취하는 영양소의 양을 정확하게 파악하기는 매우 어렵기 때문에, 식사섭취조사 결과를 영양소 섭취기준에 따라 평가할 때에는 절대적 수치를 근거로 하여 판단하는 대신 식사의 적절/부적절 여부를 평가하는 것이 바람직하다.

반면, 집단의 식사를 평가하기 위해서는 집단 구성원들의 영양소 섭취량을 파악한 후, 그중 영양소 필요량을 충족시키지 ④하는 사람들의 비율을 구한다. 집단의 식사평가에서는 각 개인의 영양소 필요량이나 평소 영양소 섭취량을 파악하는 것이 실질적으로 불가능하다. 따라서 확률적 접근법은 영양소 필요량의 분포와 정규성에 대한 확인이 필요하므로 집단의 식사평가에서 활용하는 것이 쉽지 않다. Cut Point 방법은 영양소 필요량의 중앙값을 활용하여 평가하며, 이때 평균필요량 미만으로 섭취하는 대상자의 비율을 추정한다(표 7).

(12) 식사계획

식사계획은 적절한 영양을 제공하여 개인 및 집단의 영양이 부족하거나 지나치지 않도록 하는 것이다. 식사계획은 개인이나 집단은 물론 정부의 식생활 관련 정책 및 영양/건강 사업의 계획, 실행, 평가 등 여러 분야에서 이용될 수 있다. 개인 또는 집단을 대상으로 하여 식사를 계획할 때는 구체적인 목표에 맞는 영양소 섭취기준을 활용해야 함에 유의하여야 한다.

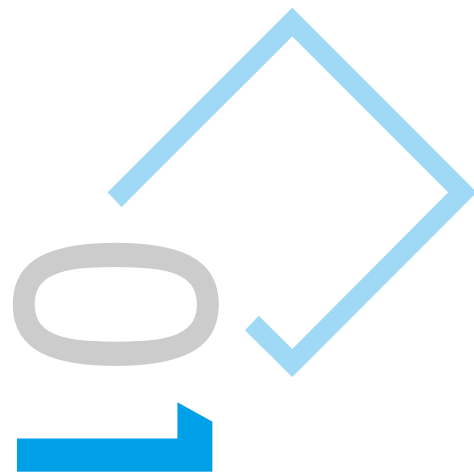
개인의 경우, 식사계획은 권장섭취량 또는 충분섭취량을 기준으로 하며, 상한섭취량을 초과하지 않도록 한다. 집단을 대상으로 식사계획을 하는 경우에는 평균필요량이나 상한섭취량을 기준으로 설정한다. 이때, 영양소 섭취량 분포에서 평균필요량보다 적게 먹는 대상자 비율을 최소화하도록 섭취량 분포를 이동시키고 상한섭취량보다 적은 양의 중앙값을 선정하여 식사를 계획한다. 즉, 평상시 영양소의 결핍 또는 과잉 섭취를 막고, 부적절하게 영양을 섭취하는 사람들의 비율을 줄이기 위함이다. 그러나 이 방법은 영양소마다 섭취량 분포가 달라 현실적으로 적용하기가 쉽지 않다. 원칙적으로 집단의 식사계획 시 권장섭취량을 사용하지 않아야 하나 특정 집단의 성장 및 건강상태를 반영하여 권장섭취량과 충분섭취량을 기준으로 사용할 수도 있다. 각 영양소 섭취기준을 활용한 개인/집단별 식사계획은 그림 2 및 그림 3과 같다.

■ 그림 3 ■ 집단의 식사계획 시 영양소 섭취기준의 활용 [17]

(13) 분야별 활용방안

새로이 제정된 2020 한국인 영양소 섭취기준을 국가, 지역사회, 개인 단위의 각 분야에서 활용하는 방안은 아래 그림 4과 같이 제시하였다. 개인의 경우 개별적으로 영양소 섭취실태를 평가하거나 식단을 계획할 때 영양소 섭취기준을 활용한다. 학교의 경우 급식 및 학생들을 대상으로 하는 영양상태 평가, 영양교육에서 영양소 섭취기준을 가이드라인으로 활용한다. 병원의 경우 환자급식계획, 영양상태평가, 식사지도 등에

서 영양소 섭취기준을 활용한다. 산업체의 경우 제품 개발, 식품표시 등에서 영양소 섭취기준을 활용한다.
정부부처의 경우 식생활 관련 정책 및 영양/건강 사업의 계획, 실행, 평가 시 영양소 섭취기준을 활용한다.



에너지

Energy

1

에너지

1

영양소의 특성

1-1. 개요

에너지는 인간의 생명과 생존 유지를 위해서 반드시 필요하다. 인간은 식품섭취를 통해서 에너지를 얻고, 이는 신체의 다양한 기능을 유지하는데 사용된다. 인체의 1일 총에너지소비량(Total energy expenditure, TEE)은 기초대사량(Basal energy expenditure, BEE), 신체활동대사량(활동에너지 소비량)(Physical activity energy expenditure, PAEE), 식사성 발열효과(식품이용을 위한 에너지 소비량)(Thermic effect of food, TEF)로 구성되며, 추가적으로 적응대사량이 더해지기도 한다 [1,2](그림 1).

에너지 평형은 섭취에너지와 소비에너지가 동일한 상태(섭취에너지=소비에너지)를 뜻하는데, 에너지균형 결과는 에너지의 저장량에 해당되는 체지방량에 영향을 미친다. 즉 에너지 균형여부는 체중 증가와 감소, 유지 등의 체중 조절과 관련이 있다. 에너지소비량 이상으로 에너지를 섭취하게 되면 남은 에너지는 지방의 형태로 체내에 축적되게 된다. 반면 섭취에너지가 소비에너지보다 적으면 체중의 감소, 즉 체지방의 감소가 초래된다 [3].

에너지는 영양소 섭취기준(Dietary Reference Intakes, DRI)에서 제시되는 4가지 개념인 평균필요량, 권장섭취량, 충분섭취량 및 상한섭취량 중에서 평균필요량에 해당하는 에너지필요추정량(Estimated Energy Requirements, EER)으로 제시되며 [4](그림 2), 다른 영양소와 달리 권장섭취량이나 상한섭취량의 개념이 적용되지 않는다. 권장섭취량은 건강한 대다수 국민들의 필요량을 충족시키는 양으로 평균필요량에 여유분을 추가하여 결정되기 때문에 많은 사람들에게는 필요량을 초과하는 양이 된다. 그러므로 에너지에 권장섭취량 개념을 적용하게 되면, 대다수의 사람들이 필요량을 초과하여 섭취하게 되고, 소비하고 남은 여분의 에너지는 체지방으로 전환·축적되어 비만을 초래할 수 있다. 이는 각종 질병의 직·간접적인 원인이 될 수 있으므로 에너지에는 권장섭취량을 적용하지 않는 것이다. 이와 같은 이유로 에너지에는 상한섭취량도 설정하지 않는다 [5].

1-2. 대사와 기능

(1) 에너지 대사와 기능

에너지 균형(평형)은 섭취에너지와 소비에너지가 동일한 상태를 말하며, 양의 에너지 균형은 체내 에너지 저장의 증가, 즉 체지방의 증가를 말한다. 적절한 양의 에너지 균형은 성장기 어린이와 체중 증가를 시도하는 사람에게 필요하지만, 성인기에는 과도한 체지방 축적으로 인한 비만을 초래하여 건강상의 문제를 야기할 수 있다. 예를 들어 0.45 kg의 체중을 증가시키려면 추가로 약 3,500 kcal의 에너지가 필요하다 [1]. 반면 체중 감소를 하려면 음의 에너지 균형이 필요하며, 이는 에너지소비량이 섭취량보다 많은 것을 뜻한다. 즉, 음의 에너지 균형에서는 식품 섭취가 감소되거나, 신체활동 증가가 나타난다.

전세계적으로 비만의 유병률이 증가하고 있으며, 1975년 이래로 3배나 증가하였다 [6]. 우리나라도 성인의 30% 이상이 비만(체질량지수, body mass index, BMI, 25 이상)이고, 소아청소년의 비만율도 증가하고 있다 [7]. 비만도는 신장과 체중으로 표현되는 체질량지수(BMI)와 체지방 분포(상체비만, 하체비만, 복부비만)를 표현하는 허리둘레 및 <허리둘레/엉덩이둘레>비로 평가될 수 있다. 비만도가 정상범위(BMI 18.5-22.9; 허리둘레: 남자는 <90 cm, 여자는 <85 cm; 허리/엉덩이 둘레비: 남자는 <0.9, 여자는 <0.8)를 벗어나면 건강위험도가 증가한다. 비만도가 증가하는 경우 대사증후군, 심혈관계질환, 당뇨병, 이상지질혈증 및 고혈압 등의 위험이 증가하고 특히, 복부비만이면서 내장지방 축적률이 높은 경우 그 위험은 더욱 증가하게 된다 [1]. 한편, 체중이 지나치게 감소하면 면역 및 감염성질환, 위장관계질환 등의 위험도가 올라간다. 따라서 정상 범위의 비만도(건강체중)를 유지하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 섭취에너지와 소비에너지의 균형이 중요하다.

[2] 에너지소비량의 구성

하루 총에너지소비량(TEE)은 기초대사량(BEE), 신체활동대사량(PAEE), 그리고 식사성 발열효과(TEF)로 구성된다 [8].

① 기초대사량

기초대사량(BEE)은 인체의 기본적인 생리적 기능을 유지하는데 소비되는 최소한의 에너지를 말하며, 하루 총에너지소비량(TEE)의 60-75%를 차지한다. 따라서, 하루 에너지필요량을 결정짓는 중요한 요인이 된다. 기초대사량(BEE)은 식사와 활동이 거의 없는 상태(식사 후 약 12-14시간)에서 소비되는 에너지량으로 이른 아침 기상 직후 바로 측정해야 한다. 즉, 정확한 측정을 위하여 측정 전날 실험실에 미리 와서 자고 다음날 아침 기상 직후 측정해야하므로 현실적으로 정확한 기초대사량(BEE)의 측정이 쉽지 않다.

따라서, 식후 4-6시간이 지난 후 휴식을 취하고 있는 상태에서 측정하는 휴식대사량(Resting energy expenditure, REE)이 기초대사량(BEE)을 대신하여 이용되고 있다. 휴식대사량(REE)은 기초대사량(BEE)과 약 10% 정도 차이가 있는 것으로 보고되고 있는데, 이러한 차이는 남아있는 식사성 발열효과(TEF) 및 측정하기 전에 수행한 신체활동의 영향과 관련 있다 [9]. 그러나 실제로 에너지소비량에 관한 대부분의 연구에서는 기초대사량(BEE)과 휴식대사량(REE)을 혼용해서 사용하고 있기도 하다.

② 신체활동대사량

신체활동대사량(PAEE)은 신체활동에 의한 에너지소비량으로 개인 간에 차이가 있고, 동일인에서도 하루하루 차이가 나타나는 것으로 보고되고 있다 [10]. 성별과 연령 및 체격(또는 체조성)이 유사한 경우, 에너지소비량의 차이는 주로 신체활동대사량(PAEE)에 의한 것이라고 할 수 있다. 신체활동량이 낮은 사람은 신체활동대사량(PAEE)이 기초대사량(BEE)의 반에도 미치지 ④하는 경우도 있는 반면, 활동량이 많은 운동선수나 일부 고강도의 육체적 노동자는 신체활동대사량(PAEE)이 기초대사량(BEE)의 2배 이상이 되는 경우도 있다 [11]. 신체활동대사량(PAEE)은 운동에 의한 활동대사량(Exercise activity thermogenesis, EAT)과 운동 이외의 활동대사량(Non-exercise activity thermogenesis, NEAT)으로 나눌 수 있다 [10]. 일반 성인이 운동을 목적으로 빠른 속도로 걷는 경우, 한 시간에 약 200-300 kcal(체중에 따라 차이는 있지만)을 소비할 수 있다. 따라서 하루 총에너지소비량(TEE)에서 운동이 차지하는 에너지소비량(EAT)의 비율은 평균 10% 미만이고, 1주일에 3번 정도 운동한다고 가정했을 때, 하루 평균 5% 미만으로 보여진다. 그러나 자세의 유지, 가사활동, 통근 및 일터에서의 신체활동 등과 같은 여러 가지의 신체활동을 포함하는 운동 이외의 활동대사량(NEAT)은 운동보다 더 많은 에너지를 소비하므로 하루 총에너지소비량(TEE)의 20-30%를 차지한다고 알려져 있다 [10]. 운동이 각종 만성퇴행성질환의 예방 및 치료에 효과적임이 보고되면서 운동을 통한 질병예방 전략들이 제시되고 있으나, 하루 총에너지소비량(TEE)을 늘리기 위해서는 일상 생활에서 운동 이외의 활동대사량(NEAT)을 증가시키는 것도 중요하다고 할 수 있다.

③ 식사성 발열효과

식사성 발열효과(TEF)는 식품섭취에 따른 영양소의 소화, 흡수, 이동, 대사, 저장 및 이 과정에서 발생하는 자율신경계 활동 증진 등에 따른 에너지소비량을 말한다. 식사성 발열효과(TEF)는 영양소별로 차이를 보이는데, 지방이 가장 낮고, 단백질이 가장 높다(지방: 0-5%, 탄수화물: 5-10%, 단백질: 20-30%). 지방은 흡수, 분해 및 저장의 과정이 비교적 쉽게 이루어지기 때문에 식사성 발열효과(TEF)가 가장 적고, 단백질은 타 영양소에 비하여 소화, 흡수, 대사 등의 과정이 복잡하여 가장 높은 식사성 발열효과(TEF)를 보인다. 국내에서 진행된 식사성 발열효과(TEF)에 관한 연구에 따르면 20대 성인의 식사성 발열효과(TEF)는 7.4%(남자 6.6%, 여자 8.1%)였고 [12], 고지방식(총 섭취에너지 중 지방의 비율 50%) 간의 식사성 발열효과(TEF)를 비교한 연구 [13]에 따르면, 버터를 이용한 경우는 6.4%였고, 참기름을 포함한 경우는 7.1%로 유의한 차이를 보였다. 따라서 동일한 영양소라 할지라도 급원에 따라 식사성 발열효과(TEF)의 차이를 보이는 영양소의 급원이 장기적으로 체중조절에 중요한 요소가 될 수 있음을 보여주고 있다. 또한 중쇄지방산(Medium-chain triglyceride, MCT)이 포함된 단일 식사는 장쇄지방산이 포함된 단일 식사에 비하여 식이성 발열효과(TEF)가 높음이 보고되기도 하였다 [14].

2

건강 유지 및 증진을 위한 섭취기준

체내에서 하루 동안 소비되는 에너지는 기초대사량(BEE) 또는 휴식대사량(REE), 신체활동대사량(PAEE), 그리고 식사성 발열효과(TEF)로 구성된다. 식품을 통해 섭취하는 에너지와 소비하는 에너지 사이에 균형을 이루면 성장, 발달, 생리활성 및 건강유지 등의 긍정적인 효과를 준다. 그러나, 필요량보다 초과하여 에너지를 섭취하면 에너지 출력의 균형이 깨져 에너지 소비 후에 남은 여분의 에너지는 체지방으로 전환·축적되어 비만을 초래한다. 이는 각종 질병의 발생(대사증후군, 심혈관계질환, 암, 생식계 이상 등)에 직접 또는 간접적 영향을 줄 수 있다. 반면, 필요량보다 적게 에너지를 섭취하면 신체 성장 및 건강을 유지하는데 필요한 에너지가 부족하게 되어 체소모가 일어나며 이는 건강에 부정적인 영향(성장 저하, 섭식장애, 골다공증, 생식기능 이상, 면역관련 질환 위험)을 줄 수 있다.

[3] 에너지소비량에 영향을 주는 요인

① 성별과 연령

동일한 체중이라 할지라도 기초대사량(BEE)은 일반적으로 남자가 여자보다 높은 것으로 보고되고 있는데, 이는 성호르몬(남자는 안드로겐, 여자는 에스트로겐)과 관련이 있다. 성호르몬의 영향으로 남녀 간의 체성분이 다른 양상을 보이게 되는데, 남자가 여자보다 체지방량(Fat-mass, FM)이 적은 반면, 제지방량(Fat-free mass, FFM)이 많아 상대적으로 에너지소비량이 높게 나타난다 [15]. 그러므로, 남녀 간의 에너지 소비량을 비교할 때에는 체중 및 체성분으로 보정하여 살펴봐야 한다. 또한 기초대사량(BEE)은 일반적으로 연령이 증가할수록 단위 체중당 그 값이 감소하는 양상을 보인다 [16].

② 신체 크기와 신체성분

총에너지소비량(TEE)과 휴식대사량(REE)은 신체 크기(체중, 신장)와 신체 구성에 의해 영향을 받는다. 신체 크기가 클수록 [8, 16, 17], 제지방량이 많을수록 [9, 19-21] 에너지소비량이 증가된다고 보고되었다. 특히 제지방량(FFM)은 휴식대사량(REE)과 양의 상관성을 보이며, 독립변수로서 매우 높은 설명력($R^2 > 60\%$)을 보여주었다 [18, 22, 23]. 또한, 체지방의 분포(허리둘레, 허리/엉덩이 둘레비)도 휴식대사량(REE)과 유의적인 양의 상관성을 보였는데 [24], 이는 피하지방조직에 비해 내장지방조직의 산소소비량이 유의하게 많기 때문으로 보고되었다 [24]. 이처럼 기초대사량(BEE)은 성별과 연령 및 신체 크기(신장 및 체중)에 따라 차이를 보이므로 이를 근거로 다음과 같이 기초대사량(BEE) 산출 공식이 제시되었다 [26].

- 아동 및 청소년(3-18세) 남자 BEE(kcal/일) = $68 - 43.3 \times \text{연령(세)} + 712 \times \text{신장(m)} + 19.2 \times \text{체중(kg)}$
 여자 BEE(kcal/일) = $189 - 17.6 \times \text{연령(세)} + 625 \times \text{신장(m)} + 7.9 \times \text{체중(kg)}$
- 성인(19세 이상) 남자 BEE(kcal/일) = $204 - 4.00 \times \text{연령(세)} + 450.5 \times \text{신장(m)} + 11.69 \times \text{체중(kg)}$
 여자 BEE(kcal/일) = $255 - 2.35 \times \text{연령(세)} + 361.6 \times \text{신장(m)} + 9.39 \times \text{체중(kg)}$

[26] National Academy of Medicine

(4) 생애주기별 고려사항

에너지필요추정량(EER)을 산정할 때 생애주기별 신체변화(성장, 발달, 유지 등)에 필요한 에너지필요량을 고려해야한다. 예를 들어, 임신부 및 수유부는 일반 성인 여성의 에너지필요추정량(EER)에 임신에 의한 에너지소비량 증가분과 모체 조직의 성장에 필요한 에너지축적량이 각각 추가되어야 한다. 영아는 에너지 소비량과 성장에 따른 에너지축적량의 합산 및 모유(조제유) 또는 이유식 섭취와 같은 특수 상황이 고려되어야 한다. 유아, 아동 및 청소년은 에너지소비량에 해당 시기별 성장에 필요한 추가 에너지량이 합산되어야 하고, 활동의 특징도 고려하여 산정되어야 한다.

(5) 에너지필요추정량 설정 시 고려해야할 사항

에너지 평형의 결과는 체중부족, 체중유지 및 체중초과(비만)로 나타나므로, 에너지필요추정량(EER)의 결정 시 에너지 섭취 비율과 비만유병률의 고려가 매우 중요하다. 이에 최근 한국인의 에너지섭취량(그림 4)과 비만유병률 및 관련 만성퇴행성질환의 유병률(그림 5)을 살펴보았다 [7].

그림 5 | 최근 10년(2007-2017) 간 한국남자의 비만유병률 및 관련 만성퇴행성질환의 변화 [7]

- ※ 비만: 체질량지수(BMI, kg/m^2)가 25 이상인 분율, 만30세 이상
- ※ 고혈압: 수축기혈압이 140 mmHg 이상이거나 이완기혈압이 90 mmHg 이상 또는 고혈압 약물을 복용하는 분율, 만30세 이상
- ※ 당뇨병: 공복혈당이 126 mg/dL 이상이거나 의사진단을 받았거나 혈당강하제복용 또는 인슐린주사를 사용하는 분율, 만30세 이상
- ※ 고콜레스테롤혈증: 혈중 총콜레스테롤이 240 mg/dL 이상이거나 콜레스테롤강하제를 복용하는 분율, 만30세 이상
- ※ 2005년 추계인구로 연령표준화

그림 4와 그림 5에서 보듯이 한국인의 에너지섭취량과 비만유병률은 서서히 증가하는 경향을 보이고 있으며, 최근 성인 남자 5명 중 3명 이상이, 성인 여자 4명 중 1명 이상이 비만으로 나타났다. 더불어 고혈압은 3명 중 1명, 당뇨병은 10명 중 1명, 고콜레스테롤혈증은 5명 중 1명의 수준으로 유병률을 보였으며, 지속적으로 증가하고 있다.

그림 6에 따르면 비만관련 질환의 인지율과 관리율은 점진적으로 증가하고 있는 추세이다. 2016-2017년을 기준으로 볼 때 고혈압의 경우 유병자 3명 중 2명이 질환을 인지하고 있었고, 3명 중 2명이 치료를 받고 있었으며, 당뇨병은 유병자 4명 중 3명이 질환을 인지하였고, 3명 중 2명이 치료를 받고 있었고, 고콜레스테롤혈증은 유병자 2명 중 1명이 질환을 인지하였고, 2명 중 1명이 치료를 받고 있었다.

따라서, 에너지섭취량 추이가 비만의 유병률뿐만 아니라 고혈압, 당뇨병, 고콜레스테롤혈증을 포함한 만성퇴행성질환의 유병률 추이의 변화와 같은 방향으로 가고 있음이 (에너지필요추정량 산정 시) 고려되어야 한다.

■ 그림 6 | 최근 10년간(2007~2017) 비만관련 질환의 관리 추이 [7]

- ※ 고혈압 인지율: 고혈압 유병자 중 의사로부터 고혈압 진단을 받은 분율, 만30세 이상
- ※ 고혈압 치료율: 고혈압 유병자 중 현재 혈압강하제를 한달에 20일 이상 복용한 분율, 만30세 이상
- ※ 고혈압 조절률(유병자기준): 고혈압 유병자 중 수축기혈압이 140 mmHg 미만이고 이완기혈압이 90 mmHg 미만인 분율, 만30세 이상
- ※ 고혈압 조절률(치료자기준): 고혈압 치료자 중 수축기혈압이 140 mmHg 미만이고 이완기혈압이 90 mmHg 미만인 분율, 만30세 이상
- ※ 당뇨병 인지율: 당뇨병 유병자 중 의사로부터 당뇨병 진단을 받은 분율, 만30세 이상
- ※ 당뇨병 치료율: 당뇨병 유병자 중 현재 혈당강하제를 복용 또는 인슐린 주사를 사용하는 분율, 만30세 이상
- ※ 당뇨병 조절률(유병자기준): 당뇨병 유병자 중 당화혈색소가 6.5% 미만인 분율, 만30세 이상
- ※ 당뇨병 조절률(치료자기준): 당뇨병 치료자 중 당화혈색소가 6.5% 미만인 분율, 만30세 이상
- ※ 고콜레스테롤혈증 인지율: 고콜레스테롤혈증 유병자 중 의사로부터 고콜레스테롤혈증 진단을 받은 분율, 만30세 이상
- ※ 고콜레스테롤혈증 치료율: 고콜레스테롤혈증 유병자 중 현재 콜레스테롤강하제를 한 달에 20일 이상 복용한 분율, 만30세 이상
- ※ 고콜레스테롤혈증 조절률(유병자기준): 고콜레스테롤혈증 유병자 중 총콜레스테롤수치가 200 mg/dL 미만인 분율, 만30세 이상
- ※ 고콜레스테롤혈증 조절률(치료자기준): 고콜레스테롤혈증 치료자 중 총콜레스테롤수치가 200 mg/dL 미만인 분율, 만30세 이상

(6) 에너지소비량 평가방법

성인의 경우, 에너지필요추정량(EER)은 에너지 평형상태(섭취에너지와 소비에너지의 균형)의 에너지소비량으로 규정한다. 따라서 에너지필요추정량(EER)을 설정하기 위해서는 에너지소비량 평가가 먼저 필요하다. 인체의 에너지소비량을 평가하는 방법은 크게 직접열량측정법(Direct calorimetry)과 간접열량측정법(Indirect calorimetry)이 있다.

① 직접열량측정법

직접열량측정법은 특수한 대사측정실(Metabolic chamber) 내에서 대상자의 신체에서 발생하는 열(Heat)을 직접 측정하는 방법으로 내부와 외부 사이의 열이 완전히 차단된 대사측정실 사방의 벽을 따라 일정량의 물이 흐르게 설계되어 있다. 따라서, 측정실 내부에서 발생되는 열로 인해 상승되는 물의 온도

변화를 측정함으로써 신체에서 발생하는 열 생성량을 파악할 수 있다. 총 열 생성량의 80% 정도는 복사와 대류에 의해 발생되고 나머지는 증발열로 발생되며, 전도에 의한 열 생성량은 너무 적어서 고려하지 않는다. 이와 같은 방법은 훈련받은 전문가뿐만 아니라 고액의 설비비와 유지비가 필요하므로 현실적으로 적용하기에 어려움이 있다 [27].

② 간접열량측정법

간접열량측정법은 음식물의 대사와 관련된 산소의 소비와 이산화탄소의 생성을 측정하여 에너지소비량을 간접적으로 측정하는 방법이다. 간접열량측정법은 크게 이중표식수를 이용하는 방법(Doubly labeled water method, DLW)과 호흡가스를 분석하는 방법(Respiratory gas analysis)이 있다.

[이중표식수법]

이중표식수법(DLW)은 수소(^2H)와 산소(^{18}O)의 안정동위체를 사용하여 에너지소비량을 측정하는 방법으로 현재까지 알려진 일상생활 중의 총에너지소비량(TEE)을 측정하는 방법 중 가장 정확한 방법(gold standard)으로 알려져 있다 [28]. 그 원리를 요약하면, 안정동위체인 ^{18}O 와 ^2H 가 자연계에 존재하는 비율보다 많이 포함된 이중표식수($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$)를 체중당 일정비율로 피험자에게 섭취시킨 후 채취한 소변(1-2주) 중으로 배출된 양을 질량분석계(Isotope ratio mass spectrometry)를 이용하여 분석하는 방법이다 [28]. ^{18}O 의 배출률이 ^2H 의 배출률보다 크기 때문에 그 차이로부터 이산화탄소의 배출률(rCO_2)을 계산할 수 있다.

$$\text{rCO}_2(\text{mol/일}) = 0.4554 \times \text{TBW}(\text{mol}) \times (1.007 \times k_o - 1.041 \times k_h)$$

(TBW = total body water, k_o 와 k_h 는 각각 ^2H 와 ^{18}O 의 제거율)

일일 총에너지소비량은 Weir [29]의 식에 이산화탄소 배출률(rCO_2)과 식사섭취조사 결과로부터 산출한 FQ(food quotient)값을 적용하여 아래와 같이 계산한다.

$$\text{총에너지소비량(TEE, kcal/일)} = 3.9 \times (\text{rCO}_2/\text{FQ}) + 1.1 \times (\text{rCO}_2)$$

이중표식수법(DLW)은 피검자가 조사기간 중 활동에 제약을 받지 않기 때문에 유아, 임신부 및 초고령자에 이르기까지 모든 대상에 적용할 수 있다. 그러나 이중표식수의 제조비와 분석비가 매우 비쌌 뿐만 아니라, 대상자의 1일 총에너지소비량(TEE)만을 제시할 뿐, 개개인의 신체활동의 강도, 빈도, 기간 등을 평가할 수 없다는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 미국, 호주, 독일, 일본 등 많은 선진국에서는 이중표식수법(DLW)을 이용하여 총에너지소비량(TEE) 산출 공식을 도출하여 적용하고 있다 [26]. 우리나라는 최근에 이르러서야 비로서 이중표식수법(DLW)을 이용하여 총에너지소비량(TEE)을 측정·평가한 연구가 진행되고 있다 [30-38].

[호흡가스분석법]

호흡가스분석법은 호흡 중 발생하는 호기(Expired air)를 밀폐용기(Douglas bag)에 전량 수집하여 호흡 가스를 분석하는 총수집시스템(Total collection system), 호흡하는 동안 흡기(Inspired air)와 호기를 모두 분석하는 개방회로시스템(Open circuit system)과 폐쇄회로시스템(Closed circuit system)이 있다. 이 중 개방회로시스템이 널리 사용되는데 휴식대사량(REE) 측정과 같이 누워서 측정이 가능한 경우에는 마스크와 캐노피 및 챔버를 이용하는 환기후드시스템(Ventilated hood system)을 사용하며, 일상생활의 다양한 활동에너지 소비량(PAEE)을 측정 시에는 휴대용 호흡수집시스템(Expiratory collection system, 예: 무선 호흡가스분석기 K4b2)을 사용한다. 이때 산소 소모량(VO_2)과 이산화탄소 배출량(VCO_2)은 호흡가스분석기를 이용하여 분석하고 그 값을 Weir 공식 [29]에 적용하여 에너지소비량(EE, kcal/일)으로 산출한다. 이때 소변내 질소량(uN_2)이 포함되는데, 실제 에너지소비량의 4% 정도만을 차지하므로 에너지소비량 산출시 종종 공식에서 제외되어 사용되기도 한다 [39].

[7] 에너지필요추정량 설정 방법의 선정

에너지소비량을 정확하게 측정하려면 직접열량계, 간접열량계 또는 이중표식수법(DLW)을 이용 [40] 하는 것이 바람직하나, 고가의 장비와 훈련된 측정전문가가 필요하고, 측정 절차와 방법이 까다로워 보편적으로 사용하기는 현실적으로 어려움이 많다 [41]. 따라서 실제 현장에서는 에너지소비량을 직접 측정하기 보다는 쉽게 수집할 수 있는 변수(개인의 체중, 신장, 성별 및 연령 등)들을 추정 공식에 대입하여 에너지 소비량을 계산하고있다.

에너지소비량의 추정 공식은 크게 휴식대사량(REE) 추정 공식과 총에너지소비량(TEE) 추정 공식이 있다. 휴식대사량(REE) 추정 공식은 1919년에 개발된 헤리스-베네딕트공식(Harris-Benedict equation) [18]이 대표적이며, 이후에 성별, 연령, 인종 및 비만도를 고려한 다양한 공식이 개발되어 활용되고 있다. 한편, 총에너지소비량(TEE) 추정 공식은 2002년 및 2005년 미국/캐나다 영양소 섭취기준을 책정할 당시 에너지 필요추정량(EER)을 산정하기 위해 이중표식수법(DLW)으로 측정한 총에너지소비량(TEE)을 근거로 도출되었다 [26].

① 세계보건기구에서 채택한 에너지소비량 평가 방법

2005년에 한국인 영양소 섭취기준(에너지필요추정량, EER)이 도입되기 이전까지는 한국인을 위한 에너지 권장량, 즉 에너지 평균필요량은 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서 채택한 방식인 휴식대사량에 하루 평균 신체활동수준(기존의 활동계수, Physical activity level, PAL)을 곱하는 방법으로 산출하였다 [8]. 이때 휴식대사량(REE)은 산출 공식에 연령, 신장 및 체중을 대입하여 구하였고, 신체활동수준은 (성인을 제외하고) 한국인을 대상으로 측정한 자료가 충분하지 않아서 세계보건기구 [8]에서 제시한 값을 기준으로 추정하여 적용하거나 [42, 43], 신체활동일기를 이용하여 산출한 값을 활용하였다.

[세계보건기구 총에너지소비량 산출 방식]

총에너지소비량(TEE) = 휴식(기초)대사량 × 활동계수

(예: 활동계수가 1.3 이라면, 일상생활에서 휴식대사량의 1.3배에 달하는 강도의 신체활동을 수행함)

그러나 위의 공식으로 계산된 휴식대사량(REE)은 오차가 발생할 수 있고, 신체활동일기를 이용하여 계산된 신체활동수준 역시 일상의 모든 활동을 정확히 기록하는데 있어서의 한계가 있으며, 다양한 신체활동의 강도별 분류상의 문제 등으로 인하여 정확한 평가가 어려운 실정이었다.

② 이중표식수법을 이용한 에너지필요추정량 산출 공식 선정

에너지 평형을 이루는 성인의 경우, 에너지 필요량이 에너지소비량과 같다고 규정함에 따라 가장 정확하게 에너지소비량을 평가하는 방법으로 알려진 이중표식수법(DLW)을 이용하여 측정한 에너지소비량에 근거하여 에너지필요추정량(EER)을 계산하는 산출 공식이 개발되어 이용되고 있다. 미국, 캐나다 및 일본 등에서는 이중표식수법(DLW)으로 측정한 자국민의 에너지소비량을 근거로 개발된 추정식을 이용하여 에너지필요추정량(EER)을 책정하고 있다 [26]. 그러나 우리나라는 한국인 영양소 섭취기준이 새롭게 제시된 2005년부터 2015년도까지, 국립 의학 아카데미(National Academy of Medicine, NAM)에서 이중표식수법(DLW)으로 측정한 총에너지소비량(TEE)에 근거하여 개발된 1일 에너지필요추정량 공식을 이용하여 한국인의 에너지필요추정량(EER)을 산출해 왔다 [44-46]. 앞서 언급하였듯이 이러한 추정식은 미국 등지에서 각 연령대별로 이중표식수법(DLW)을 이용하여 측정한 하루 총에너지소비량(TEE) 결과치를 토대로 하여 도출된 것이다 [26].

우리나라도 2003년 이후 이중표식수법(DLW)으로 에너지소비량을 평가한 연구결과가 보고되고 있으나 [30-37] 아직까지 연령대별로 측정한 대상자 수가 충분하지 않다. 따라서 한국인 영양소 섭취기준을 처음 도입(2005)하면서 적용하였던 에너지필요추정량(EER) 산출 공식을 그대로 적용하고 있다 [46].

[8] 2020년 에너지필요추정량 산출과정

에너지필요추정량(2020 EER)의 설정 방법의 근거를 마련하기 위하여 최근 발표된 다양한 문헌들을 수집하여 분석 및 평가하였다. 2003년 이후로 이중표식수법(DLW)을 이용하여 한국인을 대상으로 수행한 연구결과가 보고 [30-37]되어 왔으나, 아직은 자료가 부족한 실정이다. 이에 2015년과 마찬가지로 2020년에도 한국인을 위한 에너지필요추정량(EER)은 미국의 영양소 섭취기준에서 제시한 공식을 그대로 사용하였다.

[에너지필요추정량(EER)의 산출 공식]

$$\text{에너지필요추정량(EER)} = \alpha + \beta \times \text{연령(세)} + \text{PA} \times [\gamma \times \text{체중(kg)} + \delta \times \text{신장(m)}]$$

*PA(physical activity) = 신체활동단계별(비활동적, 저활동적, 활동적, 매우 활동적) 계수

에너지필요추정량(EER) 계산 공식에 적용되는 상수 및 계수는 표 1과 같고, 신체활동단계별 계수(PA) (표 2)는 2005년, 2010년 및 2015년과 마찬가지로 “저활동적”에 해당하는 값을 사용하였다.

① 신체활동단계별 계수의 적용

에너지필요추정량(EER) 산출값에 영향을 미치는 중요한 변수로 체중과 신장 및 연령 이외에 신체활동 단계별 계수(PA)를 들 수 있으며, 이는 개인 또는 집단의 신체활동수준(PAL)에 따라 결정된다(표 2). 신체활동수준(PAL)은 일일 평균 신체활동의 강도를 휴식대사량(REE)의 배수로 나타낸 값이다. 따라서 가장 정확한 신체활동수준은 이중표식수법(DLW)으로 측정한 총에너지소비량(TEE)을 간접열량계로 측정한 휴식대사량(REE)으로 나눈 값($\text{PAL} = \text{TEE} / \text{REE}$)이다. 그러나 이중표식수법(DLW) 및 간접열량계측정법 모두 실제로 현장에서 사용하기는 어렵다.

그동안 국내에서 신체활동수준(PAL)을 평가한 연구들은 대부분 신체활동일기를 사용해왔다. 즉 신체활동일기에 기록된 다양한 신체활동을 일본 후생노동성(1985년)에서 개발한 신체활동분류표 또는 이를 다소 보완한 분류표에 의거하여 18단계로 분류하고 각 활동 단계별 에너지소비량 값(기초대사량에 대한 배수)에 소요시간을 곱하여 산출하였다. 그러나 이때 사용한 신체활동분류표는 1985년에 일본에서 개발된 것으로 오늘날 한국인의 신체활동을 대변하기에는 시대적 변화를 반영하지 ④할 뿐만 아니라, 신체활동의 강도보다는 생활 활동 중심으로 구성되어 있어 정확한 신체활동의 수준을 평가하는데 제한이 많았다.

이에 1993년 Ainsworth 등 [47]에 의해서 개발된 후, 2000년 [48]과 2011년 [49]에 개정된 미국의 Compendium 및 한국인을 대상으로 측정한 신체활동의 에너지소비량 등 [50-52]을 포함한 성인의 신체활동별 에너지소비량 데이터베이스(DB)를 구축하고 이를 이용하여 ‘한국인을 위한 새로운 신체활동분류표’가 개발되어야 한다.

개인의 에너지필요추정량(EER)은 성별과 연령대별 산출 공식에 신장과 체중 그리고 4가지 신체활동단계 중 해당되는 신체활동단계별 계수(PA)를 대입하여 구한다 [4, 26].

앞서 언급한 바와 같이, 2005년, 2010년 및 2015년 모두 에너지필요추정량(EER) 산출 시 모든 연령대에서 ‘저활동적’에 해당하는 신체활동단계별 계수(PA)를 EER 산출 공식에 적용하였다.

아래 표 3에 정리된 바와 같이, 한국인의 신체활동수준(PAL)은 대부분이 ‘저활동적’에 속하는 1.4-1.59를 보였고, 일부 연령층이나 특정 직업군(농업인, 운동선수 등)에서는 좀더 높은 신체활동수준을 보였다. 대부분의 연구에서 신체활동일기를 이용하여 하루 동안 수행한 모든 신체활동을 조사한 후 신체활동 분류표를 참고하여 활동강도에 따라 분류한 후, 각 활동의 소요시간과 활동강도를 적용하여 신체활동수준(PAL)을 산출하였다. 그러나 실제로 신체활동의 범위가 매우 다양하므로 작성한 활동일기를 토대로 활동강도를 분류하고 에너지소비량을 범주화하는 것은 쉽지 않기 때문에 오차 발생의 원인이 되기도 한다.

¹⁾ BMR가중치로 신체활동수준 결정

²⁾ 미국 등은 REE 가중치($REE = 1.03 \times BMR$) 이용하므로 이를 적용하여 환산

신체활동일기를 이용하여 신체활동수준(PAL)을 산출하는 방법의 문제점이 인식된 바, 한국인을 대상으로 이중표식수방법(DLW)을 활용하여 신체활동수준(PAL)을 산출하는 연구가 진행되었다 [33-35]. 그 결과를 살펴보면(표 4), 아동의 경우는 초등학생을 대상으로 하였고, 성인의 경우 [34]는 일반 사무직 근로자를 대상으로 하였기에 해당 연령층을 대표할 수도 있겠으나, 노인의 경우 [37]는 규칙적인 운동을 하는 70대 초반의 노인을 대상으로 하였기에 일반적인 노인층을 대표하기에는 제한점이 있다.

② 체위분과에서 제시한 2020 체위기준(안) 적용

2020 한국인 영양소 섭취기준 개정을 위하여 체위 분과에서 제안한 체위 참고치를 2015년 체위 기준치와 비교하여 보면, 일부 성별 및 연령대에서 신장과 체중이 변화하였다(표 5). 만 3세 이전에서는 신장과 체중 모두 감소하였고, 3-5세군에서는 신장의 변화는 없고, 단지 체중이 0.2 kg 증가하였다. 신장의 경우, 6세부터 29세까지, 그리고 75세 이상 노인층에서 남녀 모두 최소 0.2 cm에서 최대 2.3 cm까지 감소하였다. 반면 30세부터 74세까지 남녀 모두 최소 0.5 cm에서 최대 1.3 cm까지 증가하였다. 체중은 6-14세 초등학생, 중학생 남아, 19-29세 성인여자 및 75세 이상의 여자를 제외하고, 전 연령층에서 증가하였다. 체위 변화를 반영한 체질량지수(BMI)의 변화를 살펴보았을 때, 만 3세 이전에서는 0.1-0.9 정도 감소하였고, 남자의 경우, 9-11세에서는 변동이 없었고, 나머지 연령층에서는 0.1-0.9 정도 증가하였다. 여자의 경우 6-18세에서 0.4-0.6 정도 증가하였고, 19세 이상 성인에서는 0.1 정도 감소하였다.

9) 2020년 에너지필요추정량 설정의 원칙

지난 2015년 한국인 영양소 섭취기준 개정 시, <2005년부터 한국인 영양소 섭취기준에서 에너지필요추정량(EER) 산출 시 사용하고 있는 추정식은 이중표식수법(DLW)을 이용하여 미국과 캐나다인을 대상으로 개발된 것이므로 한국인에게 적용 시의 정확도(타당도)가 검증되어야 함>이 지적된 바 있다.

지난 5년간 한국인을 대상으로 이중표식수법(DLW)을 이용하여 에너지필요추정량(EER) 산출식(dietary reference intake equations, DRI equations)의 정확도를 평가한 연구들이 몇 편 [33-35, 37] 보고되었다. 이중 성인을 대상으로 이중표식수법(DLW)으로 측정된 1일 총에너지소비량(TEE)과 DRI 공식을 이용하여 산출된 에너지필요추정량(EER)과의 상관관계를 분석한 결과(그림 7), 남자($r=0.783$, $P<0.001$)와 여자($r=0.810$, $P<0.001$) 모두 의미 있는 양의 상관관계를 보였다.

그림 7 | 1일 총에너지소비량(TEE_{DLW})과 에너지필요추정량(EER_{DRI})과의 상관관계

한편, 이중표식수(DLW)를 이용하여 한국인에서 DRI 공식(EER 산출식)의 타당도(정확도)를 평가한 결과를 요약한 결과는 표 6과 같다. DRI 공식(EER 산출식)의 정확도 평가 시, 산출값이 이중표식수(DLW)를 이용하여 측정된 총에너지소비량(TEE_{DLW})을 기준으로 90-110%에 해당되면 정확한 것(accurate)으로, 90% 이하이면 과소(under) 평가한 것으로, 110% 이상이면 과대(over) 평가한 것으로 보고하였다. 그 결과를 살펴보면(표 6), 남녀 각각 성인에서는 77.1%와 62.9%가, 노인에서는 64.0%와 74.0%가 정확하게 평가된 것으로 나타나, 한국인 성인과 노인에서 DRI 공식의 적용은 타당한 것으로 나타났다. 아동(초등학생)의 경우 여아에서는 63.6%의 정확도를 보였으나, 남아에서는 28.6%의 낮은 정확도를 보였고, 64.3%의 과대평가율을 보였다. 또한 운동선수(테니스 여자 선수)의 경우 비운동선수인 일반 여대생의 정확도(85.7%)에 비하여 37.5%의 매우 낮은 정확도를 보였다.

따라서 아동 및 운동선수 등의 에너지필요추정량(EER) 설정을 위해서는 이들을 위한 별도의 공식이 필요하겠으나, 한국인 성인과 노인에 있어서는 현재 사용하고 있는 DRI 공식(EER 산출식)을 적용하는 것은 가능한 것으로 나타났다.

17

2) $EER_{DRI} < 90\% \text{ of } TEE_{DLW}$

3) $EER_{DRI} > 110\% \text{ of } TEE_{DLW}$

이에 2020년 에너지필요추정량(EER)은 2005년 한국인 영양섭취기준이 처음 도입되면서 적용되었던 에너지필요추정량 공식이 그대로 적용되어 산출되었다. 이때 2020년 체위 참고치를 반영하되, 2020년 체위를 적용하여 산출된 에너지필요추정량(EER)의 원값에 대해 반올림 또는 올림 등의 계산방법을 적용하여 상향 조정하게 된다면, 우리 국민의 (비만유병률 및 관련 만성퇴행성질환 유병률을 고려할 때) 비만 및 이로 인한 만성퇴행성질환 유병률을 높이는 결과를 초래할 것이다. 이에 산출값을 100 kcal 단위로 절삭하였으며, 감소분에 대해서도 100 kcal 단위로 절삭하였다.

2020년 한국인 영양소 섭취기준 개정을 위한 에너지필요추정량(EER) 제정 원칙을 다음과 같이 정하였다.

첫째, 2015년에 사용하였던 에너지필요추정량 산출 공식을 그대로 적용한다.
둘째, 2020년도에 변경된 체위 참고치를 적용하여 에너지필요추정량을 계산한다.
셋째, 최근 한국인의 비만유병률을 고려하여 위의 산출값을 100 kcal 단위로 절삭하며, 감소분에 대해서도 100 kcal 단위로 절삭한다.
넷째, 신체활동단계는 ‘저활동적’을 적용하되, ‘활동적’ 및 ‘매우 활동적’ 신체활동수준에 해당하는 에너지필요추정량을 별도의 표로 제시한다.

에너지필요추정량(EER) 계산 공식에 연령대별 및 성별에 따라 적용되는 상수 및 계수를 적용한 최종 EER 산출식은 아래 표 7과 같다.

2-2 에너지 섭취기준 및 한국인 섭취실태

앞에서 언급한 생애주기별 에너지필요추정량(EER) 설정방법을 토대로 2020년도에 제시된 체위기준을 적용하여 성인 남녀의 에너지필요추정량(EER)을 산출하였다.

(1) 영아기(1세 미만)

영아 전기(0-5개월)의 에너지섭취량은 체중측정방법(Test weighing method)을 이용하여 하루에 섭취한 모유의 양을 측정한 후 모유의 에너지 함량을 곱하여서 구하였다. 하루 모유 섭취량의 추정은 매번 수유 전후 측정한 영아의 체중의 차이를 1회 섭취량으로 하여 24시간 동안 합산한 값을 1일 섭취량으로 하였다. 영아 전기의 모유섭취량은 생후 4주부터 20주까지의 성숙유 섭취량을 측정한 국내 논문의 결과를 활용하여 계산하였다(표 8). 영아 전기의 하루 모유섭취량은 평균 677-782 mL이었고, 2015년도 한국인 영양소 섭취기준 마련 시 조사된 결과 이외에 추가된 사항이 없어 2015년과 마찬가지로 780 mL로 정하였다(영아 모유섭취량 참고). 또한 1-5개년령 모유의 평균 에너지 함량은 약 65 kcal/dL이므로, 해당 연령 영아의 하루 에너지섭취량은 $510 \text{ kcal} (0.65 \text{ kcal/mL} \times 780 \text{ mL} = 507 \approx 510 \text{ kcal})$ 이었다.

19

모유와 함께 이유 보충식을 하는 영아 후기의 에너지섭취량 자료는 매우 부족하였다. 연구보고에 따르면, 1990년-2000년대 초까지는 6-11개월 영아들의 조제유 섭취 비율이 높았기 때문에 조제유와 보충식을 섭취하는 영아를 대상으로 한 자료가 상대적으로 많았다. 표 9에 따르면 해당 개월의 영아에서 모유와 보충식을 섭취한 총 25명의 영아는 평균 617.2 kcal을, 조제유와 보충식을 섭취한 총 182명의 영아는 평균 730.5 kcal을, 보충식만 섭취한 총 13명의 영아는 평균 668.8 kcal의 에너지를 섭취한 것으로 보고되었다 [64]. 또한, 6-11개월 영아들이 보충식으로부터 섭취한 열량을 살펴보면 [71-73], 모유와 보충식을 섭취한 영아는 평균 356 kcal, 조제유와 보충식을 섭취한 영아는 평균 307 kcal인 것으로 파악되었다(표 9).

20

영아의 에너지필요추정량(EER)은 영아의 에너지소비량에 성장에 필요한 에너지축적량(추가 필요량)을 더하여 산출하였다. 영아의 에너지소비량은 이중표식수법(DLW)을 사용하여 조사한 결과 [26]를 바탕으로, 성별에 관계없이 $<89 \text{ kcal/일} \times \text{체중(kg)} - 100 \text{ kcal/일}>$ 로 보고된 것을 적용하였다 [26]. 성장에 필요한 에너지축적량은 미국의 자료 [26]를 이용하여 영아 전기는 115.5 kcal/일, 영아 후기는 22.0 kcal/일을 적용하였다. 따라서 영아의 에너지필요추정량(EER)은 우리나라 영아의 전기와 후기의 표준체중(각각 5.5 kg과 8.4 kg)을 적용하여 아래와 같이 산출하였다. 2015년과 비교하여 2020년도에는 영아의 표준체위가 감소하였을 뿐만 아니라, 전반적인 비만 유병률을 고려하여 모든 연령층에 100 단위 절삭을 적용하는 원칙에 따라 다음과 같이 설정하였다.

(2) 성장기(1-18세)

유아와 아동의 에너지필요추정량(EER)은 에너지소비량에 성장에 필요한 추가필요량을 합산하여 산출하였다. 1-8세의 유아 및 아동의 성장에 필요한 에너지필요량은 남녀 모두 20 kcal/일로 책정하였고, 9-18세 아동은 남녀 모두 25 kcal/일로 책정하였다 [26]. 1-2세까지의 유아는 영아에 적용한 산출 방식과 마찬가지로 신체활동수준을 적용하지 않았고, 에너지 추가필요량 20 kcal/일을 적용하였다 [26]. 3-5세의 유아는 신체활동수준(PAL) 별로 에너지필요추정량(EER)이 달리 계산되었다.

김 등 [35]에 따르면 이중표식수법(DLW)으로 평가한 초등학교생의 신체활동수준(PAL)은 남녀 각각 1.58 ± 0.20 과 1.55 ± 0.13 으로 '저활동적' 수준에 해당하였다. 한편, 미국에서 보고한 3-8세 유아 및 아동의 신체활동수준(PAL)은 남아 1.39, 여아 1.48이었고, 9-13세 아동의 신체활동 수준은 남아 1.56, 여아 1.60으로 제시되었는데 [26], 이는 모두 '저활동적' 활동수준에 해당한다. 따라서 우리나라 유아 및 아동의 에너지필요추정량(EER) 산출 시에도 '저활동적' 신체활동수준을 기본으로 적용하였다.

청소년(12-18세)은 중·고등학생에 해당되는 연령군으로, 이들의 에너지필요추정량(EER)은 유아(3-5세) 및 아동(6-11세)에게 적용한 산출공식의 총에너지소비량(TEE)에 성장에 필요한 에너지를 추가로 더하였으

며, 이때 성장에 소요되는 필요에너지는 미국 DRI 자료 [26]를 바탕으로 9-11세 아동과 동일하게 하루 25 kcal로 하였다. 우리나라 청소년의 대부분은 하루 일과의 많은 부분을 대학입시 준비와 관련된 학습활동(학교 및 학원 수강, 야간 자율학습, 보충학습 등)에 할애하고 있으므로, 신체활동량이 부족한 ‘저활동적’ 수준으로 보고되었다(표 3). 따라서 우리나라 청소년의 에너지필요추정량(EER)은 ‘저활동적’ 신체활동수준을 적용하여 산출하였다. 그러나 청소년 중에서도 신체활동수준(PAL)이 중강도 또는 고강도인 경우, 별도의 에너지필요추정량(EER)이 제안되어야 할 것이다(표 16 참조).

위와 같은 과정을 통하여 계산된 성장기(1-18세)의 에너지필요추정량(EER) 산출값으로부터 최종 수치를 결정할 때는 앞서 제시한 바와 같이 증가하고 있는 비만유병률을 고려하여 100 kcal 단위로 절삭하였다.

* 신체활동수준에 따른 신체활동계수(PA)

남자 PA = 1.0(비활동적), 1.13(저활동적), 1.26(활동적), 1.42(매우 활동적)]

여자 PA = 1.0(비활동적), 1.16(저활동적), 1.31(활동적), 1.56(매우 활동적)]

(3) 성인기(19-64세)

성인(19세 이상)의 에너지필요추정량(EER)은 성장을 위한 에너지 축적량 없이 추정 공식의 산출값, 즉, 총에너지소비량(TEE)과 같다. 한국 성인의 신체활동수준(PAL)은 특수 활동(운동선수, 고강도의 육체적 노동자)을 하는 사람을 제외하고 일반적으로 1.60 미만인 ‘저활동적’ 상태인 것으로 보고되었다(표 3). 최근, 김 등 [34]은 이중표식수법(DLW)을 이용하여 한국인 성인의 신체활동수준(PAL)을 분석한 바(표 4) 남녀 각각 1.55 ± 0.19 및 1.46 ± 0.16 으로 ‘저활동적’ 수준(표 2)에 해당하였다. 따라서 성인의 에너지필요추정량(EER) 산출시 신체활동단계별 계수(PA)는 남녀 각각 ‘저활동적’ 수준에 해당하는 1.11과 1.12를 대입하였다. 최근 ‘저활동적’ 수준 보다 높은 신체활동을 하는 성인들도 증가하는 추세여서 이들을 위한 별도의 에

너지필요추정량(EER)을 산출하여 제시되어야 할 것이다(표 16 참조). 성인(19세 이상)의 경우 연령에 따라 19-29세, 30-49세 및 50-64세로 구분하였는데, 이는 연령군에 따른 체격(신장, 체중)의 차이에 따른 분류일 뿐 모든 성인에서 동일한 공식을 적용하여 에너지필요추정량(EER)을 산출하였다.

2020년도에 제시된 체위기준을 적용하여 성인 남녀의 에너지필요추정량(EER)을 구하되, 우리나라의 비만 문제를 고려하여, 에너지필요추정량(EER)이 상승하는 것에 대한 우려를 최소화하기 위하여 제시값은 100 kcal 단위로 절삭하였다.

남자 PA = 1.0(비활동적), 1.11(저활동적), 1.25(활동적), 1.48(매우 활동적)

여자 PA = 1.0(비활동적), 1.12(저활동적), 1.27(활동적), 1.45(매우 활동적)

(4) 노인기(65세 이상)

최근 우리나라에서 65세 이상 노인층(평균 연령 남자 71.1세, 여자 72.2세)을 대상으로 이중표식수법(DLW)을 이용하여 측정된 신체활동수준(PAL)은 남녀 각각 1.97 ± 0.17 과 1.60 ± 0.15 로 보고되었으나 [37], 이들 대상자는 노인복지회관에서 규칙적인 운동에 참여하는 노인이었기에 우리나라 노인의 평균적인 신체활동수준(PAL)으로 보기 어렵다. 외국에서 이중표식수법(DLW)으로 노인의 신체활동수준을 평가한 연구들을 살펴보면, 70-75세의 노인층을 대상으로 한 연구 [75-79]가 있으며, 75세 노인의 신체활동수준(PAL)을 측정 후 82세 때 다시 측정한 연구에서 보고한 남녀 노인의 신체활동수준(PAL)은 1.68이었다 [80]. 이처럼 몇몇 연구에서 노인층을 대상으로 한 연구가 있으나 아직 부족한 실정이며, 80세 이상의 노인에 대한 자료는 전무한 실정이다. 따라서, 2020년도에도 2015년도와 마찬가지로 노인층의 에너지필요추정량(EER) 산출 시 신체활동수준(PAL)을 '저활동적'을 적용하였다. 향후 이중표식수법(DLW)을 이용하여 75세 이상 또는 고령층 노인의 신체활동수준(PAL)의 평가가 필요하다.

2020년도에 제시된 체위 기준을 적용하여 노인층의 에너지필요추정량(EER)을 구하되, 우리나라의 비만 문제를 고려할 때, 에너지필요추정량(EER)이 과도하게 상승하는 것에 대한 우려가 있으므로 이를 최소화하기 위하여, 다른 연령층과 마찬가지로 최종 제시값은 100 kcal 단위로 절삭하였다.

* 신체활동수준에 따른 신체활동계수(PA)

남자 PA = 1.0(비활동적), 1.11(저활동적), 1.25(활동적), 1.48(매우 활동적)]

여자 PA = 1.0(비활동적), 1.12(저활동적), 1.27(활동적), 1.45(매우 활동적)]

(5) 임신기

임신부의 경우 해당 연령의 일반 성인 여자의 에너지필요추정량(EER)에 임신에 따른 에너지소비량 증가분과 모체 조직의 성장에 필요한 에너지 축적량을 추가로 더하여 산출하였다. 2005년, 2010년 및 2015년 세 차례에 걸쳐 19세 이상의 가임기 성인 여자의 체위 참고치를 비교하여 보면, 2005년과 2010년에는 체위의 변화가 없었으나 2015년에는 신장 1.5-2.0 cm, 체중 1.9-2.2 kg 가량 증가하였고, 2020년에는 2015년도와 비교하여 20대에서 신장이 0.1 cm, 체중이 0.2 kg 감소하였고, 30-40대에서는 신장이 0.8 cm, 체중이 0.3 kg 증가하였다. 그러나 2005년 이후 임신부의 기초대사량(BEE)과 신체활동별 에너지소비량과 모체조직의 성장에 따른 에너지요구량 등에 관한 국내 연구 문헌 자료가 거의 없어 기존 문헌을 활용하여

산출한 2015년도와 동일하게 적용하였다. 연구보고에 따르면, 임신 분기에 따른 기초대사량(BEE)의 증가 비율은 각각 4%, 7% 및 19%인 반면, 신체활동으로 소비되는 에너지는 임신 25주까지는 유의한 변동이 없고, 그 이후에는 약 10-19% 증가하였다 [81]. 또한, 임신부의 식사성 발열효과(TEF)는 일반 성인 여자와 큰 차이가 없는 것으로 보고되었다 [82].

위의 자료에 근거하여 미국 [26]에서는 임신 1/3 분기에는 임신에 따른 에너지소비량 증가분 및 모체 조직 내 에너지 축적량이 없는 것으로 간주하였다. 따라서 이 시기의 임신부의 에너지필요추정량(EER)은 성인 여성의 에너지필요추정량(EER)과 동일하게 정하였다. 임신 2/3분기와 3/3분기에 있어서 임신에 의한 에너지소비량 증가분은 미국이 제시한 계산식 [26]에 2020년 한국 여자(19-29세)의 체위 기준인 체중(55.9 kg)을 대입하여 주(week) 당 에너지소비량 증가분(8 kcal/주)을 계산하였다. 여기에 임신기간(주)을 곱하여 계산한 값은 각각 약 160 kcal와 약 272 kcal였다. 이 시기의 에너지 축적량은 기존 미국자료(국내 결과와 유사함)를 그대로 적용하였고, 이는 임신기간 중 체내 축적되는 단백질(약 925 g)과 지방(약 1.9-5.9 kg)의 양을 근거로 하여 산출된 값이다. 한국인 여자에서 임신기간 중의 체중 증가량(약 12.2-14.6 kg)과 신생아의 체중(약 3.27-3.39 kg)이 미국 자료와 큰 차이가 없으므로 임신 중의 에너지 축적량은 다르지 않을 것 [83]으로 판단하여 적용한 것이다. 또한, 임신 초기(약 2달)에는 임신 여부를 인지하지 ④할 수도 있고, 입덧으로 인한 식사 섭취량이 감소할 수 있으므로 임신으로 인해 증가된 총 에너지량을 (280일에서 60일을 제외한) 220일로 나누어 산출한 값, 180 kcal/일을 임신 2/3분기와 3/3분기의 체조직 증가에 필요

한 에너지로 계산하였다. 즉, 임신 1/3분기에는 에너지필요추정량(EER)을 추가 설정하지 않았고, 임신 2/3 분기와 3/3분기에는 임신하지 않은 성인 여성의 에너지필요추정량(EER)에 임신에 따른 에너지소비량 증가분과 에너지 축적량의 합계인 340(160+180) kcal와 450(272+180=452를 반올림) kcal를 추가하여 에너지 필요추정량(EER)을 설정하였다 [26].

(6) 수유기

수유부의 에너지필요추정량(EER)에 대한 추가량은 수유기간 중의 에너지소비량 변화, 모유 분비에 필요한 에너지와 모체에 저장된 지방조직에서 동원되는 에너지 등을 고려하여 설정하였다(표 15). 이때, 모유의 에너지 밀도와 1일 모유분비량은 2015년 한국인 영양소 섭취기준을 참고하여 각각 65 kcal/100 mL와 780 mL/일을 적용하였고 [65, 68-71, 84, 85], 수유부 모체에 저장된 여분의 에너지로부터 제공되는 에너지는 170 kcal/일 [66]을 적용하였다. 수유부의 일상생활 중의 에너지소비량은 일반 성인 여자와 별다른 차이가 없는 것으로 보고되었으므로 [86], 수유부의 에너지필요추정량(EER)은 비수유 여성의 에너지필요추정량(EER)에 모유로 방출되는 에너지($0.65 \text{ kcal/mL} \times 780 \text{ mL} = 507 \approx 510 \text{ kcal}$)를 더하고, 수유부의 저장 지방조직에서 동원되는 에너지(170 kcal)를 빼는 방법으로 계산하였다.

(7) 신체활동단계(저활동적, 활동적 및 매우 활동적)에 따른 에너지 필요추정량

앞서 제시한 2020년 한국인 영양소 섭취기준 개정을 위한 에너지필요추정량(EER) 제정 원칙에서, 신체활동단계는 2015년과 같이 '저활동적'을 그대로 적용하되, '활동적' 및 '매우 활동적' 신체활동수준에 해당하는 에너지필요추정량을 별도의 표로 제시하기로 한 바 있다. 이에 신체활동단계별 에너지필요추정량을 제시하면 표 16과 같다. 이때 영아(0-5개월, 6-11개월) 및 유아(1-2세)의 에너지필요추정량 산출식에는 신체활동단계별 계수가 포함되지 않으므로, 신체활동단계에 따른 구분이 어렵다.

또한, 성별에 따른 남녀를 구분한 에너지필요추정량(EER) 산출식의 적용은 3세부터 시작된다. 그러나, 한국인 영양소 섭취기준에서 성별(남녀)에 따른 구분은 6세 이후부터 이다. 이에 3-5세의 에너지필요추정량(EER)을 제시할 때는, 남아와 여아의 각기 공식을 이용하여 산출한 값의 평균값을 남아와 여아 동일하게 제시하고 있다.

그러나 이와 같은 자료를 활용하고자 하는 경우, 산출식에서 적용된 신체활동단계의 판단 기준이 되는 신체활동수준(표 2 및 표 3 참조)에 대한 사전 평가가 필요하다. 현재 신체활동수준(PAL)을 평가할 수 있는 방법으로는 신체활동일기를 이용하는 방법이 있으나, 이 방법의 타당도를 높이기 위하여 한국인에게 적절한 신체활동분류표의 개발이 필요하다.

대부분의 연령대(여자 19-29세, 75세 이상 및 유아 1-2세를 제외)에서 일일 평균 에너지섭취량은 2020 에너지필요추정량의 91.2-105.8%를 보여, 2020 에너지필요추정량(EER) 값과 실제 에너지섭취량과 비슷한 수준을 보였다. 여자에서 19-29세와 75세 이상에서는 2020 에너지필요추정량(EER) 대비 에너지 섭취비율이 각각 89.7%와 87.0%로 실제 평균 에너지섭취량이 2020 에너지필요추정량(EER) 보다 다소 낮은 수준이었다. 2020 에너지필요추정량(EER)과 2015 에너지필요추정량(EER)을 비교해보면 몇몇 연령대에서 100 kcal가 감소된 것으로, 섭취량에 좀 더 가까워졌다. 1-2세의 경우, 2020 에너지필요추정량(EER) 대비 에너지 섭취비율은 125.9%로 평균 에너지섭취량이 2020 에너지필요추정량(EER) 보다 다소 높은 것으로 나타났다. 1-2세의 2020 에너지필요추정량(EER)은 2015 에너지필요추정량(EER)과 비교할 때, 해당 연령대에서 100 kcal가 감소되었다. 소아비만율의 증가 및 소아비만이 성인비만으로의 연결 등을 고려할 때, 1-2세의 2020 에너지필요추정량(EER)은 적절한 것으로 판단된다. 단, 영유아 체위 변화 추세, 비만 발생률 및 이환율 등을 장기적으로 관찰하고 비교하여, 그 결과를 향후 에너지필요량 설정에 반영할 필요성이 있다.

2-3. 만성질환 위험감소를 위한 섭취기준

서두에 언급한 바와 같이 에너지는 다른 영양소와는 달리 권장섭취량이나 상한섭취량의 개념이 적용될 수 없다. 무엇보다도 섭취에너지와 소비에너지간의 균형이 중요하다. 섭취에너지와 소비에너지가 동일한 상태가 되면 에너지 균형이 맞아 현재 체중을 유지할 수 있지만, 섭취에너지가 소비에너지 보다 높으면 양의 에너지 균형이 되어 남은 에너지는 체지방의 형태로 체내에 축적되어 체중이 증가하고, 반대로 섭취에너지가 소비에너지보다 낮으면 음의 에너지 균형이 되어 체중이 감소하게 된다. 더욱이, 최근 우리 국민의 비만유병률과 비만과 관련된 만성퇴행성질환 유병률의 증가를 고려할 때, 에너지는 성별과 연령별 체위 기준(신장과 체중)에 따라 정확한 에너지필요추정량(EER)을 산정하여 제시하는 것이 중요하다.

3

안전확보를 위한 섭취기준

4

식품의 에너지 함량 및 주요 급원식품

인체가 필요로 하는 에너지는 매일 섭취하는 식품을 통해서 공급받기 때문에 총에너지소비량(TEE)을 결정하는 데에 있어서 어떤 식품을 얼마나 섭취하였는지를 정확하게 파악해야 한다. 식품 속의 에너지 함량은 bomb 열량계를 이용하여 측정하는데, 사방이 물로 둘러싸인 작은 방 안에 무게를 알고 있는 식품의 일 정량을 넣고 태울 때 방출되는 열이 방을 둘러싸고 있는 물의 온도를 몇도 올리는지를 측정함으로써 식품의 에너지 함량을 알아내는 방법이다. 이때 물 1 kg을 14.5℃에서 15.5℃로 1℃ 올리는데 필요한 에너지를 1 kcal라고 표현할 수 있다. 식품 속 영양소 중에서 에너지를 공급하는 영양소는 탄수화물, 지방, 단백질이고 기타 알코올이다. 생리적 에너지의 평균 함량은 탄수화물 4 kcal/g, 지방 9 kcal/g, 단백질 4 kcal/g, 알코올 7 kcal/g이며, 이들 각 영양소의 g 당 평균 kcal를 아트워터계수(Atwater's calorie factors)라고 한다. 생리적 에너지는 물리적 에너지 함량에 평균 소화율(탄수화물 97%, 지방 95%, 단백질 92% 흡수)을 적용하여 산출된다. 예를 들면, 탄수화물의 중 전분의 물리적 에너지는 4.18 kcal/g, 설탕은 3.94 kcal/g, 포도당은 3.72 kcal/g 이며, 지방 중 버터는 9.21 kcal/g, 동물성지방은 9.48 kcal/g 이며, 단백질 중 육류단백질은 5.35 kcal/g, 달걀단백질은 5.58 kcal/g 이라고 할 때, 이 값에 평균 소화율을 적용하여 생리적 에너지 값을 산출하는 것이다 [87]. 우리나라 식품성분표의 식품 에너지 함량은 이러한 계수를 적용하여 산출된 것이다. 에너지를 내는 영양소의 물리적 에너지와 생리적 에너지 함량의 예가 표 19에 제시되었다 [88].

¹⁾ Bomb calorimeter 내의 열량, ²⁾ 호흡률(Respiratory quotient), ³⁾ 아트워터 계수(Atwater's calorie factors)

표 20과 그림 8은 에너지의 주요 급원식품 및 에너지 함량(식품 100 g [89] 및 1회 분량 기준 [46])에 대한 상위 30개 식품 정보를 제시하고 있다 [46, 88-90]. 우리나라 사람들의 1회 분량을 통해 섭취하는 에너지가 높은 식품은 대부분 곡류군(국수, 메밀국수, 찹쌀, 백미, 떡, 현미, 보리, 빵, 과자, 밀가루 등)에 속하였고, 그 다음으로 육류군(소고기, 돼지고기, 달걀, 두부, 닭고기 등), 유제품(우유), 유지류(참기름, 콩기름, 마요네즈)가 차지하였다. 또한 라면, 샌드위치, 햄버거, 피자과 같은 패스트푸드와 주류(맥주, 소주)도 1회 분량당 높은 에너지 함량을 보였다. 한편, 국가표준식품성분표 [89]에서 100 g 당 에너지 함량이 높은 식품에는 대부분 유지류가 포함된다(표 21).

30

31

5

향후 2025 섭취기준 개정을 위한 제언

5-1. 섭취기준 설정에서 제기된 문제

에너지필요추정량(EER)은 추정식에 성별과 연령대를 구분하여 해당 시기의 연령, 체위 및 신체활동단계 별 계수(PA)를 반영하여 에너지필요추정량(EER)을 산출하고 있다. 또한 성인기 이전에는 생애 주기의 특

징에 따라 추가필요량을 더해준다. 현재의 연령 구분에서는 노년기를 65-74세와 75세 이상으로 구분하고 있으나, 성인기의 에너지필요추정량(EER) 산출식을 그대로 노인기에도 적용하고 있다. 노년기는 신체 기능과 대사가 성인기와 다르고, 특히 기대수명의 증가로 80세, 나아가 90세 이상의 고령자 인구수도 증가하고 있다. 따라서, 2025년 한국인 영양소 섭취기준 설정 시에는 노년기를 세분화하고, 각 해당시기에 적절한 에너지필요추정량(EER) 산출식이 개발되어 이용되어야 할 것이다.

성별에 따른 남녀를 구분한 에너지필요추정량(EER) 산출식의 적용은 3세부터 시작된다. 그러나 한국인 영양소 섭취기준에서는 6세 이후부터 성별(남녀)에 따른 구분을 하고 있다. 따라서, 3-5세의 에너지필요추정량(EER)을 제시할 때는, 성별에 따른 각각 다른 공식을 이용하여 산출한 서로 다른 두 값의 평균값을 남아와 여아 모두에게 동일하게 제시하고 있다. 2025년도에는 3-5세에서 체위기준치 및 산출 공식이 서로 다른 남아와 여아의 에너지필요추정량(EER)을 구별하여 제시하는 방법에 대하여 검토해 볼 필요가 있다.

5-2. 과학적 근거가 부족한 사항

2020년도에 제시하는 에너지필요추정량(EER)의 공식과 적용된 체위는 과학적인 연구자료를 바탕으로 검토하고 정리된 것이다. 그러나 일부 계층(임신부 및 수유부)에서 최신의 자료가 부재하여 2015년도에 적용하였던 자료를 그대로 적용하여 2020년도 산출값을 제시하였는데, 2025년도에는 해당 계층에서의 연구자료가 더 마련된다면 좀더 최적의 결과를 제시를 할 수 있을 것이다.

5-3. 향후 2025 섭취기준 개정을 위해 필요한 과제

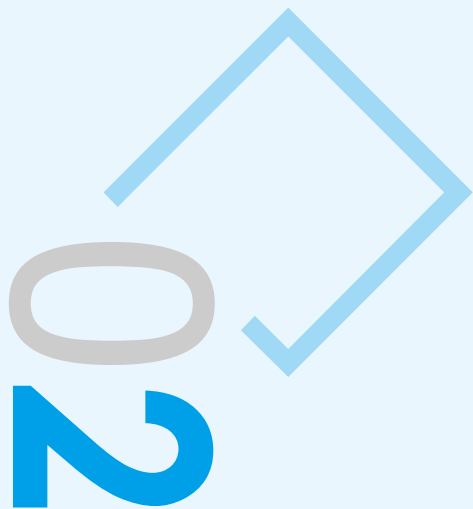
(1) 한국인을 대상으로 이중표식수법(DLW)을 이용하여 에너지필요추정량(EER) 산출공식 개발

2005년부터 2020년 현재까지 한국인 영양소 섭취기준에서 에너지필요추정량(EER) 산출 공식으로 사용하고 있는 추정식은 이중표식수법(DLW)을 이용하여 미국과 캐나다인을 대상으로 개발된 것으로 한국인에게 적용 시 타당도 검증의 필요성이 거론된 바 있다. 최근 국내에서도 일부 한국인(초등학생, 대학생, 성인, 노년층 등)을 대상으로 이중표식수법(DLW)을 이용하여 에너지소비량 측정 연구 [31-38]가 수행된 점은 큰 발전이라 할 수 있다. 그러나 한국인을 위한 에너지필요추정량(EER) 산출공식이 개발되기 위해서는 영유아와 75세 이상의 노년층을 포함하여 각 계층별로 좀 더 많은 대상자를 포함하는 이중표식수법(DLW)을 이용한 연구결과가 필요하다. 또한 정상범위의 체질량지수(BMI)를 가진 사람 외에도 저체중, 과체중 및 비만인의 에너지필요추정량 설정 방법에 대한 연구도 필요할 것이다.

(2) 한국인의 신체활동수준에 대한 연구

2015년 에너지필요추정량(EER)을 제시할 때, 우리나라도 일본처럼 신체활동단계(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)에 따른 에너지필요추정량을 제시할 것을 제안한 바 있다. 최근 들어 우리나라에서도 건강 및 운동의 중요성이 부각되면서, 저활동부터 고강도까지의 다양한 신체활동을 규칙적으로 하는 인구가 증가하고 있다. 이에 2020 에너지필요추정량(EER) 설정 시에는 ‘저활동적’ 신체활동단계별 계수(PA)를 적용하고, 이와는 별도로 ‘활동적’ 또는 ‘매우 활동적’ 신체활동수준에 해당하는 에너지필요추정량을 제시하였다.

그러나 이와 같은 자료를 활용하고자 하는 경우, 산출식에서 적용된 신체활동단계의 판단 기준이 되는 신체활동수준에 대한 사전 평가가 필요하다. 신체활동단계에 따른 차별화된 에너지필요추정량이 현장에서 실질적으로 적용되려면 이중표식수법(DLW)을 이용하여 다양한 계층의 신체활동수준(PAL)에 대한 연구가 수행되어야 한다. 또한 개인의 신체활동수준을 평가할 수 있는 다양한 방법(도구)들이 개발되어야 한다. 예를 들어, 한국인을 위한 신체활동분류표의 개발과 함께 이를 이용한 활동일기를 활용하는 방법 및 스마트폰이나 어플리케이션을 이용한 신체활동수준의 평가 방법에 대한 연구가 필요하다.



탄수화물

Carbohydrate

2

탄수화물

탄수화물은 지질, 단백질과 함께 3대 열량 영양소의 하나이다. 탄수화물은 결합되어 있는 단당류의 개수에 따라 단당류와 이당류, 올리고당류, 다당류로 분류한다. 단당류에는 포도당(glucose), 과당(fructose), 갈락토오스(galactose)가 있고 이당류는 맥아당(maltose), 자당(sucrose), 유당(lactose)이 있다. 다당류에는 전분, 글리코젠, 식이섬유가 있는데 전분은 식물의 에너지 저장고이며, 글리코젠은 동물의 에너지 저장고이다. 식이섬유는 인체 내 소화효소로는 분해될 수 없는 특징을 가지고 있으며 체내에서 에너지로는 사용될 수 없으나 다양한 생리적인 작용을 통하여 건강과 관련성을 가지고 있다. 탄수화물 부분에서는 체내 에너지를 공급할 수 있는 '탄수화물(단당류, 이당류, 전분)'과 단당류와 이당류를 포함하는 '당류'에 대한 섭취기준을 다루었다. 체내에 에너지는 공급하지 않지만 생리기능을 하는 식이섬유의 섭취기준은 별도의 장에서 설명하였다.

1

영양소의 특성

1-1. 개요

단당류는 가장 간단한 형태의 당으로, 포도당(glucose), 과당(fructose), 갈락토오스(galactose)가 있고 이당류는 단당류가 2개 결합된 것으로 맥아당(maltose), 자당(sucrose), 유당(lactose)이 있다. 맥아당은 포도당 두 분자가 결합되어 있고, 자당은 포도당과 과당이, 유당은 포도당과 갈락토오스가 결합되어 있다. 올리고당은 단당류가 3-10개 정도 결합되어 있는 것으로, 라피노즈(raffinose)와 스타키오스(stachyose) 등이 있다. 소장에서 소화효소에 의해 소화되지 않은 올리고당은 대장에 있는 미생물에 의해 발효되는데 장내 유익균의 생장을 증가시켜 건강에 도움을 줄 수 있다. 다당류에는 전분, 글리코젠, 식이섬유가 있다. 다당류 중 90% 이상을 차지하는 전분은 식물에 저장되어 있으며, 수백-수천 개의 포도당이 α -1,4 글리코시드 결합으로 연결되어 있는 아밀로오스와 α -1,4 글리코시드 결합과 α -1,6 글리코시드 결합으로 연결되어 있는 분지형태의 아밀로펙틴 구조를 가지고 있다. 다당류 중 동물에 저장되어 있는 형태는 글리코젠으로 포도당이 α -1,4 글리코시드 결합과 α -1,6 글리코시드 결합으로 연결되어 있는 분지형태를 가지며, 전분의 아밀로펙틴 구조보다 분지를 더 많이 가지고 있는 복잡한 구조이다.

총 당류(total sugar)란 식품에 내재하거나 가공, 조리 시에 첨가된 당류를 모두 합한 값이다 [1]. 최근에

는 당류 섭취와 건강과의 관계에 관심이 높아지면서, 급원식품별로 당류를 구분하는 노력이 필요하게 되었다. 영국 보건성은 자연적으로 식품에 함유된 당을 내재성당(intrinsic sugar) 그리고 외부에서 첨가된 당을 외재성당(extrinsic sugar)으로 구분하였다 [2]. 미국 농무성은 같은 개념을 바탕으로 자연적으로 식품에 함유된 당을 천연당(natural sugar), 그리고 맛, 색, 질감, 저장성을 높이기 위해 식품의 제조과정이나 조리 시에 첨가되는 꿀, 시럽, 덱스트로스, 설탕, 물엿, 당밀 등을 첨가당(added sugar)으로 구분하였다 [3].

한편, 세계보건기구는 식품의 제조와 조리 시에 사용되는 첨가당 외에 꿀, 시럽, 과일 주스에 함유된 천연당도 포함한 개념인 유리당(free sugar)을 제시하였다 [4]. 그러나 실제로 유리당을 구분할 수 있는 적절한 시험방법이 없으며 식품의 영양표시에 사용되고 있는 당류란 총당류와 같은 의미이다 [5].

1-2. 흡수, 분포, 대사, 배설

탄수화물의 소화는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다. 식품에 포함되어 있는 탄수화물의 형태(물리적 형태, 입자크기), 식품의 가공과정(조리 방법과 가공), 전분의 구조(아밀로오스, 아밀로펙틴), α -아밀라아제 저해제의 존재여부, 장 통과시간, 식품에 함께 포함되어 있는 식이섬유, 지질 및 단백질 함량에 의해서도 영향을 받는다 [6]. 식품에 포함된 전분은 그 구조에 따라 섭취한 후 혈당과 인슐린의 반응이 달라질 수 있다. 아밀로오스와 아밀로펙틴은 전분의 가수분해 과정에서 혈당에 대한 반응이 다르게 나타나며 아밀로오스가 많이 함유된 전분의 경우에는 아밀로펙틴이 많이 함유된 전분에 비해 낮은 혈당 반응을 보였다 [7]. 이는 아밀로오스 전분은 치밀한 구조로 낮은 용해도를 가지고 있어 포도당으로 느리게 소화·흡수되는 반면 아밀로펙틴은 구조적 특성으로 인해 소화효소가 효과적으로 작용하여 소화·흡수가 더 빨리 이루어지기 때문이다.

탄수화물의 주요 급원인 전분은 침에 함유되어 있는 아밀라아제에 의해 분해가 시작되고 췌장 아밀라아제에 의해 포도당으로 분해된다. 이당류인 맥아당, 자당, 유당은 소장 점막세포에서 분비되는 이당분해효소에 의해 단당류로 분해된다. 맥아당은 말타아제(maltase)에 의해 포도당 2분자로, 자당은 수크라아제(sucrase)에 의해 포도당과 과당으로, 유당은 락타아제(lactase)에 의해 포도당과 갈락토오스로 분해된다. 분해된 단당류 중 포도당과 갈락토오스는 능동적 운반으로, 과당은 촉진 확산에 의해 흡수되어 문맥순환(portal circulation)으로 들어가고 [6], 단당류는 소화과정 없이 소장에서 장점막세포로 쉽게 흡수되어 빠르게 세포로 전달된다. 흡수된 갈락토오스는 간에서 포도당-1 인산(glucose-1 phosphate)으로 전환되어 주로 글리코겐으로 저장되며, 과당은 과당-1인산(fructose-1 phosphate)으로 전환되어 해당작용이나 당신생과정의 중간산물로 전환되어 체내 에너지 상태에 따라 에너지를 생산하거나 포도당, 지방산 생산에 사용된다 [8].

혈액 내 포도당 농도는 췌장에서의 인슐린 분비, 조직으로의 포도당 유입(uptake), 간에서의 포도당 생성 등의 생리적 과정에 의해 조절되고 항상성이 유지된다. 이러한 항상성 유지에는 인슐린과 글루카곤, 카테콜아민, 코티솔과 같은 호르몬들이 관여한다. 대사적으로 중요한 에너지원으로 포도당과 지방산이 있지만 포도당은 뇌와 근육에서 에너지원으로 선호되므로 지속적인 포도당 공급이 매우 중요하며 신체는 혈당

을 일정하게 유지함으로써 안정적으로 포도당을 세포에 공급해야 한다 [9]. 포도당은 에너지를 생산하며 결국은 이산화탄소와 물로 분해된다. 에너지가 충분한 상황에서 포도당은 간과 근육에 글리코겐으로 저장 되고 중성지방으로 저장되기 위해 지방산으로 전환될 수 있다.

포도당을 주 에너지원으로 사용하는 체내 기관은 뇌, 적혈구, 망막, 수정체, 신장의 수질 등이 있다. 저 탄수화물 식사를 하면 혈액 내 인슐린 농도가 감소하고 글루카곤 농도가 증가하게 되고 이에 따른 효소의 활성변화는 체내에서 단백질로부터의 당신합성을 증가시킨다. 한편 신체는 당신합성에 대한 요구를 감소시키기 위해 포도당을 대신할 대체 에너지원을 생산하게 된다. 즉, 탄수화물이 부족한 상태에서는 체 내 지방조직으로부터 지방산의 유출속도가 증가하여 간은 아세틸-CoA를 케톤체(acetone, acetoacetate, β -hydroxybutyrate)로 전환시키며 케톤체는 뇌와 같은 다른 기관에서 에너지로 사용된다 [10]. 그러나 케톤체의 생산이 장기간 지속될 때에는 케토시스(ketosis)를 일으킬 위험이 있다. 한편 다른 기관과 달리 적혈구는 포도당만을 에너지원으로 사용하므로 [11] 탄수화물 섭취가 없는 경우 간과 신장에서 1일 약 200 g의 포도당을 생산하여 [12] 적혈구에 에너지원을 공급한다. 비만인을 대상으로 하루에 1,800 kcal의 열량을 공급하면서 1일 탄수화물 섭취량을 30, 60, 104 g으로 제한 시켰을 때 하루에 30 g의 탄수화물을 섭취한 군에서 연구기간 동안 지속적으로 소변 중 케톤체 배설을 확인할 수 있었다 [13].

1-3. 기능

탄수화물은 1 g 당 4 kcal의 에너지를 제공하는 신체의 중요한 에너지원이며 DNA와 RNA의 구성성분이 되기도 한다. 프락토올리고당이나 갈락토올리고당, 이눌린과 같은 올리고당, 일부의 전분, 식이섬유는 소장에서 소화효소에 의해 분해되지 않고 대장으로 넘어가 미생물의 발효과정을 거치게 되며, 이로 인해 여러 가지 건강상 이득을 제공한다 [14]. 섭취한 식품의 종류에 따라 전분의 5-20%는 소장에서 소화되지 않는데 이 부분을 저항전분(resistant starch)이라고 한다. 소화·흡수되지 않고 대장으로 넘어간 탄수화물은 유익균에 의해 발효되어 아세트산, 프로피온산, 부티르산과 같은 단쇄지방산(short chain fatty acid, SCFA)과 가스(CO_2 , CH_4 , H_2), 열을 발생하게 된다. 생성된 단쇄지방산은 대장 상피세포의 에너지원으로 이용되고 연동운동을 촉진하여 영양소의 소화·흡수를 돕는다. 또한 단쇄지방산은 장내 pH를 낮추어 병원성의 유해한 미생물을 감소시키고 담즙산의 용해도와 무기질의 흡수를 증가시키고 암모니아의 생산을 감소시키는 작용을 한다 [15]. 당류는 단맛을 가지고 있어 섭취 시 정신적으로 만족감을 갖게 하고, 식품의 조리 또는 가공 시 단맛이나 기능적인 면을 향상시키기 위한 감미료로도 이용된다.

탄수화물은 인슐린 분비와 식후 혈당 수준에 영향을 주는 주요 영양소이다. 인슐린 분비와 혈당이 지속적으로 증가하면 혈액 내 HDL-콜레스테롤은 감소하고 당화혈색소(HbA1c)와 산화적 스트레스는 증가하는 등 만성 질환의 발생 위험을 높일 수 있다 [16]. 최근 국내 여러 연구에서 총 에너지로부터 탄수화물의 섭취 비율이 증가할수록 대사증후군의 위험이 증가하며 [17-19] 특히, 저 HDL-콜레스테롤혈증으로 인한 이상지질혈증의 위험이 높았다고 보고하고 있다 [20, 21].

2 건강 유지 및 증진을 위한 섭취기준

2-1. 건강을 위한 섭취기준 설정 시 고려사항

(1) 두뇌의 탄수화물 소비량

체내 기관 중 뇌, 적혈구, 망막, 수정체, 신장의 수질 등은 포도당을 에너지원으로 선호한다. 성인의 두뇌에서 하루에 산화되는 포도당량은 연구에 따라 117-142 g/일이며, 평균 적으로 100 g/일 이라고 보고하고 있다 [8]. 그러나 공복이나 단식 등 포도당이 충분히 공급되지 않으면 두뇌에 사용될 포도당을 공급하기 위해 체내에서는 탄수화물이 아닌 다른 물질, 주로 단백질로부터 포도당을 합성하는 과정(당신생합성)이 증가한다. 이러한 상태에서 저장 지방으로부터 에너지 공급을 위하여 지방산이 분해되어 나오고 베타-산화 과정을 통해 아세틸-CoA가 생성된다. 그러나 포도당 공급이 부족한 상태에서 옥살로아세트산은 당신생합성에 사용되어 아세틸-CoA가 구연산 회로로 들어가는 데 제한을 주게 된다. 구연산회로로 들어가지 ④한 아세틸-CoA는 축적되고, 서로 결합하여 케톤체(acetone, acetoacetate, β -hydroxybutyrate)로 전환된다. 케톤체는 단기적으로는 뇌와 같은 기관에서 에너지로 사용되는 장점이 있으나 [10], 장기간 지속될 때에는 케톤체가 축적되어 케토시스(ketosis)를 일으킬 위험이 있으므로 식품섭취를 통한 포도당 공급이 필요하다. 케토시스를 예방할 수 있는 탄수화물량은 1일 50-100 g으로 두뇌에서 1일 산화되는 양과 유사하다. 그러므로 미국의 경우 두뇌에서 케톤으로 에너지를 사용하지 않고 포도당으로 충분한 에너지를 공급 받는 양을 1일 100 g 으로 적용하여 이 값을 평균필요량으로 설정하였다.

(2) 혈당 조절

탄수화물은 곡류, 감자류, 과일류, 당류 등을 통해 섭취될 수 있다. 그러나 섭취된 탄수화물은 급원식품에 따라 혈당을 높이는 정도와 혈액 내 인슐린 농도에 영향을 준다. 탄수화물 섭취 후 혈당 증가는 탄수화물의 절대적 섭취량 뿐 만 아니라 섭취하는 탄수화물 종류에 의해서도 영향을 받는다. Jenkins 등은 제1형 당뇨병과 고지혈증의 식사요법으로 당 지수(glycemic index, GI)를 사용하였다 [22]. GI는 50 g의 탄수화물을 포함하고 있는 특정 식품을 섭취한 후 2시간 동안 혈당 반응 곡선의 면적을 측정하여 50 g의 포도당을 섭취하였을 때의 혈당 증가를 기준으로 상대적으로 계산한 값을 말한다. 포도당의 GI 100을 기준으로 흰밥 86, 고구마 61, 사과 38, 우유 27 등 GI는 식품에 따라 다르다(표 1) [23]. GI는 식품의 숙성 정도, 식품의 물리적 형태(고체, 액체), 가공과정(정제정도)과 조리과정(생 것, 조리방법), 식품에 함께 포함된 단백질과 지질의 함량에도 영향을 받는 것으로 알려져 있다 [24]. 한편 식품마다 섭취하는 1회 분량이 다르고 1회 분량에 함유된 탄수화물의 양이 다르므로 식품의 일상적인 1회 분량을 섭취하였을 때의 혈당반응을 계산한 당부하(glycemic load, GL)개념도 사용되고 있다 [25]. GI와 GL이 여러 질환에 미치는 영향을 메타분석(meta-analysis)한 결과 GL이나 GI가 낮은 식사를 한 경우에, 식후 혈당이 낮았으며, 과체중, 비

만, 당뇨병, 심장질환의 위험을 감소되는 것으로 보고되었다 [16, 26]. 즉, 고 GI 식품은 저 GI 식품에 비해 혈당을 더 높여, 인슐린 요구량이 증가하게 되고, 결국은 인슐린이 분비되는 췌장의 β -세포가 손상되어 혈당조절에 문제를 일으킬 수 있다. 또한 고 GI식사는 인슐린 저항성을 증가시킨다고 한다 [27].

건강한 여성의 경우 GI가 높은 식사를 하면 공복 혈당과 당화혈색소가 증가하였고 [28], Brand-Miller [29]등의 메타분석 결과에 의하면 저 GI식 섭취 시 고 GI식 섭취 시에 비해 당화혈색소가 0.43% 낮았다. 또한 섭취하는 식품의 GI를 낮추면 혈액 내 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤이 감소하고, 인슐린 민감도가 상승하였다고 하였다 [30]. Ma 등 [31]은 식사의 GI가 체질량지수의 예측인자라고 보고하였고, 다른 연구에서도 GI와 GL은 체질량지수와 양의 관련성이 있다고 보고하였다 [32]. 6-7세 홍콩의 아동대상 연구에서도 과체중군 식사의 GL이 높았으며, GI 수준이 높을수록 체질량지수가 유의적으로 높았다 [33]. 그러나 우리나라 여자 고등학생을 대상으로 정상체중과 과체중군을 나누었을 때 식사 GI는 각각 66.5, 66.4, 식사

GL은 162.0, 155.9로 유의적인 차이가 없었으며, 쌀이 GI와 GL에 가장 큰 기여를 하였다 [34]. GI와 체중 증가와의 관련성을 살펴본 연구에서 GI가 높은 식품을 섭취하면 혈당을 빠르게 증가되어 인슐린 분비를 증가시키고, 이에 따라 지방산화가 억제되고, 결과적으로 체지방 증가가 유도되었다 [35].

또한 GI가 높고 곡류를 통한 식이섬유 섭취량이 적은 식사가 제2형 당뇨병의 위험을 증가시킨다는 보고가 있었다 [36]. 당뇨병 환자를 대상으로 7주간의 저 GI에 대한 교육을 실시하였을 때 저 GI의 인지도 및 실천도가 개선되어 체중, 비만도, 수축기 혈압이 유의적으로 감소되었다 [37]. 20-70세 성인을 대상으로 한 연구에서 GI가 높은 식사를 하면 GI가 낮은 식사를 한 경우에 비해 심혈관계질환에 대한 위험이 1.5배 높았으며 [38], 건강한 여성의 경우는 GI가 낮은 식사를 할수록 혈액 내 HDL-콜레스테롤이 높고, 염증인자인 C-reactive protein(CRP)이 낮았다고 보고하였다 [39]. 그러나 메타분석이나 고찰논문에서는 저 GI식을 섭취할 경우 고 GI식을 섭취할 때보다 혈당조절에 긍정적인 영향을 준다고 하였으나, 무작위 대조군 연구에서는 GI가 다른 식사에 따른 혈당개선의 효과가 적었는데 연구마다 저 GI와 고 GI의 기준이 다른 문제점이 있어 결과 해석이 어려운 점이 있다 [40].

(3) 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율

총에너지섭취량에 대한 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율은 건강문제와 관련이 있다. 고혈압, 대사증후군, 당뇨병을 가진 사람들은 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 높은 경향을 보이는데, 당뇨병이나 고혈압, 대사증후군으로 진단받은 우리나라 성인은 절반 이상의 사람들이 총 에너지 중 70% 이상의 에너지를 탄수화물로부터 섭취하고 있었으며, 60대 이상의 연령에서 그 경향이 뚜렷하였다 [41]. 우리나라 성인의 경우 총 에너지 중 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 70% 이상인 경우 여성에서 당뇨병, 저 HDL-콜레스테롤혈증의 위험이 증가하고, 흰쌀밥과 김치위주의 식사보다는 밥, 국수, 빵 등의 주식과 콩, 생선, 과일, 우유 등을 다양하게 섭취하는 식사가 저 HDL-콜레스테롤혈증의 위험을 낮춘다고 보고하였다 [17]. 우리나라 성인 여성의 경우 탄수화물 섭취비율과 식사의 당지수가 높을수록 대사증후군의 위험이 유의적으로 높다는 보고도 있다 [42]. 우리나라 40대 이상 성인과 노인을 대상으로 분석한 결과 탄수화물로부터 에너지 섭취비율이 55-65%인 사람을 기준으로 65% 이상인 사람의 경우 심혈관계질환 고위험군에 속할 가능성이 1.18배 높은 것으로 보고되었다 [43].

미국 성인의 경우는 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 60% 이상일 때 고 중성지질혈증과 저 HDL-콜레스테롤혈증의 교차비가 증가하고, 50-60%일 때 심혈관계질환 위험이 낮았다고 보고하였다 [44]. 2007-2009년 국민건강영양조사 자료 분석에서 체질량지수를 기준으로 25 kg/m² 이상을 비만군으로 하였을 때 정상군의 1일 탄수화물 섭취량이 유의적으로 낮았으나 에너지 섭취비율에는 차이가 없었다 [45]. 탄수화물 과다 섭취군의 경우 여성은 복부비만의 위험이 1.719배, 남성은 이상지질혈증의 위험이 2.094배 높았다 [46]. 그러나 우리나라 성인의 경우 허리둘레로 비만을 판정하였을 때 남자의 경우 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율은 정상군 63.8%, 비만군 63.6%, 여자는 정상군 70.2%, 비만군 71.0%로 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고도 있다 [47]. 대사증후군은 복부비만, 이상지질혈증, 내당능 장애, 혈압상승 등의 증상이 복합적으로 나타나는 것으로 제2형 당뇨병이나 심장순환계 질환 등의 위험을 높이는 것으로 알

려져 있다 [48]. 대사증후군의 근본적인 위험요인으로는 복부비만, 인슐린저항성, 낮은 신체활동, 노화, 호르몬 불균형 등이 관여하는 것으로 알려져 있다 [49]. 한국인을 대상으로 한 연구에서 40-65세 성인의 경우 대사증후군을 가지고 있는 사람들이 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 높다고 보고하고 있으며 [50], 30-64세 성인의 경우는 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 남자 69.9% 이상, 여성 75.7% 이상이면 당뇨병과 내당능 장애 위험이 증가하였다고 보고하였다 [51]. 18-30세 성인을 대상으로 한 연구에서 탄수화물의 섭취가 높거나, 조식유 섭취가 낮은 경우 대사증후군의 위험이 증가한다는 보고가 있고 [52], 45-64세 성인의 경우 정제 곡류, 적색 및 가공육의 섭취가 많은 식사패턴의 경우 대사증후군의 발생빈도가 높았다는 보고가 있다 [53]. 건강한 사람을 대상으로 한 연구에서 흰쌀을 현미를 포함한 전곡으로 대체하였을 경우 당뇨병의 위험이 감소되었고 [54], 탄수화물 제한식사를 하면 대사증후군과 심혈관계질환의 위험이 개선되었다는 보고도 있다 [55]. 20세 이상 건강증진센터에서 건강진단을 받은 성인의 경우 1일 탄수화물 섭취량이 대조군 279.0 g, 비 알코올성 지방간 군은 282.2 g으로 유의적으로 높았으나 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율은 대조군 59.7%, 비 알코올성 지방간 군은 59.2%로 오히려 대조군에서 유의적으로 높았고, 여자의 경우는 섭취량은 대조군은 251.7 g, 비 알코올성 지방간 군은 258.0 g, 섭취비율은 대조군은 59.7%, 비 알코올성 지방간 군은 60.1%로 섭취량이나 섭취비율 모두 비 알코올성 지방간 군에서 높아 남녀 간의 차이가 있었다 [56].

2-2. 결핍 예방을 위한 섭취기준 및 한국인 섭취실태

성인의 경우 탄수화물 섭취가 1일 50 g인 경우에 케토시스를 방지할 수 있다는 보고 [12]와 비만인을 대상으로 하루에 1,800 kcal의 열량과 30 g의 탄수화물을 섭취하면, 케톤체의 생산이 증가하였다는 보고가 있다 [13]. 또한 근육조직의 손실을 방지하려면 1일 100 g 정도의 탄수화물을 섭취해야 하며 [57], 건강하고 중등수준의 신체활동을 하는 성인의 경우 탄수화물은 적어도 1일 200 g을 섭취해야 한다고 보고하고 있다 [58]. 반면, 제1형 당뇨병인 경우에만 케토시스가 위험하다는 보고가 있으며 [59], 체내 포도당유지를 위한 최소한의 섭취량을 측정하기 어려워 [60], 탄수화물 섭취부족으로 인한 결핍증에 대한 증거가 드물다고 한다 [12]. 탄수화물 섭취가 제한되는 경우에는 체내에서 당신생합성이나 케톤체 생산으로 체내에서 사용할 수 있는 에너지원이 만들어 지는데 당신생합성에 이용되는 글리세롤이나 아미노산량과 케톤체 생산량에 따라 섭취해야 할 탄수화물의 양이 달라지므로 [11, 12], 섭취량을 설정하기에는 어려운 점이 있다고도 보고되고 있다. 미국의 경우 탄수화물 섭취기준은 1세 이후 평균필요량을 100 g으로 설정하였는데 이는 1일 뇌에서 사용되는 포도당 양이 100 g이라는 것에 근거하고 있다 [8]. 즉, 탄수화물의 평균필요량은 케토시스를 방지하고, 체내에 필요한 포도당을 공급하는 것을 근거로 설정되어 있다. 우리나라 사람을 대상으로 뇌에서 사용하는 포도당의 양이나 케토시스를 방지하기 위한 포도당 양을 실험한 연구결과가 부족한 상황에서 미국에서의 평균필요량과 권장섭취량을 적용하여 한국인의 탄수화물 평균필요량과 권장섭취량을 설정하였다. 우리나라의 탄수화물 1일 섭취량은 2013-2017년 국민건강영양조사 자료 [61]에 의하면 1세 이상 전체 평균 307.8 g으로, 2008-2012년 결과인 314.5 g 보다 약간 감소하였다. 탄수화물 평균필요

량의 기준인 100 g/일과 비교하여 보면, 1-2세는 25 백분위수, 3-5세는 5 백분위수부터 1일 100 g 이상 섭취하고 있다. 그 이후 연령의 우리나라 탄수화물 섭취량을 보면, 남자의 경우는 2.5 백분위수부터 1일 100 g 이상 섭취하고 있고, 여자의 경우는 19-29세, 65세 이상에서는 5 백분위수부터, 다른 연령은 2.5 백분위수부터 1일 100 g 이상을 섭취하고 있다(표 2).

영아에게 필요한 탄수화물 섭취량은 정확히 알려져 있지 않고, 분명하지 않으나 생후 1년간은 모유로부터 섭취하는 양이 가장 적절하다고 생각되고 있다. 그러므로 영아 전기의 경우 모유로부터 섭취되는 탄수화물 양을, 영아 후기는 모유로부터 섭취하는 양과 이유식으로부터 기초로 섭취기준을 설정할 수 있다.

이에 영아의 탄수화물 섭취기준은 모유와 이유식으로 섭취하는 탄수화물의 양을 고려하여 충분섭취량을 설정하였다. 그리고 1세 이후는 평균필요량과 권장섭취량을 설정하였다.

(1) 영아기(1세 미만)

영아기의 포도당 대사량은 체중 당 성인에 비해 4배 이상으로 높다고 [62] 보고하였으나 영아에게 필요한 최저 탄수화물 섭취량은 분명하지 않다. 모유는 영아에게 필요한 모든 영양소를 공급할 수 있는 가장 적합한 식품으로 인식되고 있으며, 생후 4개월 또는 6개월까지는 모유만 공급하는 것을 권장하고 있다. 모유 내 함유된 탄수화물인 유당은 영아의 소장에서 쉽게 소화되고 간문맥으로 흡수되어 열량을 공급하게 된다.

모유의 유당 함량은 모체의 영양 상태와 음식 섭취에 따른 영향을 크게 받지 않으며 일정한 수준을 유지한다고 본다. 국내외 자료 [63, 64]에 의하면 모유 내 유당 함량은 74 g/L이며, 영아 전기의 1일 모유 섭취량 780 mL을 적용하여 0-5개월의 영아의 충분섭취량을 60 g으로 설정하였다. 2010년도 충분섭취량 설정 시에는 모유 섭취량이 1일 760 mL이었으나 2015년에 모유 섭취량이 780 mL로 변경되었고 2020년에도 780 mL을 기준으로 하였다.

영아 후기는 모유와 이유보충식을 통한 탄수화물 섭취량을 기준으로 충분섭취량을 설정하였다. 영아 후기의 모유 섭취량은 1일 600 mL을 기준으로 하여 모유로부터의 탄수화물 섭취량 $44 \text{ g}(74 \text{ g/L} \times 0.60 \text{ L} \approx 44 \text{ g/일})$ 과 이유보충식을 통한 탄수화물 섭취량 추정치 45 g/일을 합하여 90 g을 1일 충분섭취량으로 설정하였다(표 3).

(2) 성장기(1-18세)

성장기 탄수화물의 평균필요량은 두뇌에서 사용되는 포도당을 기준으로 하고 있다. 성장기의 경우 성인에 비해 뇌의 무게가 작지만 하루에 필요한 포도당의 양은 성인과 같은 범위에 있다 [8]는 것을 기준으로 성인과 같은 양인 100 g/일을 평균필요량으로 설정하였다(표 4). 성장기 탄수화물의 권장섭취량은 변이계수를 15%로 하여 평균필요량에 변이계수 두 배를 더한 130 g/일로 설정하였다. 이 양은 집단의 97-98%가 충족하는 양이다(표 5).

52

(3) 성인기(19-64세)

성인기 탄수화물의 평균필요량은 두뇌에서 사용되는 포도당을 기준으로 하고 있다. 1일 두뇌가 필요한 탄수화물량은 117-142 g이며 이 양은 케토시스를 예방할 수 있는 1일 50-100 g과 유사하다. 미국의 경우 두뇌가 케톤체에 의해 포도당 사용을 대치하지 않은 상태에서 포도당으로부터 충분한 에너지를 공급할 수 있는 탄수화물의 섭취량인 100 g/일을 평균필요량으로 설정하였다 [8]. 우리나라의 경우 한국인을 대상으로 한 실험결과가 제한되어 있어 미국의 평균필요량을 설정한 근거를 적용하여 성인의 평균필요량을 100 g/일로 설정하였다(표 6).

성인기 탄수화물의 권장섭취량은 변이계수를 15%로 하여 평균필요량에 변이계수 두 배를 더한 130 g/일로 설정하였다(표 7).

(4) 노인기(65세 이상)

노인기의 탄수화물의 평균필요량은 성인기와 같이 두뇌에서 사용되는 포도당양을 기준으로 성인과 같은 값인 100 g/일로 설정하였다(표 8). 나이가 증가함에 따라 두뇌의 무게가 감소하기는 하나 두뇌에서 산화되는 포도당양은 실제로 매우 적은 차이가 나므로 [8] 성인과 같은 값으로 설정하였다. 노인기 탄수화물의 권장섭취량은 변이계수를 15%로 하여 평균필요량에 변이계수 두 배를 더한 130 g/일로 설정하였다(표 9).

(5) 임신기

임신기의 탄수화물 평균필요량은 모체의 두뇌에서 사용되는 포도당과 태아의 두뇌에서 사용되는 포도당 양을 고려하여 설정하였다. 태아의 두뇌가 하루에 사용하는 포도당의 양은 약 32.5 g이라는 보고를 [8] 근거로 임신기 평균필요량은 모체의 포도당 필요량 100 g/일에 태아의 두뇌가 사용하는 포도당양 35 g/일을 더하여 135 g/일로 설정하였다(표 10).

임신기 탄수화물의 부가 권장섭취량은 가산치 35 g에 변이계수를 15%로 하여 변이계수 두 배를 더한 45 g/일로 설정하였다(표 11).

(6) 수유기

수유기의 탄수화물 평균필요량은 수유부의 두뇌에서 사용되는 포도당과 모유로 분비되는 포도당양을 합하여 설정하였다. 모유에 함유된 유당은 74 g/L이며 하루에 0.78 L/일을 분비하여 하루에 모유로 분비되는 양은 60 g/일로 산정하였다($74 \text{ g/L} \times 0.78 \text{ L/일} = 57.72 \text{ g/일} \approx 60 \text{ g/일}$). 그러므로 수유기의 평균필요량은 모체의 포도당 필요량 100 g/일에 모유로 분비되는 유당 60 g/일을 더하여 160 g/일로 설정하였다(표 12).

수유기 탄수화물의 부가 권장섭취량은 가산치 60 g에 변이계수를 15%로 하여 변이계수 두 배를 더한 80 g/일로 설정하였다(표 13).

탄수화물의 만성질환 위험감소를 위한 섭취기준은 국내의 문헌을 토대로 그림 1과 같은 분석틀을 가지고 설정하였다. 우리나라 성인의 경우 총 에너지 중 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 70% 이상인 경우 여성에서 당뇨병, 저 HDL-콜레스테롤혈증의 위험이 증가하고, 흰쌀밥과 김치위주의 식사보다는 밥, 국수, 빵 등의 주식과 콩, 생선, 과일, 우유 등을 다양하게 섭취하는 식사가 저 HDL-콜레스테롤혈증의 위험을 낮춘다고 보고하였다. 또한 우리나라 성인에서 탄수화물 섭취비율이 72%일 때에 비해 52.7%, 64.6%일 때 대사증후군의 교차비가 각각 0.77(95% CI: 0.65-0.92), 0.89(95% CI: 0.76-1.00)로 유의적으로 낮았다 [17]. 그리고 탄수화물 섭취비율이 62.3%에 비해 68.2%, 73.6%, 81.4%에서 HDL-콜레스테롤 위험 수준이 유의적으로 높았고 [20], 탄수화물 섭취비율을 5분위로 나누었을 때 1분위 55.3%에 비해 3분위 68.2%, 5분위 78.2%에서 대사증후군과 관련 있는 지표인 혈액 내 중성지방이 증가하고, HDL-콜레스테롤 농도가 감소하여 중성지방($\geq 200 \text{ mg/100 mL}$)과 HDL-콜레스테롤(남자 $< 40 \text{ mg/100 mL}$, 여자 $< 50 \text{ mg/100 mL}$)에 대한 교차비가 각각 중성지방 1.33, 1.58, HDL-콜레스테롤 1.26, 1.43으로 유의적으로 증가하였다 [21]. 40-65세 우리나라 성인의 경우 대사증후군을 가지고 있는 사람들이 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 높았으며 [50], 30-64세 성인의 경우는 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 남자 69.9% 이상, 여성

75.7% 이상이면 당뇨병과 내당능장애 발생 위험이 증가하였다고 보고하였다 [51]. 또한 탄수화물 섭취량

과 대사질환과의 관련성을 식이섬유 섭취량과 함께 분석한 연구에서 우리나라 20세 이상 성인에서 식이섬유 섭취가 낮으면, 남자는 탄수화물 섭취가 많은 3분위군 일 때 1분위군에 비해 대사증후군과 죽상경화성 이상지질혈증의 교차비가 유의적으로 증가하고, 여자는 탄수화물 섭취가 2분위군 일 때 1분위군에 비해 고콜레스테롤혈증의 교차비가 유의적으로 증가하였다. 식이섬유 섭취가 높은 경우는 남자는 탄수화물 섭취비율이 증가할수록 고중성지방혈증의 위험도가 증가하는 경향이라고 보고하였다 [65]. 또한 우리나라 20세 이상 성인 중 심혈관질환진단을 받기 위해 관상동맥조영술을 받은 사람을 대상으로 관상동맥협착 정도와 탄수화물섭취량과의 관계를 관찰한 연구에서 탄수화물섭취량을 3분위로 나누었을 때 이완기혈압, 체질량지수, 복부둘레가 2, 3 분위에서 유의적으로 높았고, 중성지방과 HDL-콜레스테롤은 3분위에서 유의적인 차이가 있었다. 또한 탄수화물 섭취량은 관상동맥협착 정도와 양의 상관관계를 나타내므로 심혈관계질환의 위험을 낮추기 위해 적절한 탄수화물 섭취가 중요하다고 보고 하고 있다 [66].

최근 5년간(2013-2017년)의 국민건강영양조사 자료를 이용하여 분석한 탄수화물로부터의 에너지 섭취 비율은 19-29세는 남자 57.7%, 여자 59.0% 이었고, 30-49세는 남자 58.7%, 여자 63.4% 이었고, 50-64세는 남자 64.4%, 여자 69.5% 이었다. 남녀 모두 50세 이후에 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 증가하는 것으로 나타났다(표 14).

이와 같이 탄수화물의 만성질환 위험감소를 위한 섭취기준으로는 총 에너지섭취량 중 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율인 에너지적정비율(acceptable macronutrient distribution ranges, AMDR)을 설정하였고 1세 이후 모든 연령에서 55-65%이다(표 15). 성인의 에너지적정비율을 2015년에 2010년 설정 값인 55-70%를 55-65%로 낮추었으며 2020년에도 2015년 설정 값을 변경시킬 만한 근거가 부족하여 같은 값을 유지하도록 하였다. 우리나라 10-18세 청소년의 경우 고탄수화물 섭취군(76.3%)이 저탄수화물 섭취군(52.9%)에 비해 혈청 중성지방 농도와 수축기 혈압이 유의하게 높아 고탄수화물 섭취는 성인기 뿐만 아니라 청소년기에도 대사증후군의 지표에 영향을 미치는 것으로 보고되었다 [67]. 따라서 성장기의 에너지적정비율은 성인과 같이 남녀 모두 55-65%를 설정하였다. 노인기의 경우 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 높을 때 복부비만, 골격건강 [68], 인지기능 및 우울 [69], 대사증후군 [70]에 영향을 줄 수 있는데, 노인의 경우 에너지 섭취가 부족한 경우에 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율이 높으므로 전체 에너지 섭취와 탄수화물 섭취비율을 적절히 섭취하는 것이 중요하다고 보고하고 있다 [71]. 노년기의 에너지 섭취비율을 설정할 문헌적 근거가 부족하므로 노년기의 탄수화물 에너지적정비율은 성인과 같은 55-65%로 설정하였다. 임신기와 수유기의 경우도 탄수화물의 에너지 적정비율을 성인과 달리 설정한 근거가 부족하여 성인과 같은 값으로 설정하였다.

일본의 경우 생활습관병을 예방할 수 있는 탄수화물의 목표량을 에너지 섭취비율로 설정하고 있다. 일본은 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율을 단백질로부터의 에너지 섭취비율(13 또는 15%)과 지질로부터의 에너지 섭취비율(20%)을 감안하여 67% 또는 65%로 계산하고 이중 낮은 값인 65%를 목표량(상한)으로 설정하였다. 그리고 탄수화물 섭취비율과 총사망률 상승과 기대 수명의 단축과의 관련성에 대한 연구결과를 근거로 탄수화물의 에너지 섭취비율 목표를 50-65%로 설정하였다 [72].

① 비만

당류 섭취와 비만과의 연구는 총당류 섭취가 아닌 유리당 또는 첨가당 섭취나 가당음료수(Sugar Sweetened Beverage, SSB)와의 관련성을 본 연구가 대다수이다. 가당음료수는 첨가당 섭취의 제1급원이며 당이외에 다른 영양소가 거의 함유되어 있지 않아 영양밀도가 낮고 에너지밀도만 높은 식품으로 비만, 당뇨병을 포함한 대사질환의 위험도를 높이는 것으로 간주된다. 당류 섭취 연구와 관련해서 연구 설계나

섭취량 조사 방법 등의 차이로 일관성 있는 결과를 도출하기가 어려운 제한점이 있지만, 국제보건기구 (WHO)의 주도로 전향적 코호트와 임의할당 개입연구를 이용한 대규모 메타분석 연구 결과가 발표되었다. 성인과 어린이 모두에서 유리당 섭취는 체중증가와 양의 관련성을 나타냈으나, 동일한 에너지 섭취에서 유리당을 다른 탄수화물이나 다량영양소 급원으로 바꾸어 섭취를 줄이는 경우에는 체중변화와 아무 관련성이 없었다 [73]. 또한 Malik 등 [74]은 가당음료수에 대해 전향적 코호트와 임의할당 개입연구를 이용한 메타분석 결과를 발표하였는데, 가당음료수 섭취 증가는 어린이와 성인 모두에서 체중증가와 유의적 관련성이 있었다.

② 제2형 당뇨병과 대사증후군

당뇨병과 당류 섭취에 대한 연구 대부분도 가당음료수 섭취를 중심으로 수행되었다. 코호트 자료를 이용하여 메타분석을 한 결과에서 가당음료수 섭취가 높은 그룹이 낮은 그룹에 비해 제2형 당뇨병과 대사증후군 발생의 위험도가 증가하는 것으로 보고하였다 [75].

최근 우리나라 사람을 대상으로 한 연구도 보고가 되고 있는데, 중년 남성에서 총당류 섭취가 20% 이상인 그룹은 그렇지 않은 그룹에 비해 대사증후군과 비만유병률 위험도가 유의적으로 높았고 [76], 가당음료수 섭취가 높은 그룹은 그렇지 않은 그룹에 비해 비만, 대사증후군 유병률 위험도가 유의적으로 높았으며 [77], 탄산음료 섭취는 성인 여성에서 대사증후군 지표와 관련성이 있었다 [78]. 그러나 대부분 횡단조사는 제한점을 가지고 있고 일부 연구에서는 남자에서만, 일부 연구에서는 여자에서만 연관성을 보여 향후 연구가 더 필요하다.

③ 심혈관계 질환

미국 의학연구소는 2002년 여러 역학조사 보고서를 근거로 자연적으로 식품에 존재하거나 가공과정에서 첨가된 당의 섭취와 관상동맥질환의 위험은 관련이 없으며, 혈당지수와 관상동맥질환과의 관련성은 일치된 경향을 나타내지 않으므로, 당의 상한섭취량을 설정하기에는 근거가 충분치 않다고 결론을 내린 바 있다 [79]. 그러나, 국제보건기구 주도로 시행된 당섭취와 혈압과 지질 지표들에 대한 메타분석 결과는 당류 섭취와 뚜렷한 양의 관련성을 제시하고 있다 [80].

우리나라 성인을 대상으로 한 최근의 코호트 연구 결과, 가당음료수의 주당 섭취 빈도가 가장 높은 그룹이 가장 낮은 그룹에 비해 고혈압 발생 위험이 1.21배 높은 것으로 나타났으며, BMI 25 kg/m² 이상인 그룹에서 가당음료와 고혈압 발생 위험의 양의 상관관계가 나타난 반면, BMI 25 kg/m² 미만인 그룹에서는 유의적인 상관성을 보이지 않았다 [81]. 국민건강영양조사 자료를 활용한 단면연구에서도 우리나라 성인에서 가당음료수의 섭취 빈도가 높아질수록 고혈압 유병 위험이 유의적으로 높아지는 결과를 보였다 [82, 83]. 그러나 우리나라 인구집단에서 당류 섭취와 여러가지 심혈관계질환의 관련성을 조사한 연구는 매우 제한적이며, 향후 연구가 더 필요한 실정이다.

④ 사망위험 증가

성인과 노인을 대상으로 한 대규모 코호트 연구를 통해 보고된 바에 의하면 당류 섭취수준에 따른 사망 위험의 변화는 섭취수준에 따라 다른 방향으로 나타났다. 급원식품에 따라서도 다른 양상을 나타내었으며, 당류 대신 인공감미료를 사용한 음료수의 섭취도 사망위험을 증가시키는 것으로 관찰되고 있어, 좀 더 다면적인 분석과 보완적인 연구가 필요하였다.

에너지 섭취기여율에 따라 당류의 섭취수준을 나누고 사망률과의 연관성을 살펴보았을 때, 섭취수준에 따른 사망의 위험은 J형을 나타내었으나 위험을 증가시키는 섭취수준은 연구에 따라 차이를 보였다 [84, 85]. 또한, 에너지 섭취의 10%미만으로 섭취수준이 낮은 구간을 세분화하지 않았을 때는 이러한 양상을 관찰할 수 없었다 [86].

첨가당의 급원식품으로는 고형식품보다 가당음료수와 같은 액체형 급원의 기여가 컸다. 액체형 급원에서는 섭취수준의 증가에 따라 사망의 위험이 증가하였으나, 당류 외 다른 영양소를 포함하는 고형 급원식품을 통한 첨가당의 섭취는 사망의 위험을 감소시켰다 [87]. Narain 등 [88]이 2015년에 코호트 연구를 체계적으로 고찰하고 메타분석하여 보고한 결과에서는 가당음료수 섭취와 사망위험 간 연관성을 보이지 않았으나, 최근 보고된 체계적 문헌 고찰과 메타분석 연구에서는 가당음료수 섭취와 사망 위험 간 연관성을 관찰할 수 있었다. Mullee 등 [89]이 유럽 10개국의 인구집단을 대상으로 한 코호트 연구를 메타분석 한 결과에서 하루에 2잔 이상 가당음료수를 섭취하는 대상자는 한달에 한잔 미만 섭취하는 대상자에 비해 사망 위험이 높았고, Qin 등 [90]은 가당음료수 섭취가 사망위험의 증가와 용량-반응 관계가 있음을 관찰할 수 있었다. 두 연구 모두에서 가당음료수뿐 아니라 인공감미료를 이용한 음료의 섭취도 사망위험과 연관성을 나타내어 가당음료수와 관련된 사망위험의 증가는 당류의 섭취 뿐 아니라 음료수를 섭취하는 사람들의 다른 위험요인이 반영된 결과로 이해할 수 있다.

⑤ 어린이 과행동증

당류 섭취와 어린이의 과행동증과의 관계에 대해서는 아직까지 일관된 연구결과를 나타내지 ④하고 있다. 그러나 설탕섭취와 어린이의 과행동증에 관한 몇몇 메타분석 연구에서 당류의 섭취는 과행동증 또는 행동이상증세와 관련이 없음을 보고하였다 [91, 92]. 우리나라 초등학생을 대상으로 한 연구에서도 설탕섭취는 주의결핍 과잉활동장애와 유의적인 연관성이 없었다 [93].

⑥ 식사질 저하

미국 의학연구소에서는 첨가당의 함량이 높은 식사를 한 사람들은 필수영양소(칼슘, 마그네슘, 철, 아연, 비타민 A, 비타민 E)의 섭취량이 낮아서 첨가당을 총섭취에너지의 25% 이상은 먹지 말라고 권고하였다 [79]. 당류의 섭취와 미량영양소 섭취 수준의 연관성에 관한 체계적 문헌 고찰에서는 명확한 관련성을 나타내지 않았으나, 연구마다 당류 섭취의 정의, 섭취량 조사 방법 등의 차이가 있어 결과를 해석할 때 이를 고려할 필요가 있다 [94].

당류의 섭취가 증가하면 영양밀도가 감소하여 식사의 질이 낮아질 것이라는 우려가 있으나, 우리나라는 서구와 다르게 총당류 섭취가 증가하여도 영양밀도가 오히려 증가하는 결과들도 보고된 바 있다 [95, 96]. 이는 당류의 급원식품의 차이에서 기인된 것으로, 당류의 총섭취량만으로 식사의 질을 단편적으로 평가하기보다는 급원식품별 섭취량이 고려되어야 함을 시사하고 있다. 최근 우리나라 초등학생을 대상으로 수행된 연구에서는 총 에너지섭취량 중 당류에서 얻어지는 에너지 비율이 20%이상인 경우 20% 미만인 대상자에 비해 철, 아연, 니아신 섭취가 유의적으로 낮았다고 보고하였다 [97].

⑦ 한국인의 1일 당류 섭취 기준

당류의 섭취기준 설정을 위해 당류섭취와 식사의 영양밀도의 관계, 당류섭취와 대사성질환의 관계와 우리나라 사람들의 총당류 섭취 실태를 고려하였다. 최근의 과학적 근거들은 첨가당이나 가당음료수 섭취가 많을수록 비만, 당뇨병, 심혈관 질환의 위험도가 유의미하게 증가하고 있음을 나타내고 있다. 우리나라 국민을 대상으로 한 연구 자료는 아직 미비한 실정이지만, 총당류를 통한 에너지 섭취비율이 증가할수록 대사증후군의 발생률과 유병률의 위험도가 증가하며, 그러한 현상은 특히 여자에게서 더 유의하게 나타남이 보고된 바 있다. 또한, 총당류 에너지 섭취비율이 증가할수록 대부분의 영양소의 섭취량도 증가하는 것으로 나타났으나, 총당류 에너지 섭취비율이 20% 이상인 군에서는 에너지, 단백질, 지질, 나트륨, 니아신의 섭취가 유의적으로 감소하였다 [98].

이에 따라 2015년 영양소 섭취기준 제정 시 총당류의 섭취기준은 총 에너지섭취량의 10-20%로 하였으며, 생애주기별 자료가 극히 제한되어 생애주기별로 당류 섭취기준을 제시하지 않았다. 또한 총당류의 급원식품 중 가공식품의 비율이 높아지고 있다는 점과 2015년 발표된 국제보건기구(WHO)의 당 섭취기준을 고려하여, 총당류 중 첨가당을 총 에너지섭취량의 10% 이내로 섭취하도록 권고하였다.

2018년 국민건강통계에서 제 7기 국민건강영양조사기간 3년 간 총 당류의 섭취는 점진적으로 감소하고 있는 것으로 보고되었다. 그러나 2015년 이후 보고된 과학적 근거가 2015년 제정된 섭취기준 개정의 필요성을 나타내고 있지는 않아 2020년에도 유지하는 것으로 결정하였다.

3 안전확보를 위한 섭취기준

탄수화물의 섭취가 증가하면 다양한 만성 질환의 위험이 증가하는 것으로 보고되고 있으나 상한섭취량을 설정할 만한 문헌적 근거가 부족하여 상한섭취량을 설정하지 않았다. 미국과 일본 등에서도 탄수화물의 상한섭취량은 설정되어 있지 않다.

4 주요 급원식품

(1) 탄수화물

탄수화물은 에너지 공급원으로 매우 중요하며 소화가 쉽고 체내 대사과정 중 독성물질을 만드는 일도 드물다. 탄수화물의 급원식품은 대부분 식물성 식품이며 단당류는 과일과 채소에 함유되어 있다. 이당류 중 자당은 사탕수수과 사탕무, 꿀 등에 함유되어 있고 유당은 우유 및 유제품에 존재하며 맥아당은 전분의 가수분해 산물로 생성되며 맥아(엿기름)에 포함되어 있다. 올리고당은 주로 두류에 함유되어 있다. 대부분의 탄수화물은 전분 형태로 섭취하는데 곡류 및 곡류제품, 감자와 같은 서류, 호박 등에 함유되어 있다 [99]. 우리나라 국민의 다소비식품에서 탄수화물 섭취에 기여하는 대표적 급원식품으로는 백미, 라면, 국수, 빵, 떡, 사과, 현미, 과자, 밀가루, 고구마 순으로 조사되었다(표 17). 탄수화물 주요 급원식품의 1회 분량 당 함량은 그림 3과 같다. 또한, 탄수화물 고함량 식품은 표 18에 나타내었다.

63

¹⁾ 2017년 국민건강영양조사의 식품별 섭취량과 식품별 탄수화물 함량(국가표준식품성분표 DB 9.1 [100]) 자료를 활용하여 탄수화물 주요 급원식품 상위 30위 산출 후 1회 분량(2015 한국인 영양소 섭취기준 [101])을 적용하여 1회 분량 당 함량 산출, 19~29세 성인 권장섭취량 기준(2020 한국인 영양소 섭취기준)과 비교

64

¹⁾ 국가표준식품성분표 DB 9.1 [100]

(2) 당류

2018 국민건강통계 [102] 자료에 따르면 우리나라 인구집단(1세 이상)의 당류 1일 섭취량은 60.2 g이고, 19세 이상 성인의 섭취량은 59.2 g으로 나타났다. 남자의 경우 64.5 g, 여자의 경우 55.6 g이며, 성인 남성은 64.3 g, 성인 여성은 53.8 g이다. 최근 3년 동안의 당류 1일 섭취량은 2016년 67.9 g, 2017년 64.8 g, 2018년 60.2 g으로 감소하는 추이를 보였다. 동 자료에 따르면 당류의 식품군별 섭취량은 과일류(13.4 g)와 음료류(11.8 g)가 가장 높았고, 우유류(7.6 g), 채소류(6.9 g), 곡류(6.4 g) 순이었다. 한국인의 당류 주요 급원식품은 사과, 설탕, 우유, 콜라 순으로 나타났다(표 19). 당류 주요 급원식품의 1회 분량 당 함량은 그림 4에, 당류 고함량 식품은 표 20에 제시하였다.

¹⁾ 2017년 국민건강영양조사의 식품별 섭취량과 식품별 당류 함량(국가표준식품성분표 DB 9.1 [100]) 자료를 활용하여 당류 주요 급원식품 상위 30위 산출 후 1회 분량(2015 한국인 영양소 섭취기준 [101])을 적용하여 1회 분량 당 함량 산출

66

5

향후 2025 섭취기준 개정을 위한 제언

5-1. 섭취기준 설정에서 제기된 문제

(3) 탄수화물

우리나라 국민건강영양조사 자료에 따르면 탄수화물로부터의 에너지 섭취비율은 50세 이후에 급격히 증가하고, 특히 여성에서 높은 섭취비율을 나타낸다. 그러므로 성별, 연령별에 따라 탄수화물의 에너지 적정비율을 세분화해야 할 지에 대한 검토가 필요하다.

(4) 당류

WHO는 2015년 당류 섭취지침을 설정하면서 유리당의 섭취를 에너지 섭취수준의 10% 이내로 제한하였다. 그러나 현재 당류의 섭취수준이 낮은 국가에서는 이 기준을 적용하기 보다는 현재의 섭취수준이 더 이상 높아지지 않도록 하는 것이 바람직하다는 논평을 덧붙이고 있다. 현재 우리나라의 총당류 섭취수준은

서구와 다르게 비교적 낮은 편이나, 첨가당 또는 유리당 섭취수준은 분석하지 ❹하고 있다. 우리나라 사람들의 첨가당 또는 유리당 섭취를 파악하여 적절한 기준을 설정하는 것이 필요하다.

5-2. 과학적 근거가 부족한 사항

탄수화물의 섭취가 많으면 만성질환 발생의 위험을 증가시킨다는 보고들이 있으므로 만성질환을 예방하기 위한 섭취기준과 상한섭취량 설정에 대한 근거를 확보하기 위해 우리나라 국민을 대상으로 연구가 필요하다. 인구집단의 당류 섭취수준을 분석할 수 있는 공신력 있는 데이터베이스가 최근에는 구축되어 우리 국민의 당류 섭취와 건강지표의 인과적 연관성을 살펴본 연구는 물론 섭취 특성에 대한 기본적인 기술적 연구조차 매우 부족한 상태이다. 섭취기준 설정을 위한 여러 수준에서의 근거 축적이 요구된다.

5-3. 향후 2025 섭취기준 개정을 위해 필요한 과제

(4) 다량 영양소 간 섭취비율과 건강문제

탄수화물 섭취비율과 지질, 단백질 섭취비율을 동시에 고려하여 에너지 섭취가 건강문제에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. 탄수화물의 섭취가 낮아지면 상대적으로 지질의 섭취가 높아지므로 열량원의 섭취는 상대적인 의미를 가진다. 그러므로 열량영양소 간의 적절한 섭취비율에 대한 연구가 함께 이루어져야 할 것이다.

(5) 한국인의 첨가당, 유리당의 섭취량 추정 및 급원식품

우리나라 사람들의 첨가당이나 유리당 섭취량 수준이나 급원식품 파악과 이를 위한 데이터베이스의 구축이 요구된다.

(6) 한국인의 당류 섭취량의 질적 평가 및 만성질환과의 인과적 연관성 파악을 위한 종단연구

당류섭취량과 건강지표와의 연관성 연구에 있어, 에너지 섭취 기여비율과 당류 급원에 따른 질적인 섭취 평가가 종합적으로 필요하며 인과성 규명을 위한 종단연구가 요구된다.

(7) 당류 섭취 관련 건강지표 및 만성질환 발생의 대사 기전 연구

당류 섭취의 질적 평가와 함께, 이러한 당류 섭취가 체내 건강 지표 및 만성질환 발생에 영향을 미치는 대사적 기전이 함께 규명되어야 한다.

03

식이섬유

Total fiber

3

식이섬유

1

영양소의 특성

1-1. 개요

식이섬유는 1953년 Hipsley [1]가 식물세포벽을 구성하는 비소화성 구성물질로 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌의 세 가지 성분을 식이섬유라고 설명한 것을 시작으로 다양한 정의가 제안되어 왔다. 1976년 Trowell [2]는 식이섬유를 “인간의 소화효소로 분해할 수 없는 식물의 다당류와 리그닌”으로 정의했는데, 이는 FDA가 식이섬유를 분리하기 위한 AOAC 방법을 채택하는데 큰 도움을 주었다. 1987년 미국 FDA는 식이섬유를 비전분성 다당류, 리그닌 몇몇 저항성 전분의 혼합물이라 정의하였고 [3], 1995년 영양표시에 대한 Codex Alimentarius Guidelines 에서는 “인간의 소화기관에서 소화효소에 의해 분해되지 않는 섭취 가능한 식물성 혹은 동물성 물질”이라 정의하면서 동물성 급원의 물질도 식이섬유의 범위에 포함되었다 [4]. 2000년 American Association of Cereal Chemists [5] 에서는 과거 30년간 연구에서 도출된 식이섬유의 중요한 생리적 영향에 근거하여 소장에서 소화 흡수되지 않고 대장에서 부분적으로 혹은 완전히 발효는 식물의 가식부분과 유사탄수화물이라 정의한 바 있다. 이와 같이 식이섬유에 대해 간단하게 정의 내리기는 어렵지만 많은 연구를 토대로 “포유동물의 소화효소로 분해되지 않는 탄수화물과 리그닌과 같은 식물 세포 성분에 내재된 성분”을 말하며 [6](그림 1), 최근에는 분리하거나 합성하는 방법으로 제조하여 인체의 생리적 기능에 유익한 영향을 줄 수 있는 기능성 식이섬유를 모두 포괄하여 지칭하고 있다. [7]

1-2. 흡수, 분포, 대사, 배설

식이섬유는 포유동물의 소화효소로 분해되지 않는 탄수화물이기 때문에 대부분 대장까지 그대로 도달하게 되며, 위장관을 통과하는 동안 다양한 생리적 영향을 준다. 식이섬유는 포만감을 유지하게 해 줌으로써 식욕을 조절하는데 도움을 줄 수 있다. 점도가 높은 식이섬유는 소화 시간을 더디게 하는 기능을 가지고 있다 [8, 9]. 음식물의 소화 시간을 지연시켜 결과적으로 에너지의 흡수를 낮추어줄 수 있어 비만의 위험을 낮추는데 도움이 될 수 있다 [9-14]. 식이섬유는 소장에서 분해되지 않고 대장에 도달하게 되면 대장 내의 장내세균들에 의해 이산화탄소, 메탄, 수소, 단쇄지방산(아세트산, 프로피오니산, 부티르산)으로 발효될 수 있다. 과일과 채소처럼 헤미셀룰로오스, 펙틴 등이 풍부한 식품들은 곡류와 같은 셀룰로오스가 많은 식품보다 더 완전히 발효될 수 있다 [15-17]. 특히 난소화성 전분은 매우 발효성이 강하며 [18], 생성되는 단쇄지방산 중 부티르산은 대장세포를 위한 좋은 에너지원으로 작용하고 아세트산 및 프로피오니산은 간문맥

을 통과하여 간으로 도달한 후 대사된다 [19]. 부티르산의 생산, 흡수, 대사의 결함은 궤양성 대장염 (ulcerative colitis)의 원인 중의 하나로 간주되기도 하며 [20, 21], 부티르산이 대장암의 예방에 기여할 수 있다는 연구가 보고되고 있기도 하나 대장암과 부티르산의 관련성은 확실한 결론이 나지 않은 상태이다 [22]. 발효된 식이섬유의 일부는 대변으로 세균들과 단쇄지방산이 함께 배출되기도 한다 [23]. 식품 조성의 차이, 식이 섭취 패턴의 차이, 섭취하는 식이섬유의 양, 개인의 대사 상태의 차이, 소화 능력의 차이 등에 의해 식이섬유로부터 얻어지는 에너지값은 변이가 큰데, 식이섬유로부터 회수되는 에너지는 탄수화물의 4 kcal/g 보다 적은 1.5-2.5 kcal/g 정도이다 [24, 25]. 최근에는 장내 세균의 중요성이 크게 대두되면서 폴리덱스트로스, 난소화성 올리고당류가 장내 세균총의 패턴에 영향을 미친다고 제안되고 있으나 이로 인한 건강상의 이점에 대한 연구는 지속적으로 진행될 필요가 있다 [26-49].

1-3. 기능

식이섬유는 흡수되지 않는 성분이므로 혈중 수준이 측정될 수 없다. 따라서 필수영양소로서의 기능보다는 섭취에 따른 잠재적인 건강상의 이점에 대해 연구되어 왔다. 식이섬유는 소화관을 따라가면서 섬유의 특성에 따라 여러 가지 다른 생리적 효과(기능)를 나타낸다. 장 내용물의 통과시간을 단축시키고, 변 무게와 배변의 빈도를 증가시켜, 변통을 완화하고 변비에 긍정적인 효과가 있는 것으로 알려져 있다 [50, 51]. 대장에 정상적으로 존재하는 세균들을 위한 발효성 기질을 제공함으로써 대장의 기능에 좋은 영향을 미칠 수 있다. 또한 식이섬유가 담즙산이나 콜레스테롤과 같은 스테로이드를 흡수하지 ④하게 배설시키고, 콜레스테롤과 담즙산의 재순환을 방해하고 [52, 53], 펙틴과 구아검과 같이 점성을 가지는 대부분의 식이섬유들은 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다 [54]. 또한 식후 혈당반응과 인슐린 반응을 저하시킨다 [55]. 이와 같은 효과는 점성이 있는 식이섬유들이 위에서의 배출 속도를 느리게 하고 [9] 소장에서의 영양소 소화 흡수를 지연시키기 때문인 것으로 설명되고 있다 [13]. 이처럼 식이섬유는 혈당 수준과 콜레스테롤 수준을 저하시킴으로써 당뇨병과 심혈관질환, 관상동맥질환의 위험을 낮추며 대장암의 발생 위험의 감소와도 관련이 있는 것으로 연구되고 있으나 [56, 57], 만성질환의 예방 효과에 대해서는 심혈관질환을 제외하고는 직접적인 증거는 아직 부족하다 [58]. 최근 장내세균의 중요성이 크게 대두되면서 식이섬유와 장내세균과의 관련성에 대한 연구가 활발해지고 있다 [15-17, 59-61].

2 건강 유지 및 증진을 위한 섭취기준

2-1. 건강을 위한 섭취기준 설정 시 고려사항

식이섬유의 영양상태를 반영하는 생화학적 분석방법은 현재까지는 없다. 식이섬유는 흡수되지 않는 성분이라서 혈중의 식이섬유 함량을 측정할 수 없기 때문에 그 동안 건강에 유익한 영향을 주는 점이 식이섬유의 섭취기준 설정에 고려되어 왔다 [62]. 식이섬유는 개별 식이섬유의 종류에 따라 그 정도는 매우 다르지만 일반적으로 장 기능에 도움을 주어 배변 활동을 원활하게 도와주며, 콜레스테롤의 흡수를 방해하여 혈중 콜레스테롤이 높아지지 않도록 도와줄 수 있다. 또한 혈당의 흡수를 억제하여 식후 혈당의 상승을 방해하고, 소장에서 소화되지 않고 오랜 기간 남아있어 포만감을 오랫동안 유지할 수 있도록 하는데 도움을 줄 수 있다고 알려져 있다. 이에 따라 식이섬유의 필요량을 추정하기 위해 콜레스테롤대사, 인슐린저항성, 장운동 포만감, 대장암과 유방암이 건강판정지표로 검토되었으며, 식이섬유 섭취 수준에 따른 고지혈증, 코콜레스테롤혈증, 관상동맥질환 및 심혈관질환의 예방, 당내성 및 인슐린 반응과 당뇨병의 완화, 대장암 또는 유방암의 예방, 게실염과 변비, 비만에 유익한 영향이 건강상태 지표로 검토되었다(그림 2).

식이섬유 섭취량과 혈중 콜레스테롤 및 심혈관질환 발병과의 상관관계에 대해서는 몇몇 전향적 코호트 연구들 [63-65]에서 평상시 14 g/1,000 kcal 정도의 식이섬유 섭취가 관상심장질환의 발생을 유의적으로 감소시키는 것으로 보고됨에 따라 미국/캐나다에서는 이 수치를 근거로 충분섭취량을 설정한 바 있다 [62]. 식이섬유 섭취량과 당뇨병 및 대사증후군과의 관련성에 대한 다양한 관찰연구들이 보고되고 있으며 일부 문헌에서는 곡류에서 유래한 식이섬유의 섭취가 증가하면 당뇨병 발병이 유의하게 감소함을 관찰하였다 [56, 58, 66, 67]. 식이섬유와 직장대장암 발병에 관한 코호트 연구들은 일반적으로 AOAC 방법에 의해 측정되었던 총식이섬유에 초점을 두고 있다. 과일, 채소, 곡류 등의 식이섬유 급원들과 대장암 발병률 사이에 관련성을 조사한 연구들 [57, 68-73]에서 과일과 곡물 유래 식이섬유들은 일반적으로 보호효과를 나타내었으나 채소 유래 식이섬유는 유의한 결과를 얻지 ④하였다. 식이섬유 섭취량과 유방암과의 관련성에 대해서는 5만 여명 이상의 스웨덴 여성에 대한 전향적 연구 [74]에서 총 식이섬유량 보다는 과일과 곡류로부터 유래한 식이섬유의 섭취가 유방암 위험을 유의적으로 감소시키는 역할을 할 수 있는 것으로 보고되었다. 폐경 전 영국 여성을 대상으로 한 연구 [75]에서는 총 식이섬유와 곡류에서 유래한 식이섬유 섭취량과 유방암 발생 위험 간에 유의한 역의 상관관계를 보고한 바 있으며, 멕시코 여성 대상의 연구 [76]에서도 식이섬유의 섭취가 유방암 발생에 관련되는 에스트로겐 수준을 낮추어 유방암 발생 위험을 낮출 수 있는 가능성을 제시한 바 있다. 식이섬유가 대장 기능에 미치는 영향은 변의 무게를 측정함으로써 확인할 수 있으며 비전분성 다당류의 섭취량과 유의한 관련이 있는 것으로 보고되었다 [77, 78]. 이상과 같이 식이섬유 섭취와 만성질환 지표들과의 관련성에 대해 지금까지 이용 가능한 증거들을 근거하여 그림 1과 같은 식이섬유 섭취기준 설정을 위한 분석틀을 구축하고, 문헌은 고찰을 통해 필요량 추정에 반영되었다.

2-2. 결핍 예방을 위한 섭취기준 및 한국인 섭취실태

결핍을 예방하기 위한 평균필요량과 권장섭취량을 설정하기에는 흡수되지 않는 식이섬유는 영양상태를 평가할 수 없고 관련 정보가 불충분하다. 이에 따라 식이섬유에 대한 섭취기준은 잠재적인 건강 이점을 섭취기준 추정을 위한 지표로 사용하여 충분섭취량을 설정해 왔다. 식이섬유의 충분섭취량을 설정하는 방법으로는 각 성별 연령군의 건강한 사람들의 식이섬유 섭취량의 중앙값 또는 평균치를 기준으로 하여 충분섭취량을 설정하는 방법이 있다.

미국/캐나다의 경우 역학적 임상자료들을 근거로 하여 심혈관질환을 예방하는 것으로 식이섬유 섭취 수준(14 g/1,000 kcal)을 충분섭취량의 기준으로 정하고 여기에 성별, 연령군별로 1일 일상 에너지섭취량의 중앙값을 곱하여 하루 충분섭취량을 산출하였다 [62]. 뉴질랜드와 오스트리아에서는 국민영양조사에서 나타난 성별, 연령군별 평균 식이섬유 섭취량을 근거로 충분섭취량을 설정하였다. 한편 일본의 경우에는 식이섬유는 생활습관병의 예방을 목적으로 ‘생활습관병의 예방을 위한 현재의 일본인이 당면한 목표로 해야 할 섭취량’으로 간주하고 ‘목표섭취량’(tentative dietary goal for preventing life-style related diseases: DG)을 설정했다 [79]. 일본에서는 소아 청소년의 경우 생활습관병 발병률과 식이섬유 섭취와의 관련성을 검토하기가 곤란하다는 이유로 섭취 목표량을 설정하지 않았다.

우리나라의 경우에는 2005년도 식이섬유 충분섭취량 설정 당시에는 식이섬유 섭취 수준과 만성질환과의 상관관계에 관한 국내 자료가 거의 없었기 때문에 만성퇴행성질환이 주요 사인이 되지 않았던 60년대 말-70년대 초의 한국인의 평균 식이섬유 추정 섭취량(12 g/1,000 kcal)을 식이섬유 충분섭취량 설정기준으

로 정하였다 [66]. 2010년도 식이섬유 충분섭취량 개정 시에는 국민건강영양조사 원시자료를 활용하여 한국인의 평균 식이섬유 섭취 실태가 분석되었는데, 국민 전체 1인 1일 식이섬유 평균 섭취 수준이 2005년도에 설정된 식이섬유 충분섭취량 기준에 미달되어 동일한 기준을 그대로 유지하였다. 2015년 개정 시에도 2008년도부터 2013년도까지의 우리 국민의 식이섬유 평균섭취량이 충분섭취량(12 g/1,000 kcal)에 비해 낮아(그림 3), 식이섬유 충분섭취량 기준을 12 g/1,000 kcal 그대로 유지하여 설정한 바 있다.

금번 2020년도 개정에서는 국민건강영양조사 2013-2018년 자료를 활용한 우리국민의 평균 식이섬유 섭취량 분석한 결과를 근거로 하였다. 2016년-2018년도에는 11 g/1,000 kcal로 여전히 12 g/1,000 kcal에 비해 낮은 섭취 수준을 보이고 있으며(그림 3), 지난 10년 간 전반적으로 비슷한 수준을 보이고 있다. 반면, 대장암으로 인한 사망률은 지속적으로 증가하고 있다(그림 4).

이와 같은 결과에 따라, 2020년 개정에서도 식이섬유 충분섭취량 기준을 12 g/1,000 kcal로 그대로 유지하여 설정하였다. 1일 성별·연령층별 식이섬유 충분섭취량(g/일)을 식이섬유 충분섭취량 기준치(12 g/1,000 kcal)와 2013-2017년 국민건강영양조사 자료 분석 결과 얻어진 성별 연령층별 에너지섭취량의 중앙값(표 1)을 사용하여 다음 식에 의해 산출하였다.

$$\text{식이섬유 충분섭취량(g/일)} = 12 \text{ g/1,000 kcal} \times \text{각 성별·연령층별 1일 에너지섭취량 중앙값(kcal/일)}$$

¹⁾ 이혜성 등, 1991 [80]; 이혜성 등, 1994 [81]; 이규한 등, 1994 [82]; 황선희 등 1996 [83]; 승정자, 1997 [84]; 이미경 & 이서래, 1997 [85]; 현화진 등, 1999 [86]; 이혜정 등, 2006a [87]; 이혜정 등, 2006b [88]; 유경혜 등, 2008 [89]; 식품의약품안전청, 2010 [90]

²⁾ 국민건강영양조사 제4기 2-3차년도(2008-2009), 제5기(2010-2012), 제6기 1차년도(2013) 원자료 분석(질병관리본부, 2009-2013).

³⁾ 질병관리본부, 국민건강통계 2018. 2020 연령표준화에 근거한 섭취량 [91]

(1) 영아기(1세 미만)

모유는 식이섬유를 포함하고 있지 않다. 따라서 모유를 섭취하는 0-5개연령의 건강한 영아를 위한 식이섬유의 충분섭취량 설정은 적절하지 않는 것으로 판단하였다. 6-11개월 동안 이유 보충식을 통해 점차 식이섬유 섭취가 증가할 것이나 이 연령그룹에 대한 식이섬유 섭취량에 관한 이론적 근거가 명확하지 않으며, 섭취량에 관한 자료도 문헌검토 과정을 통해 발견되지도 않았으므로 6-11개월 영아에 대하여도 2015년도와 동일하게 식이섬유의 충분섭취량을 설정하지 않았다.

(2) 성장기(1-18세)

유아, 아동 및 청소년에 대한 충분섭취량도 위 식에 따라 계산한 결과 성별, 연령층별로 표 2와 같이 산출되었다. 유아, 아동 및 청소년의 경우도 성인과 마찬가지로 정상적인 배변 및 관련 질환 예방을 위해 식이섬유 섭취량이 충분해야 할 필요성이 있으므로 실제 섭취량보다 높게 조정하였다(표 1의 D).

(3) 성인기(19-64세)

만19세 이상 성인에 대한 충분섭취량을 위 식에 따라 계산한 결과 성별, 연령군별로 표 3과 같이 산출되었으며, 실제 섭취수준과 산출치를 절충하고 실생활에서의 활용을 편리하도록 하기 위해 연령에 따른 차이를 두지 않고 성인남자 30 g/일, 성인여자 20 g/일로 조정하였다(표 1의 D).

(4) 노인기(65세 이상)

노인에 대한 충분섭취량을 위 식에 따라 계산한 결과 성별, 연령군별로 표 4와 같이 산출되었으며, 실제 섭취수준과 산출치를 절충하고 실생활에서의 활용을 편리하도록 하기 위해 연령에 따른 차이를 두지 않고 노인남자 25 g/일, 노인여자 20 g/일로 조정하였다(표 1의 D).

(5) 임신기

임신기 식이섭유 부가섭취량을 에너지 추가요구량을 근거로 위 식에 따라 계산한 결과 표 5와 같이 임신 1/3 분기에는 부가섭취량이 0 g/일, 2/3 분기에는 +4 g/일, 3/3 분기에는 +5 g/일이었다. 산출된 임신 2/3 분기와 3/3 분기 부가섭취량 1 g의 차이는 그 중요성이 크다고 판단되지 않으므로 임신기 부가섭취량을 +5 g으로 단일화 하였다(표 1의 D).

<임신기 분기별 식이섭유 부가섭취량 산출>

임신기 1/3 분기 부가섭취량(g/일): $12 \text{ g}/1,000 \text{ kcal} \times 0 \text{ kcal/일} = 0 \text{ g/일}$

임신기 2/3 분기 부가섭취량(g/일): $12 \text{ g}/1,000 \text{ kcal} \times (+340) \text{ kcal/일} = +4.08 \text{ g/일} = +4 \text{ g/일}$

임신기 3/3 분기 부가섭취량(g/일): $12 \text{ g}/1,000 \text{ kcal} \times (+450) \text{ kcal/일} = +5.40 \text{ g/일} = +5 \text{ g/일}$

(6) 수유기

수유기의 식이섭유 부가섭취량 또한 에너지 추가 요구량을 근거로 +4 g/일로 산출되었으나 수치를 5단위로 단순화시켜 임신부와 동일하게 +5 g으로 조정하였다(표 6). 1일 식이섭유 부가섭취량이 +4 g이었으나 수치를 5단위로 단순화시켜 임신부와 동일하게 +5 g으로 조정하였다(표 1의 D).

<수유기 분기별 식이섭유 부가섭취량 산출>

수유기 부가섭취량(g/일): $12 \text{ g}/1,000 \text{ kcal} \times (+320) \text{ kcal/일} = +3.84 \text{ g/일} = +4 \text{ g/일}$

이상과 같이 2020년 개정된 연령별 충분섭취량 기준을 근거로 하여, 국민건강영양조사 2013-2017년 자료를 활용하여 한국인의 식이섬유 섭취실태를 분석한 결과, 전체 대상자의 67.0%가 충분섭취량 미만을 섭취하는 것으로 나타나, 3명 중 1명은 부족하게 섭취하는 것으로 볼 수 있다. 특히 어린이와 청소년, 청년층에서는 충분섭취량 미만 섭취자 비율이 80% 이상으로 매우 높게 나타났다(표 7).

2-3. 만성질환 위험감소를 위한 섭취기준

과일, 채소와 같은 식이섬유가 풍부한 식단은 당뇨병, 심장병, 관절염 등 만성질환 예방하고 변비 개선, 장 기능 개선 효과가 있다는 연구는 활발하게 이루어지고 있다. Chen 등 [96]의 폐경기 여성 유방암에 대한 메타분석 결과, 식이섬유 섭취가 10 g/일 씩 증가 할 때마다 유방암 위험이 4% 감소한 것으로 분석되었으며, Wu [58] 등이 18개 연구를 메타 분석한 연구결과에서도 관상동맥 심장질환 발생률은 0.93(95% 신뢰구간(CI): 0.91-0.96, $P < 0.001$), 사망률은 0.91(95% CI: 0.74-1.12, $P = 0.383$)로 감소효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 Kim 등 [56]이 식이섬유 섭취량과 심혈관질환(cardiovascular disease, CVD), 관상동맥 심장질환(Coronary Heart Disease, CHD) 및 모든 암과 사망률과의 연관성을 메타분석 한 연구에서도 식이섬유 섭취가 10 g/일 씩 증가할 때마다 상대위험도(Relative Risk, RR)는 CVD의 경우 0.91(95% CI: 0.88-0.94), CHD의 경우 0.89(95% CI: 0.85-0.93), 모든 암에 대해서는 0.94(95% CI: 0.91-0.97)로 나타나, 고 식이섬유 섭취는 CVD, CHD 및 모든 암으로 인한 사망 위험 감소와 관련이 있음을 뒷받침하고 있다.

미국심장협회(American Heart Association) [97]에서는 성인은 식이섬유를 하루 25 g/2,000 kcal를 섭취하라고 권장하고 있는데(50세 미만의 성인여성 21-25 g/일, 50세 미만의 성인남성 30-38 g/일), 아직 우리나라에서는 성인을 대상으로 한 충분한 연구결과가 없기 때문에 만성질환 위험감소를 위한 목표 섭취량을 설정하기는 어렵다. 다만 지난 2015년 기준치보다 성인 남성의 충분섭취량 기준치를 30 g/일 으로 5 g 상향 조정한 것에 의미를 둘 수 있지만, 성인 여성의 20 g/일은 상대적으로 낮아, 이에 대한 과학적 근거 확보가 필요하다.

3 안전확보를 위한 섭취기준

3-1. 안전을 위한 섭취기준 설정 시 고려사항

일부 합성하거나 분리 정제한 기능성 식이섬유들을 과잉으로 섭취할 때 가끔 위장관 부작용 증세가 관찰되기는 하지만 심각한 만성 부작용은 관찰되지 않는 것으로 보고되고 있다 [62, 66]. 또한 식이섬유를 다량으로 섭취하면 무기질 및 비타민의 생체이용률의 저하, 농약 및 중금속의 섭취 증가, 장내 미생물의 변화로 인한 식품에 대한 과민반응, 복부팽만감 등의 위장관 장애가 일어날 수 있는 것으로 알려져 있다 [66]. 하지만 현재까지 알려진 과학적 근거에서는 식이섬유의 과잉섭취로 인한 위해 영향은 거의 없는 것으로 확인되고 있다.

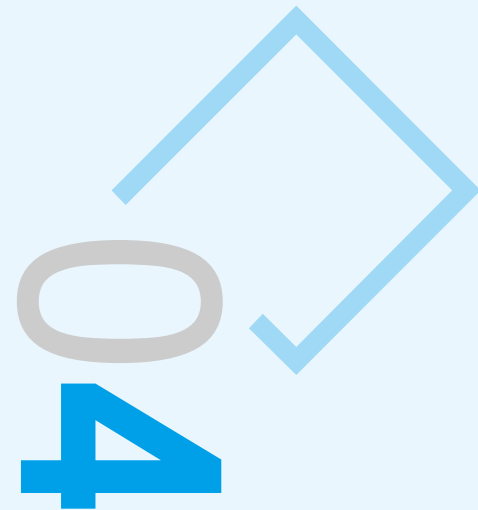
3-2. 안전 확보를 위한 섭취기준 및 한국인 섭취실태

일부 동물시험과 인체적용 연구들에 의하면 식이섬유 함량이 높은 식사를 피트산(phytate)과 함께하면, 무기질 대사에 변화가 발생 가능하다고 보고되고 있다 [98]. 즉 식이섬유를 과량으로 섭취하게 되면 철, 칼슘, 아연 등과 같은 무기질의 흡수율이 변화될 수 있다 [99]. 하지만 일본의 연구에 의하면 1,000 kcal 당 10-12 g 정도의 식이섬유의 섭취는 칼슘 섭취가 낮은 청소년들에서 안전한 것으로 제시되었으며 [100], 일반적으로 하루 50 g 정도로 식이섬유를 다량으로 섭취한다고 해도 무기질의 생체이용률을 방해한다는 확실한 과학적 근거는 밝혀진 바 없는 것으로 보고되고 있다 [101]. 또한 비타민의 경우에도 식이섬유의 과잉섭취가 비타민의 생체이용률을 감소시키지는 않으며, 비타민 섭취량이 적절할 때 비타민 영양 상태에 영향을 미칠 가능성은 낮은 것으로 보고되고 있다 [102]. 하지만 과민성 대장증후군을 가지고 있는 사람들이 과잉의 식이섬유를 섭취하면 위장관 통증이 일어날 수 있어 이들에게는 가스 발생을 일으키지 않는 식이섬유를 섭취하도록 권장하고 있다 [103]. 일반적으로 식이섬유를 과량으로 섭취하는 경우 위장관 부작용 증세가 관찰되기는 하지만 심각한 만성 부작용은 관찰되지 않고 있다 [62]. 식이섬유는 그 근원이 되는 식품, 제조방법 등에 따라 조성 및 특성이 매우 다양하여 특정한 식이섬유와 부작용을 연결시키기가 매우 어렵고 직접적인 과학적 근거 또한 매우 부족하다. 또한 우리 국민을 대상으로 한 고용량 식이섬유 섭취 시 임상 및 생화학적 평가가 수행되어 있지 않아 상한섭취량 설정의 근거가 되는 최저유해용량(lowest observed adverse effect level, LOAEL)이나 최대무해용량(no observed adverse effect level, NOAEL)을 규명할 수 없었다. 따라서 식이섬유의 상한섭취량은 설정하지 않는 것으로 하였다.

식이섬유는 대부분의 과일류, 채소류, 곡류에 존재하며, 우리나라 사람들이 상용하는 해조류나 콩류, 버섯류는 식이섬유의 좋은 급원이다. 실제 우리 국민의 식이섬유 섭취의 주요 급원식품을 2017년 국민건강영양조사의 식품섭취량 자료와 국가표준식품성분 DB 9.1 [104]를 활용하여 분석한 결과, 식이섬유 상위 5개의 급원식품은 배추김치>사과>감>고춧가루>백미 순이었다. 이는 식이섬유 함량이 높은 식품보다는 1일 섭취량이 높은 식품이 주요 급원식품인 것을 볼 수 있다(표 9). 그림 5는 우리 국민의 식이섬유 주요 급원식품에 대한 1인 1회 분량 당 식이섬유 함량을 성인의 2015 식이섬유 충분섭취량과 비교한 것으로, 1회 분량의 식이섬유 함량이 가장 높은 식품은 샌드위치/햄버거/피자>보리>감 순으로 각각 10.8 g과 9.9 g, 6.4 g이었다(그림 5). 기타 국가표준식품성분 DB 9.1 [104]에서 식이섬유 함량이 가장 많은 것은 영지버섯 말린 것 77.9 g, 상황버섯 74.4 g으로 버섯류의 식이섬유 함량이 높은 것으로 발표하였다(표 10). 한편 가공식품인 어묵, 햄, 소시지, 돼지고기 가공식품에서는 식이섬유가 거의 검출되지 않았으며, 음료류인 과일채소음료에서는 매우 소량만이 함유되어 있었으나, 탄산음료 등 대부분의 음료는 식이섬유가 없는 것으로 분석되었다.

5-1. 섭취기준 설정에서 제기된 문제

식이섬유의 경우 아직까지 그 정의에 대한 명확한 합의가 없어 매우 광범위한 난소화성 탄수화물과 이와 유사한 성분들을 모두 포함하여 검토되었다. 식이섬유의 정의는 식품표시와 매우 밀접한 관련이 있으며, 표시를 위한 식이섬유는 정확한 분석방법이 확립되어야 하나 현재까지 합의에 도달한 식이섬유의 정의 및 분석방법이 없어 식이섬유의 범위를 어느 부분까지 결정해야 하는 지에 대한 이슈가 여전히 존재하고 있다. 식이섬유 분석법이 명확하지 않아 섭취량을 산출하기 위한 식이섬유 데이터베이스가 명확하지 않는 제한점이 있다. 또한 우리나라 국민을 대상으로 식이섬유 섭취의 건강상의 이점에 대한 대규모 인체 연구, 코호트 연구 등이 부족하여 2005년 이후 식이섬유 충분섭취량 설정 방식을 그대로 유지할 수 밖에 없었다.



단백질

Protein

4

단백질

1

영양소의 특성

1-1. 개요

단백질은 인체의 정상적인 성장 및 유지에 필요한 아미노산과 질소화합물을 공급하는 영양적 기능을 하는 동시에 1 g 당 4 kcal를 생성하는 에너지 급원으로 사용된다. 단백질은 여러 아미노산이 펩타이드 결합으로 이루어진 형태의 복합분자로, 탄소, 산소, 수소와 더불어 질소를 함유하며 일부는 황, 철, 인 등을 함유하기도 한다. 아미노산은 생체 내에서 합성이 불가능하여 외부로부터 섭취 공급되어야 하는 9종의 필수 아미노산과 체내 합성이 용이한 5종의 비필수아미노산으로 구분되며, 정상적 상황에서 체내 합성이 충족되더라도 특정 생리 상태에서 그 합성이 제한되는 7종의 조건적 필수아미노산으로 분류된다(표 1).

질소를 함유하는 아미노기가 카르복실기에 연결되면서 형성되는 아미노산 사슬이 단백질의 구조를 결정한다. 아미노산이 단순히 연결되면 일차 구조, 아미노산 사슬 간 수소결합에 의해 나선형이 형성되면 이차 구조, 사슬 구조가 접히고 꼬여 입체적으로 형성되면 3차 구조 등으로 나타나며, 이러한 구조적 특이성은 단백질의 고유한 기능적 특성과 관련된다. 식품 내 단백질은 조리과정에서 가열에 의해 입체적 구조가 느슨해지는 변성이 이루어져 소화 및 흡수가 용이해진다. 섭취된 단백질은 대사 과정을 거쳐 아미노산으로 가수분해 되고, 체내 단백질 및 질소 함유 분자를 생성한다. 단백질은 주로 체조직 성분을 구성하는데 사용되지만, 탄수화물, 지방과 같은 다른 에너지 영양소의 섭취가 부족할 경우 체내 에너지 급원으로도 사용된다. 따라서 다른 에너지 영양소의 섭취가 충분히 이루어져야 식품 단백질을 체내에서 효율적으로 이용할 수 있다.

1-2. 흡수, 분포, 대사, 배설

식품 단백질을 섭취하면 위와 소장을 거치면서 단백질을 분해하는 소화 효소에 의해 아미노산으로 분해된다. 위에서는 펩신이 분비되어 단백질을 구성하는 폴리펩타이드가 작은 분자의 펩타이드로 분해되고, 소장으로 내려가면, 일부 단백질과 펩타이드가 췌장과 소장에서 분비되는 여러 단백질 소화 효소에 의해 더 작은 펩타이드 분자와 유리아미노산으로 가수분해된다. 아미노산은 중성, 염기성, 산성 등의 특성을 띠는데, 소장 상피세포의 용모막에는 특이성을 지닌 아미노산 운반체가 존재하여 아미노산이 장 점막 세포 내로 흡수되는 것을 돕는다. 또한 장 점막 세포의 세포질에는 펩타이드 가수분해 효소가 있어, 세포 내로 들어온 다이펩타이드를 유리아미노산으로 분해시킨다. 이렇게 흡수된 아미노산은 문맥을 통해 간으로 운송되어 일부는 간에서 이용·저장되고 일부는 간에서 다른 조직으로 운송되어 단백질, 비필수아미노산, 체내 질소 화합물 합성 등에 사용된다. 섭취한 식품 단백질로부터의 아미노산 생성이 부족할 경우에는 체단백질을 분해하여 만들어진 아미노산이 ‘아미노산 풀(amino acid pool)’을 이루어 단백질 합성에 활용된다(그림 1). 단백질 합성에 사용된 아미노산 외 나머지 아미노산은 아미노기(-NH₂)를 제거하는 과정 등의 이화과정을 거쳐 탄소골격과 아미노기로 분리가 되고, 이는 각각 포도당 및 지방, 요소 합성에 사용된다. 한편, 아미노산은 소장, 근육, 신장 등의 기관에 운송되어 특이적인 대사작용을 거치기도 하는데, 소장에서는 글루탐산 및 글루타민이 가장 활발하게 대사되고, 근육조직에서는 측쇄아미노산(류신, 이소류신, 발린)의 대사가 활발히 진행된다. 신장은 산-염기 균형을 유지하기 위해 글루타민을 글루탐산으로, 글라이신을 세린으로 전환시키면서 암모늄 및 중탄산염 이온을 생성한다. 최종적으로 아미노산의 질소는 요소, 암모니아, 요산 및 크레아티닌 등의 질소 화합물의 형태로 주로 소변으로 배설되거나 땀, 피부 탈피, 콧물, 머리카락, 월경혈, 정액 등으로 소량 배출된다(그림 1). 이렇게 체내에서 분해되고 흡수된 총 단백질의 43% 가량은 근육에 저장되고, 15% 가량은 피부에, 15% 가량은 혈액에, 10% 가량은 간과 신장에, 나머지 소량이 뇌, 심장, 폐, 골 조직 등에 존재하게 된다.

1-3. 기능

단백질은 인체의 정상적인 성장과 생리적 기능 및 생명유지를 위해 다음의 주요 두 가지 기능을 한다. 첫째, 근육, 피부, 뼈, 손톱, 머리카락 등의 신체조직과 호르몬, 항체, 효소의 구성 성분이 된다. 둘째, 체내 필수 영양성분이나 활성 물질의 운반과 저장, 체액과 산-염기의 평형 유지 등의 중요한 기능을 가진다. 따라서, 단백질을 부족하게 섭취하거나 과도하게 섭취했을 때는 그에 따른 건강문제가 발생한다.

단백질을 불충분하게 섭취했을 때 나타나는 건강문제로는 성장 지연, 면역력 저하, 근감소증(sarcopenia), 콕시오키(kwashiorkor), 인체 대사조절 이상 등이 있다. 근감소증은 주로 노인에게서 나타나는데, 노화가 진행되면서 근력과 근육량이 감소되는 증상으로 각종 감염에 대한 민감도 증가, 신체 활동 및 감각 저하, 인지장애 등과 연관성이 있는 것으로 보인다 [1-5]. 만성질환, 외상, 활동부족이 있으면서 불충분한 단백질을 섭취할 경우에는 근감소증이 더 빨리 진행되며 이는 각종 장애와 사망의 원인이 된다. 콕시오키는 식량부족 문제에 처한 저개발국가에서 흔히 나타나는데, 급속한 성장을 이루는 영유아기 동안에 단백질 섭취가 부족할 경우 발생하는 단백질 결핍증으로, 영유아의 발육부진 및 감염증의 원인이 될 수 있다. 특히, 라이신이 부족한 식이를 섭취할 경우 성장지연뿐만 아니라 빈혈도 일으킬 수 있으며 미숙아에서 트레오닌 부족 시 단백질 합성이 제한될 수 있다 [6, 7]. 선진국에서 나타나는 단백질 결핍은 주로 암, 결핵 및 AIDS와 같은 감염성 질환, 만성신장질환, 간질환, 흡수불량증이나 식욕감퇴증 등을 가진 환자들에서 단백질-에너지 영양불량(protein-energy malnutrition)의 형태로 나타난다.

한편, 단백질의 과잉섭취가 건강상태에 미치는 영향은 당뇨, 심혈관질환, 암, 사망 등과의 연관성을 통해 다양하게 보고되었다. 일반 성인이 하루에 섭취한 총 에너지섭취량의 20% 이상을 단백질로 섭취했을 때, 제2형 당뇨의 위험 증가와 관련이 있었고 [8], 임신부에게서도 임신성 당뇨의 위험이 높아지는 것으로 나타

났다 [9]. 특히 동물성 단백질 식품 섭취와 제2형 당뇨 발병간에 유의한 연관성을 보이는데 [8, 9], 동물성 단백질의 높은 섭취량은 당뇨뿐만 아니라 심혈관질환, 대사증후군, 그리고 여성의 유방암 발병과도 관련이 있는 것으로 보고되었다 [10-12]. 또한 고단백질 섭취가 사구체 여과율을 변화시키는 것으로 지속적으로 보고되고 있으나 [13-16] 신장질환 발병에 기여하는 근거는 아직 자료가 부족한 실정이다. 최근 보충제의 형태로 개개의 아미노산을 섭취하는 경우가 증가하고 있는데, 과도한 개별 아미노산의 무분별한 섭취는 아미노산 간의 흡수 경쟁을 유발하여 아미노산 불균형 및 독성 위험을 증가시킬 수 있으며 경우에 따라 오히려 아미노산의 부족을 초래하기도 한다. 표 2는 각각의 아미노산과 관련된 과잉섭취에 따른 부작용 관련 연구결과의 요약정리이다. 아동 혹은 성인에서의 증가된 단백질 섭취는 내장지방, 체지방, BMI 등과 양의 상관성을 보인다는 연구 결과가 있으나 [17-19], 체지방량을 증가시킨다는 결과 [20, 21]도 있어 논란의 여지가 있다. 고단백질 섭취는 사망 위험과도 연관이 있는 것으로 보이는데 50세 이상의 성인이 총 에너지 섭취량의 20% 이상을 단백질로 섭취했을 때, 당뇨와 암으로 인한 사망률이 4-5배 증가하는 것으로 나타났다 [22]. 한편, 단백질 과잉섭취를 예방하기 위해 건강한 성인은 하루 체중 kg 당 2 g 이상의 단백질을 섭취하지 않도록 제의된 바 있다 [23].

2

건강 유지 및 증진을 위한 단백질 섭취기준

2-1. 건강을 위한 단백질 섭취기준 설정 시 고려사항

(1) 단백질 섭취기준 설정을 위한 분석틀

단백질 섭취기준 설정을 위한 분석틀은 그림 2와 같다. 단백질 급원변수와 단백질 영양상태를 나타내는 노출지표, 건강판정지표와 건강상태로 분류하여 분석틀을 구성하였다. 단백질은 대부분 식품을 통해 섭취되나, 최근 단백질 보충제로 섭취되는 경우가 일부 늘어나고 있다. 체내 단백질의 영양상태를 완벽하게 평가할 수 있는 단일 노출 지표는 존재하지 않지만, 일반적으로 질소 균형과 알부민(albumin), 트랜스페린(transferrin)과 같은 혈청단백질 지표가 이용된다 [31]. 영유아의 경우 신장과 체중, 성장호르몬 등 성장관련 지표들의 수준이 낮을 경우 단백질 섭취 부족을 반영할 수 있으나, 부종과 복수 증상이 있으면 상태를 정확히 반영하기 어렵다. 근육량을 나타낼 수 있는 상완의 중간 둘레나 요크레아티닌 수준, 그리고 빠르게 자라는 피부와 머리카락, 부종 또한 단백질 영양상태와 연관된 건강판정 지표이다. 장기간에 걸친 단백질 섭취 상태는 체지방량의 변화로 나타낼 수 있다 [32].

단백질 섭취에 영향을 받는 대표적인 건강상태는 성장, 발달, 임신 및 출산 등이 있는데, 이는 단백질 섭취필요량에 있어 질소 평형 유지에 필요한 양 외에 성장과 발달, 모유 생산과 분비 등에 필요한 추가량

이 있다는 것을 의미한다. 임신부의 단백질 섭취 부족은 저체중아 출산으로 이어지며 [33], 반대로 임신부의 적절한 단백질 섭취량은 태아의 출생 시 체중에 영향을 미친다. 영아기의 단백질 섭취량 증가는 영아기 성장 증진에 영향을 미친다는 보고가 있다 [34-36]. 단백질-에너지 영양불량(protein-energy malnutrition)은 어린이뿐 아니라 성인에서도 발생할 수 있다. 성인의 경우 다양한 원인에 의해 단백질 결핍이 유도될 수 있다. 식사 단백질 섭취량이 직접적으로 감소한 경우뿐 아니라, 위장관의 단백질 흡수 기능이 저하되었을 경우, 그리고 특정 질병 상태일 경우 체내 단백질 결핍이 발생할 수 있다. 대표적인 질병상태로는 신부전, 암, 감염 등과 같은 질병을 들 수 있으며, 이 외에도 화상이나 수술에 의해 근육 단백질의 이화작용이 촉진될 경우 체내 단백질 결핍 현상이 발생할 수 있다. 체내 단백질량 저하는 면역 기능의 저하 및 감염 취약성에 영향을 미칠 수 있으며, 전반적인 생리 기능 저하로 인한 신장 질환 발병과 밀접한 연관성이 있다 [37]. 또한 단백질 결핍은 노인의 노쇠나 근감소증의 위험을 증가시키는 중요한 요인이 된다.

현대사회에서 단백질 섭취가 증가하면서, 단백질의 과잉섭취는 만성질환 위험과 유의적 상관성이 있다고 보고되고 있다. 따라서 상한섭취량 분석을 위해 만성질환 위험을 나타내는 혈압, 체지방량, 혈중지질이나 혈당지표를 틀에 포함하였으며 이러한 지표의 증가와 관련된 심혈관질환이나, 당뇨, 비만, 암을 관련 건강상태로 포함하였다. 또한 단백질에 포함된 질소대사가 과잉으로 일어날 경우 관련될 수 있는 골다공증 등의 골질환과 신부전증과 같은 신질환도 포함하였다.

(2) 단백질 필요량 추정을 위한 분석법

단백질 필요량은 '정상적인 신체 활동을 하면서 에너지 균형을 유지하는 상태에서, 식사로 섭취된 질소량과 질소손실량 사이에 균형을 유지할 수 있는 최소 수준의 단백질량'으로 정의된다 [38]. 체내 질소균형은 그림 1과 같이 질소섭취량에서 질소손실량을 뺀 값으로, 질소섭취량과 질소손실량이 같아 그 차이가 0(zero)이 되는 상태를 질소평형(Nitrogen equilibrium)이라 하며, 일반적인 대사적 요구량 이외에 질소평형에 추가적인 단백질 축적이 요구되는 성장기와 임신 및 수유기와 같은 양(+)의 질소균형점에서는 생리적 과정의 특별 요구량이 고려되어야 한다. 질소균형을 고려한 단백질 필요량 환산에는 일반적으로 요인가산법(Factorial method)과 질소균형 실험법(Nitrogen balance approach)이 사용되고, 최근에는 지표아미노산 산화법(Indicator amino acid oxidation technique)의 활용도 제안되고 있다.

① 요인가산법(Factorial method)

요인가산법은 단백질이 없는 식사를 하는 동안 신체로부터 손실되는 모든 질소 화합물의 양을 측정하고 이 손실량의 합을 질소필요량으로 환산하는 방법이다. 이는 소변, 대변으로 배설되는 질소량과 손톱, 발톱, 머리카락, 피부로부터의 질소 손실량을 합하여 총 불가피 질소 손실량(obligatory nitrogen losses)을 산정한 후 이를 최소 질소필요량으로 정하고 이에 필요한 식사단백질을 추정한다. 그러나 이 방법은 질소평형에 근접할수록 식사단백질의 효율이 감소되어, 이에 근거하여 산출된 단백질량의 섭취 시 실제로는 음의 질소균형이 일어날 수 있다는 단점이 있다 [39]. 또한 손톱, 발톱, 머리카락, 피부로부터의 질소 손실량을 실제로 측정하는 것이 어렵고, 영유아기 및 아동기에 무단백질 식사를 통한 질소필요량 환산은 불가능하여

다른 연령대의 필요량에서 추산된 값으로 환산하여야 한다는 제한점이 있다 [38]. 그러나, 요인가산법은 성장기와 임신 및 수유기의 생리적 조건에서 질소평형 유지뿐 아니라 추가적인 체내 축적 및 모유의 분비에 필요한 단백질을 추정하는 데는 유용하게 이용될 수 있다.

② 질소균형 실험법(Nitrogen balance approach)

질소균형실험법은 식사로 섭취한 질소량과 질소 손실량이 동일한 질소평형점에 도달하기 위해 필요한 단백질을 추정하는 방법으로 기존의 요인가산법보다 실제 질소평형에 필요한 단백질량 추정에 더 근접하므로 널리 활용되고 있다 [38]. 요인가산법 등으로 추정된 질소필요량을 기준으로 몇 가지 단계의 단백질을 대상 성인에게 섭취시키고, 각 수준에서 질소균형을 조사한 뒤 회귀방정식을 유도하여 질소평형을 이루는 질소 섭취량을 산출한다. 여기에 측정이 어려운 피부, 머리카락, 손톱, 발톱의 질소손실분을 추가하여 최소 단백질 필요량을 제시한다. 질소균형 실험법은 성인의 단백질 필요량을 추정하는 최상의 방법으로 이용되어 왔으나 실험 수행 및 통계적 분석법에 있어 한계점을 가지고 있다. 회귀방정식 유도를 위한 세 수준 이상의 단계적 질소섭취량의 적용에 있어 대상자가 적응할 시간이 부족한 점 [40], 그리고 실험값에서 질소평형점에 가까울수록 질소섭취량이 과대평가되고 질소손실량이 과소평가됨으로써 양의 질소균형에 가깝게 산출되어 질소필요량이 실제 필요량보다 낮게 산정되는 문제가 있다 [41]. 또한 회귀분석에 이용된 모델의 추정방법에 따라 질소필요량이 저평가되는 문제를 발생시킬 수 있다 [40]. 대부분의 국가에서 섭취 기준 설정에 사용된 근거자료 [42]는 직선회귀 모델을 이용하였으며, 이에 따라 필요량이 이중선형 모델을 이용했을 때 보다 낮게 산출되었다고 보고되었다(그림 3) [43, 44].

◎ 지표아미노산 산화법(Indicator amino acid oxidation technique)

지표아미노산 산화법은 아미노산의 필요량을 추정하는 방법으로, 최근 대두된 질소균형 실험법의 한계를 보완하고자 단백질 섭취기준 설정에 적용되었다 [44]. 기본 개념은 아미노산 섭취기준 설정에서 자세히 언급될 것이나, 대략적으로 성인의 경우 섭취된 아미노산은 단백질 합성에 이용되거나 산화되며, 단백질 섭취량이 부족할 경우 방사능 표지 탄소(^{13}C)가 단백질 합성에 쓰이지 ④하고 산화되어 $^{13}\text{CO}_2$ 로 방출되는 것을 기본으로 측정한다. 단백질 섭취가 증가할 경우 지표 아미노산의 산화속도가 느려지며, 단백질 필요량이 충족된 질소평형상태가 되면 아미노산 산화가 일정해지는데, 이 지점이 단백질의 섭취 필요량이 된다. 최근 시도된 페닐알라닌 산화를 이용한 단백질 필요량 추정 결과 [43], 질소균형 실험 결과를 바탕으로 한 결과보다 단백질 평균필요량이 다소 높게 산출되기는 하였으나 단백질 섭취기준 설정 근거로 사용될 수 있는 가능성이 있다고 보고된 바 있다 [44]. 노년기 대상자나 임신부의 경우에도 아미노산 산화법을 이용한 단백질 필요량 추정결과가 기존의 섭취기준보다 높다고 보고되었다 [45-47]. 그러나 실험 시 일상식 대신 방사능을 표지한 정제된 아미노산 혼합식을 이용한다는 제한점이 있고, 아직 많은 연구가 이루어지지 않아 질소평형 유지에 필요한 값을 추산하고 단백질 섭취기준에 활용할 수 있는지에 대한 검증이 필요하다.

(3) 단백질 필요량 추정에 영향을 주는 인자들

단백질 필요량 추정에 있어 일반적으로 가장 중요하게 고려되는 요소는 체중이다. 18세 혹은 19세 이상(나라에 따라 다름) 성인의 경우 성별이나 나이보다 체중량에 비례하여 단백질 필요량이 늘어나므로 대부분의 국가에서 질소평형 유지를 위한 성인의 단백질 필요량 산출 시 성별이나 연령에 상관없이 동일한 비율을 적용한다. 성장, 발달, 임신, 수유는 질소평형 유지를 위해 체중 당 필요한 단백질량 외에도 새로운 조직 생성 및 성장에 따른 체단백질 축적이나 모유 생산을 위한 추가 필요량을 요구한다. 이 시기에 단백질 섭취가 부족하면 성장지연 및 저체중아 출산 등으로 이어질 수 있다 [33]. 암, 감염 등과 같은 질병도 일반적으로 단백질의 필요량을 증가시키며, 이 외에도 화상이나 수술에 의해 근육 단백질의 이화작용이 촉진될 경우 체내 단백질 결핍 현상이 발생하여 단백질의 필요량을 증가시킬 수 있다.

섭취 단백질과 직접적으로 연관되어 있는 요인으로는 급원식품의 종류와 소화율 등이 있다. 급원식품의 종류에 따라 구성 아미노산의 성분 및 필수 아미노산 조성이 다르다. 동물성 단백질 및 대두 단백질은 필수 아미노산 함량이 풍부하고 소화율이 높아 질 좋은 단백질로 분류되고, 기타 식물성 단백질은 제한 아미노산의 존재로 체내이용률이 낮으며 소화율 또한 낮은 경향이 있다. 대부분의 서양 식사는 단백질 소화율 보정 아미노산가(Protein digestibility corrected amino acid score, PD-CAAS)가 1을 상회하는 동물성 식품 위주의 식단으로 이루어져 있고, 동물성과 식물성 단백질을 혼합하여 섭취하는 경우에는 동물성 단백질과 큰 차이를 보이지 않음 [48]을 근거로 북미와 유럽의 단백질 섭취기준 설정 시에는 소화율이나 이용효율을 따로 고려하고 있지 않다. 그러나 동물성 단백질 급원이 섭취 단백질의 60-70%를 차지하는 서양에 비해 [49], 우리나라는 50% 이하로 상대적으로 동물성 급원 섭취가 낮고 식물성 급원 섭취가 높아 [50] 단백질 이용효율이 서양보다 낮을 것으로 예상된다. 실제 단백질의 급원 구성비가 유사한 일본에서는 단백

질 필요량 산정 시 90%의 체내이용율을 보정하여 기준설정에 반영하고 있다 [51]. 또한, 최근 채식주의자들이 많아지고 있어 식물성 단백질의 구성비가 높아졌을 때의 이용 효율을 고려해야 하지만 아직 관련 연구는 미비한 실정이다.

그 외에도 최근 운동 [52, 53], 노령 [54, 55] 등이 단백질 필요량에 미치는 영향에 대해 보고된 바 있으나, 아직 일관성 있는 결론에는 이르지 ④하였다. 특히 운동선수의 경우, 일반적으로 경기력 향상을 위해 보통의 단백질 섭취보다 높은 수준의 단백질 섭취가 필요할 것으로 생각되지만, 이에 대한 과학적 근거는 매우 부족하다 [56]. 흡연과 음주 또한 해독작용에 있어 아미노산의 소비를 증가시켜 단백질 필요량에 영향을 줄 수 있으며, 대사적 스트레스나 감염, 면역 작용과 같은 환경적 요인에 대한 노출도 단백질 필요량을 증가시킬 수 있다 [57].

2-2. 결핍 예방을 위한 단백질 섭취기준 및 한국인 섭취실례

단백질의 섭취기준은 6개월 이상 연령층에서는 평균필요량과 권장섭취량을 설정하였고 영아 전반기(0-5개월)에는 충분섭취량을 설정하였다. 0-5개월 영아의 충분섭취량은 평균 모유 섭취량 0.78 L과 모유 내 평균 단백질 함량 12.2 g/L을 바탕으로 산출하였다. 6개월 이상의 모든 연령층에서 단백질의 필요량은 국제적으로 통용되는 질소균형 실험 결과를 활용하되 혼합 단백질 급원의 이용 효율을 반영한 질소평형을 유지하는데 필요한 양으로 추정하였다. 영아기와 성장기의 경우에는 추가로 체내 단백질 축적량, 즉 성장에 필요한 부가 단백질 양을 추가하여 평균필요량을 설정하였다.

질소평형을 유지하는데 필요한 단백질 양은 국제적으로 통용되는 질소균형 실험의 메타분석 결과(그림 3, 왼쪽패널) [42]를 기본으로 활용하여 산출하였다. 이는 미국/캐나다의 단백질 섭취기준 [57] 및 FAO/WHO/UNU 전문위원회 보고서 [58], 유럽식품안전위원회 보고서 [48] 및 일본인의 식사섭취기준 [51] 등 국제적 단백질 섭취기준설정에서도 근거로 사용되고 있다. 식사 단백질 수준 평형을 중심으로 적어도 3개 수준 이상의 질소균형 실험을 한 정량적 연구만을 모아 총 19개 연구 235명의 자료를 분석하여 전체 대상자 평형의 중앙값을 단백질 평균필요량으로 하였으며, 그 값은 0.66 g/kg/일(질소필요량 105 mg/kg/일과 동일)이었다. 소아의 경우에도 질소평형을 유지하기 위한 단백질 양은 0.67 g/kg/일 [59-64]로 성인과 거의 차이가 없다. 그러므로 1세 이상 모든 연령에서 0.66 g/kg/일을 기본으로 두고 이용효율을 적용하였다.

질소균형 실험은 양질의 동물성 단백질 급원식품을 이용하여 측정한 결과로, 일상적인 혼합 단백질 급원 식사를 할 경우에는 체내 이용효율이 감소하는 것으로 알려져 있다. 실제로 일본인을 대상으로 실측된 일상 혼합식의 이용효율은 평균 92.2%로 보고된 바 있으며 [65], 1세 소아의 체중 유지 시의 이용 효율은 이보다 더 낮은 70%로 보고되었다 [59]. 이를 근거로 일본의 단백질 섭취기준 설정에서는 1세부터 성인까지 이용효율이 점차적으로 증가한다는 가설을 바탕으로, 대상자 연령을 다섯 구간으로 나누어 이용효율을 설정 및 적용하고 있다 [51]. 따라서 2020 단백질 섭취기준은 우리와 급원식품 및 생리적 특성이 유사한 일본의 단백질 이용효율 근거자료를 참고하되, 연령을 보정하여 산출하였다(6개월-8세, 70%; 9-11세 73%;

12-14세, 80%; 15-18세, 86%; 19세 이상, 90%).

영아 후기부터 18세까지 성장기의 평균필요량에는 질소평형 유지에 필요한 단백질 양에 체내 단백질 이용효율을 반영한 뒤 성장에 필요한 단백질 양을 추가하여 산정하였다. 성인의 경우 0.66 g/kg/일에 이용 효율 90%를 적용하여 0.73 g/kg/일을 질소평형 유지를 위한 단백질 필요량으로 결정하였다. 75세 이상 노인을 위한 평균필요량의 경우 취약한 섭취실태와 체중감소를 고려하여, 체중을 적용하여 산출한 값 대신 65-74세의 기준을 동일하게 적용하였다. 임신부의 단백질 부가 평균필요량은 요인가산법을 사용하여 비임신 여성보다 추가로 요구되는 모체의 체중 증가와 태아와 모체의 체단백질 축적을 위해 필요한 양으로 산정하였고, 추가량이 요구되지 않는 초기를 제외하고 임신 중기와 후기로 나누어 제시하였다. 수유부의 단백질 부가 평균필요량은 모유생산에 필요한 단백질량은 모유 분비량에 비례한다는 가정 하에 요인가산법을 사용하여 모유 내 평균 단백질 함량을 이용하여 산정하였다. 임신 및 수유부의 부가 필요량과 권장섭취량 산출시에는 일반 성인과 동일한 계수를 적용하였다.

권장섭취량은 평균필요량에 표준편차의 1.96배(1.96SD)를 더해 인구의 97.5 백분위수를 추정된 값으로, 표준편차는 12.5%를 적용하여 [42] 권장량 산정계수 1.25를 산출하고, 평균필요량에 1.25를 곱한 값으로 산출하였다.

각 연령 및 성별군의 모든 산출 결과는 5를 단위로 하여 일의 자리에서 올림한 값을 기준 수치로 결정하였다. 단, 추정량이 낮아 올림을 하면 평균필요량과 권장섭취량이 동일해지는 유아 1-2세의 평균필요량과 임신부 2분기의 부가 평균필요량의 경우는 예외로 하였다.

2015년 섭취기준과 비교하여, 개정된 섭취기준은 성장기 이용효율의 반영과 체위 기준 변화를 기반으로, 성장기와 일부 성인기에서 상향조정 되었다. 2013-2017년도 국민건강영양조사 자료 분석 결과 현재 우리나라 국민의 단백질 평균섭취량은 여성 75세 이상을 제외하고 상향조정 된 평균필요량 보다 높은 수준이었으며(표 3), 에너지 섭취비율은 대부분의 연령대에서 2.5 퍼센타일부터 95 퍼센타일까지 7-20% 기준 범위 내에서 섭취하고 있는 것으로 나타나(표 4) 단백질 섭취는 일부 노년층을 제외하고 결핍이 우려되지 않는 수준으로 나타났다.

(1) 영아기(1세 미만)

급격한 성장이 이루어지는 시기이므로 충분한 양의 단백질 섭취가 필요하다. 이 시기의 단백질 필요량은 신체조직 형성 및 성장 속도와 밀접한 관련이 있다. 또한 급속한 성장을 위해 충분한 열량 섭취가 중요한데, 만약 열량 섭취가 부족하게 되면 단백질이 열량 급원으로 사용되므로 성장 속도가 늦어질 수 있다. 0-5개월 영아의 경우 모유영양으로 단백질 결핍이 보인다고 보고된 바가 없으므로 모유 섭취량과 모유의 단백질 농도를 기준으로 충분섭취량을 산출하였다. 직접적인 모유 섭취량의 측정이 불가능하므로, 영아 전기 산모의 1일 평균 모유 분비량인 0.78 L/일을 섭취량 기준으로 하고, 모유 중 단백질 함량 1.22 g/dL(표 5)을 적용하여 일일 평균 단백질 분비량은 9.8 g/일로 산출하였고, 이를 기반으로 영아 전기의 단백질 충분섭취량으로 10 g/일을 제시하였다.

표 5 | 영아 전기 모유의 단백질 함량 및 영아의 단백질 섭취량¹⁾

6-11개월 영아 후기의 단백질 평균필요량은 측정에 대한 한계에도 불구하고 성인과 동일하게 질소균형 실험법 결과(0.66 g/kg/일)를 근거로 하되 1세의 이용효율 70%를 적용하여 질소평형을 유지하는데 필요한 양을 산출하고, 성장에 필요한 양을 합산하여 산정하였다. 모유의 단백질 이용효율과 우유 단백질의 이용효율은 모두 70% 정도로 알려져 있다 [59]. 따라서 분유나 혼합수유를 하는 경우에도 기준량은 모유로 수유를 하는 경우와 같다고 생각하여 따로 구분하지 않았다. 성장에 필요한 단백질량은 WHO/FAO/UNU 보고서(2007)에서 제시한 6개월 영아기준을 근거로 0.46 g/kg/일을 추가하였고 [58], 평균체중 8.4 kg을 적용하여 평균필요량을 산출하였다. 또한 권장섭취량은 평균필요량에 권장량산정계수인 1.25를 적용하여 환산하였다(표 6).

표 6 | 영아기 단백질 섭취기준 설정 요약

국내에서 조사된 자료 중 모유를 섭취하면서 이유식을 먹는 영아들의 자료는 거의 없다. 대부분이 조제유와 이유식을 함께 먹는 영아들의 자료이며 이들의 자료에서 나온 단백질 섭취량이 대부분 20 g/일을 넘는다(표 7). 이는 우리나라의 영양소 섭취기준이나 미국의 영양소 섭취기준을 초과하는 수준이나 섭취기준을 개정하기 위한 과학적 근거가 충분치 않아 본 섭취기준 개정에 반영하지 않았다. 또한 최근 보고된 연구결과에 의하면, 2세 이하 영아에서 단백질 함량이 높은(1.7-2 g/dL 이상) 조제유 섭취는 체지방량 증가와 상관성이 있는 것으로 나타났으며, 6세가 된 시점에서 이보다 낮은 단백질 함량 조제유 섭취군이나 모유섭취군과 비교했을 때 체질량지수가 유의적으로 높았고 비만위험도도 2.43배로 더 높았다 [74, 75]. 그러나 영아의 섭취수준과 건강위험에 대한 장기간 추적 연구가 필요한 것으로 보이며, 추후에 우리나라 영아에 맞는 산출 근거가 충분히 확보된 후에 섭취기준 상향조정을 고려해 볼 필요가 있다고 사료된다.

(2) 성장기(1-18세)

성장기의 단백질 평균필요량은 질소 평형을 위한 단백질 필요량에 이용효율을 적용하고 성장에 필요한 부가량을 추가한 뒤 이를 연령별 평균 체중과 곱하여 산출하였다. 질소균형 실험법으로 측정된 성장기에 질소평형 유지에 필요한 단백질 양의 근거는 매우 제한적이다. 1개월에서 14세 연령 아동들의 질소 필요량 중앙값은 110 mg N/kg/일(단백질량 688 mg/kg/일)이나, 14-18세 청소년들의 질소필요량은 자료가 충분하지 않아 성인과 동일한 105 mg N/kg/일(단백질량 656 mg/kg/일)로 추정 가능하다고 보고된 바 있다 [57]. 그러나 14세 이하의 경우에도 질소대사가 성인과 크게 다르지 않고, 과학적 증거가 명확하지 않다는 지적에 따라 [48, 58], 질소평형 유지에 필요한 기본량은 성인과 동일하게 적용하되, 연령에 따른 이용효율의 편차를 적용하였다. 또한 성장기에 중요한 성장에 필요한 질소량을 추가하여 최종 평균필요량으로 환산하였다. 성장에 필요한 질소량은 체내 단백질 축적량으로 신체 칼륨(K)조사, 방사능 물의 희석, 또는 이중 에너지 X-선 흡수계측법(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)법 등으로 체구성분을 분석한 자료를 바탕으로 단백질 축적량을 나이에 따라 자연스러운 곡선을 나타내도록 계산식을 산출하였다 [42]. 성별 및 연령 구간별 성장에 필요한 단백질 양은 WHO/FAO/UNU 보고서(2007)에서 제시한 근거를 바탕으로 추가하였다(표 8). 1-5세는 성별에 상관없이 통합하여 산출하였고 6세 이상은 성별을 반영하여 각각 산출하였다(표 9). 또한 권장섭취량은 평균필요량에 권장량산정계수인 1.25를 적용하여 환산하였다(표 10).

2015년 섭취기준에서는 적용되지 않았던 성장기의 단백질 이용효율을 차등 적용한 결과, 성장기 모든 연령구간과 성별에서 단백질 섭취기준이 상향조정 되었다. 2020 개정된 단백질 섭취기준에서 유아의 경우 단백질 평균필요량은 1-2세는 12 g/일에서 15 g/일로, 3-5세는 15 g/일에서 20 g/일로 산정되었다. 권장섭취량은 1-2세는 15 g/일에서 20 g/일로, 3-5세는 20 g/일에서 25 g/일로 산정되었다. 2013-2017년 국민건강영양조사 자료에 따르면, 유아(1-2세, 3-5세)의 1일 평균 단백질 섭취량은 38.1 g/일, 46.3 g/일로 2020 개정된 단백질 권장섭취량을 상회하여 섭취하고 있는 것으로 나타났다(표 5). 그렇지만 1-2세의 2.9%와 3-5세의 3.6%는 2020 단백질 평균필요량 미만으로 섭취하고 있고 이 수치는 전 연령대에서 가장 낮았다 [78, 79]. 어린이 및 청소년(6-8세, 9-11세, 12-14세, 15-18세)의 평균필요량은 남자는 모든 연령대에서 2015년 대비 5 g이 증가하였고, 여자는 6-8세와 9-11세에서는 10 g, 12-14세와 15-18세에서는 5 g이 증가하였다. 2013-2017 국민건강영양조사 분석 결과, 어린이 및 청소년의 1일 평균 단백질 섭취량은 연령 구간

별로 남자는 62.9 g/일, 74.8 g/일, 89.1 g/일, 96.4 g/일이었으며, 여자는 52.3 g/일, 65.2 g/일, 66.4 g/일, 63.5 g/일로 전 연령대에서 평균필요량과 권장섭취량 대비 100%를 상회하여 섭취하고 있었다(표 5). 평균필요량 미만 섭취 분율은 남자 6-8세와 9-11세는 4.9%, 9.6%이었으며, 같은 연령대 여자에서는 각각 11.0%와 12.8%로 10% 내외의 분율을 나타내었다. 그러나 남자 12-14세와 15-18세는 13.2%와 19.3%였으며, 같은 연령대 여자에서는 각각 18.3%와 27.8%로 6-8세와 9-11세보다 다소 높게 나타났다 [78, 79]. 비록 어린이 및 청소년의 1일 평균 단백질 섭취량은 2020 단백질 권장섭취량을 충족하고 있지만, 평균필요량 미만으로 섭취하고 있는 아동들의 경우에는 성장기인 만큼 양질의 단백질을 충분히 섭취할 수 있도록 주의하는 것이 필요하다.

(3) 성인기(19-64세)

성인기의 단백질 평균필요량은 질소 평형을 위한 단백질 필요량에 이용효율을 적용하고 연령별 평균 체중과 곱하여 산출하였다. 질소균형 실험 결과의 메타 분석에서 얻어진 필요량인 0.66 g/kg/일 [42]에 이용효율 90%를 적용하여 0.73 g/kg/일을 질소평형 유지를 위한 단백질 필요량으로 결정하였다(표 11). 또한 권장섭취량은 평균필요량에 권장량산정계수인 1.25를 적용하여 0.91 g/kg/일을 기준으로 하였다(표 12).

성인기의 평균필요량은 2015년과 동일하며, 권장섭취량의 경우도 거의 유사하나 남성 30-49세에서만 평균체중의 증가를 반영하여 5 g 높게 설정되었다. 2013-2017 국민건강영양조사 자료에 따르면 우리나라 성인의 1일 평균 단백질 섭취량은 각 연령구간에서 남자는 88.3 g/일, 88.8 g/일, 82.5 g/일, 여자는 64.3 g/일, 63.0 g/일, 57.8 g/일로 나타났다(표 5). 평균필요량 미만 섭취 분율은 남자는 19.6%, 13.5%, 18.9%로 20% 미만으로 나타났고, 여자는 29.2%, 19.5%, 23.6%로 남자보다 다소 높게 나타났다. 특히, 여자 19-29세의 평균필요량은 2015년과 동일한 기준(45 g/일)이지만 평균필요량 미만 섭취분율이 29.2%로 30%에 가깝게 나타나 충분한 단백질 섭취에 대한 주의가 요구된다 [78, 79].

(4) 노인기(65세 이상)

노인기의 단백질 필요량은 성인기와 동일하게 질소 평형을 위한 단백질 필요량에 이용효율을 적용하고 연령별 평균 체중을 곱하여 산출하였다. 노인의 단백질 섭취기준 산정에 있어 단백질 이용효율 감소를 고려해야 한다는 주장도 있으나, 이용효율이 성인에 비해 감소하는 반면 체중 당 근육의 비율도 감소하므로 체중 당 단백질 필요량은 성인과 유사하다고 가정하였다 [42, 80]. 노인의 단백질 필요량을 증가시킬 필요에 대한 논란이 지속되어 왔으나 최근 노인의 단백질 필요량에 관련된 보고 [54, 55]에서도 현재의 필요량을 높일 만한 실험적 근거가 희박하다고 지적하였으며, 이에 따라 WHO/FAO/UNU 전문위원회 또한 노인의 단백질 섭취기준을 부가적인 섭취 없이 성인과 동일하게 산정하였다 [58]. 최근 일본인의 식사섭취기준(2020)에서도 단백질의 평균필요량을 성인과 동일하게 적용하였다.

남성 65-74세의 단백질 섭취기준은 평균체중의 증가에 따라 평균필요량과 권장섭취량이 2015년 섭취기준에 비해 각각 5 g씩 증가하였다(표 13, 14). 여성의 경우 평균필요량에는 변화가 없었으나 권장섭취량에서 5 g 증가하였다. 2020 체위기준에 의하면 75세 이상 노인의 경우에는 평균 체중이 65-74세에 비해 남성에서 2.3 kg 적고, 여성에서 3.9 kg 적어서 65-74세 기준에 비해 평균필요량이 감소되는 것으로 산출이 된다. 그러나 낮은 단백질 섭취에 따른 근감소증 위험도를 고려하여 75세 이상 노인의 단백질 평균필요량과 권장섭취량은 예외적으로 65-74세와 동일하게 설정하였다. 2013-2017 국민건강영양조사 자료에 따르면 1일 평균 단백질 섭취량은 65-74세와 75세 이상에서 각각 남자 69.2 g/일, 58.0 g/일, 여자 49.6 g/일, 37.7 g/일로(표 3) 65-74세에서는 평균필요량의 100%를 상회하여 섭취하고 있었으나, 75세 이상 여성의 경우에는 평균필요량보다 적게 섭취하고 있는 것으로 나타났다 [78, 79]. 권장섭취량과 비교했을 때는 남자 75세 이상과 여자 65-74세와 75세 이상에서 각각 96.7%, 99.2%, 75.3%의 평균섭취량을 보여 다른 연령군에 비해 상대적으로 낮은 섭취현황을 보였다. 노인기의 평균필요량 미만 섭취 분율은 65-74세와 75세 이상에서 남자는 30.7%, 48.0%, 여자는 35.6%, 60.1%으로 특히 75세 이상에서 평균필요량 미만 섭취분율이 높아 노년기의 충분한 단백질 섭취에 대한 주의가 요구된다.

(5) 임신기

임신 여성의 추가 단백질 평균필요량은 요인가산법을 이용하여 임신기의 질소평형 유지를 위한 단백질량과 체단백질 축적에 필요한 양을 합산하여 추정하였다. WHO/FAO/UNU 전문위원회는 임신 1, 2, 3분기 동안 각각 1, 10, 31 g/일의 추가량을 [58], 유럽식품안전위원회는 임신 1, 2, 3분기 동안 각각 1, 9, 28 g/일의 추가량을 [48] 섭취하도록 권고하고 있다. 위 위원회들은 권장섭취량만을 산정하고 있는 반면, 미국/캐나다 영양소 섭취기준은 임신 2, 3분기 공통으로 평균필요량 21 g, 권장섭취량 25 g의 추가량을 [57], 일본인의 식사섭취기준에는 평균필요량과 권장섭취량을 각각 2분기에는 5 g/일, 10 g/일, 3분기에는 20 g/일, 25 g/일로 제시하고 있다 [51].

임신으로 인한 질소평형 유지필요량 증가는 임신기간 중 발생하는 체중 증가량을 반영하였다. 각 임신 3분기별 체중 증가량인 1.46, 4.88, 11.45 kg [81]에 성인의 평균필요량인 0.73 g/kg/일(0.66 g/kg/일/0.9)을 곱하여 1.07, 3.56, 8.36 g/일의 부가 단백질량을 산출하였다. 임신 1분기의 체단백질 축적 정도에 대한 우리나라 자료가 부족하여 미국/캐나다 영양소 섭취기준 [57]에서 사용한 요인을 적용하였다. 3분기의 체단백질 축적은 7.2 g/일로 측정되었고 2분기 시 축적량은 3분기의 50%로 추정하여, 임신 2분기와 3분기 각각 3.6, 7.2 g/일로 정하였다. 임신부의 순단백질 이용율의 경우, 임신기 여성이 비임신 여성에 비해 순단백질 이용율이 낮다는 과학적 근거가 매우 제한적이고 명확하지 않아, 최근 유럽식품안전위원회의 기준 설정 [48]에서 사용한 것과 같이 일반 성인의 효율인 47% [42]를 적용하였다. 이로써 최종 체단백질 축적 평균필요량을 7.7, 15.3 g/일로 산출하였다. 따라서 임신 여성의 경우 임신 2분기에는 11.2 g/일, 임신 3분기에는 23.7 g/일의 단백질을 추가로 필요로 하여, 부가필요량을 임신 2분기에 12 g/일, 임신 3분기에 25 g/일로 제안하였다(표 15). 임신부의 단백질 부가 권장섭취량은 권장량산정계수 1.25를 적용하여 임신 2분

기에 15 g/일, 임신 3분기에 30 g/일로 산출하였다(표 16). 산출된 평균필요량 및 권장섭취량은 추정량이 낮아 올림을 하면 권장섭취량이 동일해지는 2분기의 부가 평균필요량의 경우는 예외로 하고 나머지는 성인과 동일하게 일괄적으로 일의 자리에서 올림하여 5단위로 수치를 조정하였다.

(6) 수유기

수유부의 단백질 평균필요량은 2015년 한국인 영양소 섭취기준과 동일하게 모유생산에 필요한 단백질은 모유분비량에 비례하여 증가한다고 가정하고 요인가산법을 적용해 산출하였다. 모유분비량은 실제 영아의 섭취량보다는 많으며 섭취량의 변이가 큰 만큼 최대 모유 섭취량은 분비량을 기준으로 하여 0.78 L/일로 하였다. 모유 중 단백질 함량은 표 2의 1.22 g/dL(12.2 g/L)를 적용하였다. 이에 하루 평균 모유 분비량인 0.78 L/일을 곱하여 산출된 1일 평균 모유로 분비되는 단백질량은 9.5 g/일($12.2 \text{ g/L} \times 0.78 \text{ L}$)로 산출된다. 여기에 순단백질 이용율 47%를 적용하여 수유부의 부가 단백질 평균필요량은 20 g/일(표 17), 부가 권장섭취량은 권장량산정계수 1.25를 적용한 값인 25 g/일로 제시하였다(표 18).

WHO/FAO/UNU 전문위원회는 수유 첫 6개월간 19 g/일을, 6개월 후에는 13 g/일을 권고하고 있으며 [58], 유럽식품안전위원회는 수유 첫 6개월간 16 g/일을, 6개월 후에는 12 g/일을 권고하고 있다 [48]. 또한, 미국/캐나다 영양소 섭취기준은 평균필요량 21 g, 권장섭취량 25 g의 추가량을 [57], 일본인의 식사섭취기준에는 평균필요량 15 g, 권장섭취량 20 g의 추가량을 제시하고 있다 [51]. 다른 나라의 섭취기준과 비교해 볼 때 우리의 수유부 섭취기준은 비교적 높은 설정이므로, 차후 우리나라의 1일 평균 모유분비량과 모유의 단백질 함량에 대한 추가 분석을 바탕으로 확인이 필요할 것으로 사료된다.

2-3. 만성질환 위험감소를 위한 단백질 섭취기준

(4) 노쇠/근감소증 위험감소를 위한 단백질 섭취 기준

나이가 들면서 발생하는 노쇠(frailty)는 의도하지 않은 체중감소, 허약, 탈진, 신체활동 저하, 그리고 넘어짐 등으로 특징 지워지는 현상으로 노쇠의 주요 원인 중의 한 가지는 비정상적인 근육량 및 근력손실로 정의되는 근감소증(sarcopenia)으로 알려져 있다. 근육량과 근력의 저하는 노화가 되면서 자연스럽게 예상되는 결과이기는 하지만 신체적 비활동과 저단백질 섭취가 근감소증과 노쇠의 위험인자로 제시가 되면서 노쇠 및 근감소증 예방을 위해 65세 이상 노인의 단백질 섭취기준을 상향조정하는 것에 대한 필요성이 대두되고 있다. 2014년 이후 노쇠/근감소증에 관한 문헌분석결과를 요약하면 노인 대상의 단백질 보충 혹은 고단백 식사섭취가 근감소증/노쇠 지표(근육량과 근력감소)를 억제시키고, 근섬유 생성을 증가시킨다는 연구결과가 꾸준히 보고되고 있다(표 19). 섭취 기준의 경우, 매우 다양(1.0-1.6 g/kg/일)하나 현재 기준인 0.8 g/kg/일 이상의 단백질 섭취가 노쇠와 근감소증 개선에 도움이 된다는 결과가 일관성 있게 제시되고 있다. 우리나라 노인을 대상으로 한 중재연구에서도 1.2 g/kg/일 이상 섭취 시 노쇠와 근감소증 개선에 효과가 있었으나 1.5 g/kg/일 섭취 그룹에서 효과가 더 높았다 [82]. 단면연구의 경우에도 최소 1.1 g/kg/일 이상 섭취를 제시하고 있다 [83].

이러한 과학적 근거를 바탕으로 이번 개정에서 노인의 노쇠/근감소증 위험감소를 위한 단백질 섭취 기준 설정을 검토하였으나, 아직까지 섭취 기준을 제시할 만큼 연구의 수와 질 모두 충분하지 않을 뿐만 아니라 많은 연구에서 단백질 부하량 외 식사로부터 섭취하는 총 단백질량은 보고되지 않았기 때문에 노쇠/근감소증을 개선시킬 수 있는 단백질 섭취량 기준은 이번 개정에서 설정하지 않는 것으로 결정하였다. 그러나, 2013-2017년 국민건강영양조사 자료 분석에서 나타난 바와 같이 75세 이상 노인(특히 여성)의 단백질 섭취량이 1일 권장섭취량에 미치지 ④하고 있으므로 신장질환을 가지고 있지 않는 한, 충분한 단백질 섭취로 노인의 근감소증을 적극적으로 예방할 필요가 있다.

(5) 동·식물성 단백질 섭취 기준

단백질 식품은 동물성과 식물성으로 분류될 수 있으며 일반적으로 동물성 단백질 식품이 식물성 식품에 비해 아미노산의 조성이 우수하고 소화율이 높은 양질의 단백질 식품 급원으로 인식된다. 그러나, 동물성 단백질을 과다 섭취하였을 때 대장암, 당뇨병 발생과 같은 만성질환 위험을 또한 증가한다는 보고들이 있어 만성질환 위험감소를 위한 동·식물성 단백질 섭취기준설정에 대한 문제가 제기되었다.

단백질 섭취 급원에 따른 만성질환 위험도를 살펴보면, 당뇨병의 경우, 성인을 대상으로 한 미국의 코호트 연구에서 가장 높은 동물성 단백질 섭취 그룹이 가장 낮은 섭취 그룹보다 당뇨병의 위험이 13% 높았고, 식물성 단백질 섭취 그룹은 당뇨병의 위험이 9% 낮은 것으로 나타났다 [8]. 유럽의 코호트 연구에서도 동물성 단백질 섭취가 10g 증가할수록 당뇨병 위험이 5% 증가하여 비슷한 결과를 보였으나, 식물성 단백질 섭취는 유의한 상관성을 보이지 않았다 [10]. 중국에서 진행된 단면연구의 경우, 적색육과 도정곡류의 단백질을 많이 섭취하는 그룹에서 동물성 단백질 섭취가 당뇨병 발병과 양의 상관성을 보였고, 두류와 해산물 단백질을 많이 섭취하는 그룹에서 식물성 단백질 섭취가 당뇨병 발병과 음의 상관성을 보였다 [94]. 복부 비만인 폐경기여성을 대상으로 한 중재연구에서는, 4주간 고단백식을 섭취하는 기간 동안 육류 대신 대두 단백질로 치환하여 섭취한 경우 인슐린 민감도가 개선되는 결과를 보였다 [95]. 이와 같이 대체적으로 당뇨병 발병은 동물성 단백질 섭취와 양의 상관성을 보이고, 식물성 단백질 섭취는 당뇨병 개선에 도움이 되는 경향성을 보이나, 아직까지 연구대상자수가 제한적일 뿐만 아니라 동물성 단백질 섭취와 음의 상관성을 보이거나 상관성이 없는 경우도 있어 결론을 내리기에는 근거가 충분하지 ④하다.

식물성 단백질 섭취와 심혈관질환과의 상관성에 관한 연구결과들을 보면, 노인을 대상으로 한 유럽의 한 코호트 연구에서 동물성 단백질 섭취와 혈압과는 유의한 상관성이 나타나지 않았으나 식물성 단백질 섭취가 높은 그룹에서는 5년 뒤 수축기혈압과 이완기혈압이 각각 2.9 mmHg, 1.7 mmHg 낮아졌다 [96]. 그러나, 중국에서 진행된 성인 및 노인대상의 단면연구에서는 혈압과 식물성 단백질 섭취와의 상관성이 유의하지 않았으며 오히려 여성에게서 동물성 단백질 섭취와 혈압이 음의 상관성을 보이는 것으로 나타났다 [97]. 복부비만인 폐경기여성을 대상으로 한 중재연구에서는 육류 대신 대두 단백질로 치환하여 고단백질을 섭취했을 때, 총 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤 등의 지질지표가 감소하는 결과를 보였다 [95]. 종합하면, 단백질 섭취 급원에 따른 심혈관질환 발병과의 상관성은 연구마다 일치하지 않는 결과를 보여, 심혈관 계질환 위험 감소를 위한 단백질 섭취 기준설정을 위한 더 많은 근거가 필요해 보인다.

그 외, 폐경기 여성에게서 식물성 단백질 섭취와 담낭질환 사이에 음의 상관성이 보고되었고 [98], 사망률과 동물성 단백질 섭취는 양의 상관성, 식물성 단백질 섭취와는 음의 상관성이 보고된 바 있다 [99]. 노인의 노쇠 및 근감소증과 관련하여서는 동물성 단백질 섭취와 악력 [90], 식물성 단백질 섭취와 골격근량이 각각 양의 상관성을 보이는 것으로 나타났다 [100].

결론적으로, 당뇨병, 심혈관계 질환 및 기타 만성질환과 동·식물성 단백질 식품 섭취와의 연관성이 여러 연구들을 통해 보고된 바 있으나 결과에 일관성이 부족하고, 대부분 관찰 연구 디자인이거나 연구대상자수가 적어서 해석에 제한이 있다. 최근, 단백질 섭취 급원의 구분이 비교적 명확한 채식주의자들이 증가하고

있으나 이들을 대상으로 한 연구도 거의 없어 만성질환 위험감소를 위한 동·식물성 단백질 섭취기준을 도출하기에는 아직 근거가 부족하다.

3

건강 유지 및 증진을 위한 아미노산 섭취기준

3-1. 건강을 위한 아미노산 섭취기준 설정 시 고려사항

(1) 아미노산 섭취기준 설정을 위한 분석틀

간으로 유입되는 메티오닌(methionine)은 약 50% 이상이 S-아데노실메티오닌(S-adenosylmethionine, SAMe)으로 전환된 후 [101] 호모시스테인(homocysteine)으로 전환되게 되는데 이 호모시스테인이 베타인(betaine) 또는 methyl-tetrahydrofolate(MTHF)로부터 메틸기를 공여 받아 재메틸화(remethylation) 되어 다시 메티오닌을 형성하게 된다. 만일 재메틸화가 정상적으로 이루어지지 않으면 혈중 호모시스테인의 농도가 증가하게 되는데 이는 심혈관계 질환과 밀접하게 연관되어 있다 [102]. 또한 메티오닌은 대사과정 중에 trans-methylation pathway를 통해 시스테인(cysteine)을 합성하고 강력한 항산화물질인 글루타치온(glutathione, GSH)과 생리조절물질인 타우린의 전구체로서 이용된다 [103]. 합성된 SAMe는 우울증 치료에 효과를 보이는 것으로 연구되고 있다 [104-106]. 또한 메티오닌은 임상시험에서 면역기능을 돕는 것으로 보고가 되었다 [107]. 메티오닌으로부터 합성되는 GSH는 항산화 기능을 하며 간 질환자의 간 GSH 농도는 감소하는 것으로 알려져 있다(그림 4) [108].

류신, 이소류신, 발린은 측쇄아미노산(branched-chain amino acid, BCAA)으로 근육의 합성을 촉진하고 분해를 억제하는 기능을 하며 운동 시 피로 극복과 수술 후 신체 회복 촉진에 쓰이기도 한다. 류신(leucine)은 특히 단백질 분해를 억제하고 합성을 촉진한다 [109-111]. 또한, 류신을 포도당(glucose)과 섭취할 경우, 인슐린(insulin)의 분비를 촉진하여 혈중 포도당을 낮춘다는 연구가 보고되었다 [112]. 과량의 류신은 트립토판(tryptophan)으로부터 나이아신(niacin)이 생성되는 것을 저해하기 때문에 펠라그라(pellagra)의 병변이 될 수 있다 [113]. 세린(serine)/트레오닌(threonine) 단백질 인산화효소인 mammalian target of rapamycin(mTOR)는 세포 성장, 세포 증식, 세포운동성, 세포 생존, 단백질의 합성 및 전사를 조절하고 류신 및 BCAA는 mTOR에 작용하여 식욕 조절 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(그림 5) [114].

이소류신(isoleucine)과 발린(valine)은 BCAA 중 하나인 류신과 함께 단백질 분해를 억제하고 합성을 촉진한다 [115, 116]. 또한 류신과 마찬가지로 인슐린(insulin)의 분비를 촉진하여 혈중 포도당을 낮춘다는 연구가 보고되었다(그림 6, 그림 7) [117].

라이신(lysine)은 다른 필수아미노산들과 마찬가지로 근육 단백질의 교체(muscle protein turnover)에 관여하는 것으로 보인다 [118]. 특히 라이신은 신장에서 아르기닌(arginine)을 분해하는 효소인 arginase의 발현을 증가시켜 아르기닌의 분해를 증가시킴으로써 길항작용(antagonism)을 하므로 아르기닌과의 적당한 비율을 유지하는 것이 중요하다 [119]. 라이신은 어린이의 성장과 뼈 발달에 필요하며 아르기닌과 함께 섭취할 경우, 성장호르몬(growth hormone, GH)의 분비를 촉진시키는 것으로 알려져 있다 [120]. 아르기닌과 라이신의 비율이 척추동물의 경골을 만드는 세포인 조골세포(osteoblast)에 작용하는 것으로 보고된 바 있다 [121]. 또한 라이신과 아르기닌의 섭취는 면역기능 향상에도 기여하는 것으로 보인다 [122]. 라이신이 부족한 식이를 섭취하는 경우 성장 지연뿐만 아니라 빈혈을 일으킬 수 있다는 보고가 있다(그림 8) [7].

페닐알라닌은 인슐린 증가에 영향을 주며, 이 인슐린 농도는 페닐알라닌 보충으로 더욱 증가하게 된다 [123]. 설치류의 경우 지방세포에서 페닐알라닌은 인슐린 자극에 의한 포도당 이용을 증가시키는 작용을 한다고 보고된 바 있다 [124]. 페닐알라닌은 만복감을 증가시키며 콜레시스토키닌 방출을 야기해 에너지와 식품섭취를 감소시킴으로써 최종적으로 과체중과 비만을 예방한다 [125]. 또한, 페닐알라닌과 같은 아미노산은 간에서 대사 되므로 간 손상 환자에게는 페닐알라닌 대사가 감소된다 [126, 127]. 따라서 L-[1-13C] phenylalanine breath test(PBT)로 간 기능을 평가할 수 있으며 간 손상 환자에서 이 수준은 감소한다고 보고되었다(그림 9) [127-131].

3-2. 결핍 예방을 위한 아미노산 섭취기준 및 한국인 섭취실태

2020년 아미노산의 섭취기준은 2015년 섭취기준을 기본으로 2020년 한국인 체위기준에 맞춰 새로 계산되었으며 2015년 이후 보고된 연구들을 바탕으로 충분한 과학적 근거가 제시되었을 때 부분 변경을 하였다.

(1) 영아기(1세 미만)

모유는 만 1세 이하, 특히 생후 4-6개월 동안의 영아에게 있어서 최적의 영양 공급원인 동시에 유일한 영양원이다 [132]. 따라서 영아의 필수아미노산 필요량(mg/L)은 모유 단백질(mg 아미노산/g 단백질)에 함유된 평균 아미노산 조성값에 모체로부터 얻는 평균 단백질 12.2 g/L을 곱하여 산출한다 [133]. 0-6개월의 영아에 대한 충분섭취량은 하루 평균 750 mL의 모유를 섭취하는 것을 기본으로 하였으나 [133], 0-5개월 까지 영아의 모유 섭취량을 성숙유인 생후 4주부터 20주까지의 모유 섭취량으로 측정한 10편의 국내 논문 자료를 활용하여 계산한 결과, 677-782 mL의 모유를 섭취한 것으로 나타났다. 이를 근거로 하여 영아의 모유 섭취량을 이전보다 30 mL 추가된 780 mL와 체중 당 섭취량으로 결정한 데에 따라 영아의 아미노산 충분섭취량이 변경되었다 [134].

모유 이외의 영양소를 섭취하기 시작하는 6개월 이상의 영아부터는 영아 후기로 분류되며 이 시기의 단백질 섭취가 중요하게 여겨진다. 특히, 6개월 이후의 영아의 경우 모체로부터 공급받은 철분이 고갈되며 빈혈이 초래될 수 있다. 따라서 소고기 등 육류의 섭취가 권장된다. 영아 후기의 평균필요량과 권장섭취량은 변동된 체위기준을 적용하여 섭취기준을 산출하였다(표 21) [135].

(2) 성장기(1-18세)

성장기의 필수아미노산 필요량 추정에는 평균 요구량과 개개인의 다양성에 적합한 요인가산법이 사용되었다. 요인가산법을 이용한 개개인의 필수아미노산 평균필요량 추정치는 성장을 위한 아미노산의 필요량으로 계산되었는데, 평균 단백질 축적 비율과 체단백질의 평균 아미노산 조성값을 곱하여 산출되었다. 성장기의 필수아미노산에 대한 권장섭취량은 신체 성장과 유지에 대한 변이를 고려하여 성인의 변이계수(12.5%)를 적용하였다(표 22).

너지와 다량영양소

(3) 성인기(19-64세)

성인은 2015년 KDRI를 기초로 하여 2020년 영양소 섭취기준 체위기준에 따라 성별, 연령별 대표 체중 kg 당 필수아미노산 섭취 기준량을 산출하여 표 23에 제시하였다.

(7) 노인기(65세 이상)

노인기를 대상으로 한 아미노산의 연구결과가 많지 않아 2015년과 같이 책정한 후 변동된 체위기준을 적용하여 평균필요량 및 권장섭취량을 산정하였다. 이를 바탕으로 노인의 아미노산 요구량은 나이별, 성별 요인을 적용하여 산출하였다(표 24).

(8) 임신기 및 수유기

임신부는 임신 기간에 단백질 필요량이 증가됨에 따라 필수아미노산 필요량 또한 증가된다. 총 단백질에 대한 임신부 여성의 평균필요량이 0.88 mg/kg/일이므로 비임신부 여성의 아미노산 평균필요량에 1.33을 곱해주고 그 값을 반올림하여 최종 산출하였다. 임신부를 위한 아미노산의 권장섭취량은 평균필요량에 19세 이상의 성인을 대상으로 산출된 단백질 변수를 곱하는 것으로 평균필요량×1.25로 책정하였다. 수유부의 평균필요량은 비수유부 여성의 아미노산 평균필요량에 초기 6개월 동안의 모유 아미노산 평균량(mg/kg/일)을 더한 값으로 산출하였다. 수유기의 필수아미노산 권장섭취량은 수유부의 총 단백질을 위한

것으로 변이계수 12.5%를 고려하여 산정하였다. 2015년과 2020년의 체위 기준치에 변동이 없어 2015년과 동일하게 작성하였다(표 25).

3-3. 만성질환 위험감소를 위한 아미노산 섭취기준

현대인의 주된 질환이라고 할 수 있는 만성질환으로는 당뇨 및 심혈관계 질환이 있으며 이와 높은 관련이 있는 질환인 비만 또한 현대사회에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 특히, BCAA로 분류되는 류신, 이소류신, 발린, 라이신의 경우 인슐린저항성을 낮춰주는 효과가 있는 것으로 보고되었으며, 일부 연구 결과에서 BCAA의 섭취는 비만 유병률을 낮추는 효과를 나타내었다 [136]. 이러한 인슐린저항성과의 연관성으로 인해 BCAA는 당뇨병의 발병 기전에 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 보인다 [137]. 하지만 최근 연구들에 따르면 고지방 식이와 BCAA를 함께 섭취할 경우, 인슐린 저항성이 오히려 증가하였다는 결과 [138]도 있어 해당 논란에 대한 연구가 더 필요할 것으로 보인다. 심혈관계 질환 및 신장질환 등에 있어 아르기닌의 섭취가 이를 개선한다는 연구결과도 보고되었다. 아르기닌의 섭취로 인한 혈관확장이 심혈관계 질환에 영향을 미치는 것으로 보인다 [139]. 이러한 아르기닌의 기능은 신장질환을 가진 환자에서도 비슷한 효과를 보였다. 그러나 아직 관련된 연구가 충분하지 않으며 만성질환의 경우 다양한 합병증 및 질병의 진행 속도와 양상, 예후 등을 예측하기 어려워 이와 관련된 전반적인 목표량 설정에 영향을 주는 인자로 반영하기엔 아직까지 어려움이 있다.

4 안전확보를 위한 섭취기준

단백질의 기능 및 역할에서 전술한 바와 같이, 기존의 과학적 근거 자료는 짧은 기간 동안의 고단백질 섭취에 대한 연구로부터 보고되어, 단백질의 장기적인 과잉섭취가 건강상태 및 질병에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 아직 근거 자료가 부족한 상황이다. 과잉 단백질 섭취는 비만, 당뇨병, 심장질환, 뇌졸중, 암의 위험 증가와 관련성이 보고된 바 있으나, 질병 발병 위험과의 인과관계를 규명하기에는 아직 과학적 근거가 부족한 실정이다. 또한 에너지섭취 비율을 고려할 때 단백질 섭취의 감소 및 증가는 다른 에너지원 영양소인 탄수화물, 지질 등의 비율 변동을 의미하므로 보다 신중한 결과 해석이 요구된다. 고단백질의 식사 및 단백질 보충제의 섭취가 증가하고 있는 상황을 고려할 때 단백질 과잉섭취의 안전성에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 한편, 21세기 들어 식품산업 분야에서 건강기능식품 개발이 새로운 패러다임으로 대두되어 다양한 체내 생리활성물질로 작용하는 각종 아미노산과 아미노산 유도체 등을 원료로 하는 건강기능식품이 출시되고 있다. 최근 국민건강영양조사 결과에 따르면 식생활의 서구화에서 비롯된 육류 섭취 증가로 식품을 통한 단백질 및 아미노산의 섭취가 증가하는 추세이며, 일부 연령층은 영양 보조제 섭취율 증가에 따른 이들 영양소의 과잉섭취를 걱정해야 하는 시점에 이르렀다. 그러나, 한국인의 아미노산 섭취 실태에 대한 연구 자료나 데이터베이스 등이 없어 실제 개별 아미노산의 섭취 실태를 파악하는 것이 현재로서는 어려운 실정이다. 근육량 및 근력 증가, 면역력 증가 등을 목적으로 개별 아미노산 보충제 혹은 건강기능식품 섭취가 꾸준히 증가하고 있는 만큼 향후 아미노산 섭취 안전 확보를 위한 다양한 근거가 마련되어야 할 것으로 사료된다.

5 주요 급원식품

단백질의 주요 급원식품은 단백질을 구성하고 있는 아미노산의 종류와 함량에 따라 다르게 분류된다. 대표적 급원식품인 동물성 육류(소고기, 돼지고기, 닭고기), 생선, 달걀, 우유 및 유제품(치즈, 요거트) 등은 필수아미노산이 충분히 함유되어 있는 완전단백질의 주요 급원식품이다. 필수아미노산이란 체내에서 생합성 될 수 없어 식품으로부터 섭취해야 하는 아미노산을 말하며, 이러한 필수아미노산이 풍부한 단백질 식품은 인체의 정상적인 성장과 영양적·생리적 기능 유지를 돕는다. 곡류, 견과류, 대두 등의 식물성 식품은 필수아미노산을 가지고 있으나 몇 종류의 필수아미노산이 양적으로 부족하다. 식품에 함유된 필수아미노산 중 가장 적게 함유된 아미노산을 제1 제한 아미노산이라고 하며 다른 필수아미노산이 충분히 있어도 이 부족한 아미노산으로 인해 다른 아미노산의 사용이 제한된다. 따라서 모든 필수아미노산이 필요한 비율로 존재하여야만 단백질의 이용이 원활하게 이루어질 수 있다. 이렇게 모든 필수아미노산을 골고루 함유한 단백질을 양질의 단백질이라고 한다. 대부분의 동물성 단백질은 필수아미노산을 골고루 함유하고 있는 완전 단백질이나 식물성 단백질은 한 가지 이상의 필수아미노산이 부족하여 불완전 단백질인 경우가 많다. 따라서 불완전 단백질을 섭취할 경우에는 서로 보강할 수 있는 식품을 같이 섭취하는 것이 체내에서 효과적으로 단백질 및 아미노산이 이용될 수 있도록 하는 방법이다. 예를 들면, 쌀에는 라이신이, 콩에는 메티오닌이 부족하므로 쌀과 콩을 혼식하면 영양가를 높일 수 있다. 대두는 식물성 식품이기는 하나 단백질이 35-40%로 많이 함유되어 있을 뿐만 아니라 질이 우수하여 세계적으로 중요한 단백질 식품으로 꼽힌다. 곡류는 단백질의 함량은 높지 않으나 한국인의 주식으로 섭취량이 높기 때문에 간과할 수 없는 단백질의 급원식품이다. 식물성 단백질을 혼합하여 섭취하는 것과 동물성 단백질을 섭취한 것의 이용 효율에 유의적 차이가 없다고 알려져 있으나 [42] 순수 식물성 단백질만 섭취하는 사람은 달걀, 우유 등을 보강하여 단백질 이용률을 높이는 것이 바람직하다.

2017년 국민건강영양통계에 따르면, 우리나라 국민의 식품군별 단백질 섭취분율은 육류가 29.7%로 가장 높았고, 곡류와 어패류가 각각 27.1%, 13.6%로 뒤를 이었으며, 이후 채소류 6.1%, 두류 4.9%, 우유류 4.9%, 난류 4.7%, 양념류 3.1%, 과일류 1.4%, 종실류 1.1% 순이었다 [140]. 육류와 어패류와 같은 동물성 식품의 섭취가 여전히 단백질 섭취에서 높은 비율을 차지하고 있지만, 단백질 섭취량에 대한 주요 급원식품의 순위를 살펴보면, 백미가 가장 높았고, 돼지고기, 닭고기, 소고기, 달걀이 그 뒤를 이었다. 그 외 단백질 주요 급원식품 및 식품 100 g 당 단백질 함량은 표 27에 제시되었다 [141]. 그림 10은 주요 급원식품의 1회 분량 당 함량을 19-29세 성인의 2020 단백질 권장섭취량과 비교한 것으로, 1회 분량의 단백질 함량이 가장 높은 식품은 새우와 가다랑어로, 각각 22.6 g, 17.4 g이었다. 또한 닭고기, 돼지고기, 소고기와 같은 육류의 단백질 함량은 10-14 g으로, 19-29세 성인이 1일 권장섭취량에 도달하기 위해서는 남자는 5-6회 분량을, 여자는 4-5회 분량을 섭취해야 함을 알 수 있다. 단백질 고함량 식품에 대한 순위는 표 28과 같다.

한편, 식품마다 아미노산의 종류와 함량이 다르기 때문에 각 아미노산의 급원식품 역시 다르다(표 29). 류신, 이소류신, 발린은 육류와 근육류 식품에 많이 함유되어 있고 콩도 좋은 급원이다. 라이신은 소고기와 가금류에 많이 함유되어 있다. 메티오닌의 경우, 달걀, 치즈, 닭고기, 생선, 소고기 등에 많이 함유되어 있으며, 페닐알라닌의 식품 급원으로는 달걀, 닭, 간, 소고기, 우유 그리고 콩이 있다 [143]. 트레오닌은 고타 치즈, 가금류, 어류, 육류, 렌틸콩, 참깨 등에 함유되어 있다. 트립토판의 경우 고단백 식품과 유제품이 좋은 급원이며, 특히 초콜릿,オート밀, 우유, 가금류에 많이 함유되어 있다. 히스티딘 또한 다른 아미노산들과 마찬가지로 육류, 가금류, 생선, 유제품에 많이 함유되어 있으며, 일부 곡류를 통해서 섭취할 수 있다.