

대사량의 측면에서 본 비만

김수진, 신상원, 김호준

분당 차 한방병원 한방 재활의학과

Obesity from the viewpoint of metabolic rate

Su-Jin Kim O.M.D. Sang-Won Shin O.M.D. Ho-Jun Kim O.M.D.

Dept. of Oriental Rehabilitation Medicine, Bundang CHA Oriental Medical Hospital

The obesity is the matter of the energy balance in essential. The energy balance in human body is energy expenditure subtracted from energy intake. The energy intake is mainly supplied by carbohydrates, proteins and lipids in food, and the energy expenditure is composed of basal metabolic rate or resting energy expenditure, physical activity and thermogenesis including diet-induced thermogenesis. The resting energy expenditure is measured by direct calorimetry and indirect calorimetry. Generally we can simply use predictive equation with the variables of weight, height, age and fat-free mass to yield metabolic rate. But there is discrepancy between the estimate and real metabolic rate because the equations can not reflect individuality and environments. The resting energy expenditure is influenced by many factors but the fundamental factor is fat-free mass.

We briefly reviewed the concept and evaluation of the energy balance, intake and expenditure, which are important parts in the study of obesity. Finally, we surveyed the correlation between metabolic rate and obesity and suggested applicable herb medications to increase metabolic rate.

Key words : energy balance, resting energy expenditure, fat-free mass, indirect calorimetry

I. 서론

비만의 전세계적인 증가 추세는 사회적 변화에 기인하는 것이다. 급진하는 현대화는 영양 과잉과 비활동적인 생활 양식을 가져오게 하였는데, Pasman 등¹⁾은 이러한 양상을 '비정상적 환경에 대한 정상적인 체중의 적응'이라고 지적하기도 하였다.

최근 들어 비만 환자의 수는 선진국뿐만 아니라 개

발 도상국에서도 급격히 늘고 있다. 국내에서도 예외가 아니어서 국민 영양 조사 보고서²⁾에 따르면 체질량 지수 25kg/m² 이상의 비만 유병율이 1995년의 20.5%에서 1998년에는 26.3%로 높아지고 있고 다른 여러 역학 조사들³⁾에서도 비만 관련 질병의 국내 유병률이 증가 추세에 있다고 보고하고 있다. 이는 국내에서도 세계 여러 나라와 마찬가지로 비만을 단순히 미용상의 문제로 다룰 것이 아니라 건강을 위협하는 중요한 질병의 하나로 다루어야 할 필요성을 제시

■ 교신저자 : 김수진, 경기도 성남시 분당구 아람동 분당차한방병원 한방재활의학과(463-712)
Tel : (031)780-6115, E-mail : maysoo55@hanmail.net

한다고 할 수 있다.

이러한 비만의 발생 기전은 에너지의 불균형으로 이해할 수 있는데, 체내에서 필요한 에너지 보다 과다하게 에너지를 섭취하거나, 섭취 에너지보다 소비 에너지가 상대적으로 적은 경우에 비만이 발생한다고 보는 관점이다. 열역학 제 1 법칙에 따라 에너지는 생성되지도 소멸되지도 않고 총 에너지는 보존되기 때문에 섭취 에너지(energy in)와 소비 에너지(energy out)의 차가 양의 부호를 가질 때 체중이 증가하게 된다²⁾.

실제로 비만이 에너지 섭취 과다에 기인하는지 아니면 소모량 감소에 기인하는 지는 아직도 불확실한 부분이나, 어쨌든 건강과 적절한 체중 유지를 위해서는 에너지 섭취량과 소비량 사이에 적절한 균형을 이루는 것이 중요하다. 따라서 여기서는 비만 연구의 중요한 부분인 에너지 균형과 에너지 섭취, 에너지 소비에 대한 개념과 평가에 대해 간단히 정리하고, 특히 대사량과 비만과의 상관 관계에 대해 살펴 보고자 한다.

II. 본 론

1. 에너지의 개념과 에너지 측정법

에너지란 내적, 외적인 일을 할 수 있는 인간의 능력이라고 정의할 수 있다. 에너지는 자연에서 태양의 빛 에너지, 우라늄의 핵 에너지, 전기 에너지, 석유에서의 화학 에너지 같은 다양한 형태로서 존재하며, 또 다양한 형태로서 상호 작용할 수 있다.

이러한 형태의 에너지 중에 4가지가 인간의 신체에서 중요한 작용을 한다. 우리의 몸은 음식물의 화학적 에너지를 저장하여 전기 신경 자극을 일으키는 전기 에너지를 제공하고, 열을 발생시켜 체온을 유지하며 근육을 수축하는 기계적 에너지로서 작용한다. 따라서 우리 인체가 사용하는 에너지의 근원은 태양 에너지이며 궁극적으로 동식물이 저장한 탄수화물, 지

방, 단백질의 형태로 섭취되어 에너지 대사과정을 거쳐 ATP(adenosine triphosphate)로 전환되어 사용되는 것이다⁴⁾.

신체는 활동하고 있는 동안에 가장 많은 에너지를 필요로 한다. 신체가 하루에 활동하는 데 필요한 에너지가 어느 정도인가 하는 것은, 음식물의 섭취에서 얻어진 에너지가 신체에서 이용되어 얼마 만큼의 에너지를 생산하는가를 측정하면 알 수 있다. 신체에서 발생하는 에너지 즉, 대사의 측정법에는 직접적인 방법과 간접적인 방법이 있다. 대사율(칼로리kcal/체중kg/시간hr)은 단위 시간에 신체에서 발생하는 에너지를 말한다⁵⁾.

1) 직접적 에너지 측정법(direct calorimetry)

일반적으로 어떤 외부 활동을 하지 않는 경우, 전신의 대사는 주어진 시간에 발산된 열의 전체 양을 측정하여 알 수 있다. 직접적인 측정 방법은 사람이 특수하게 지어진 밀폐된 공간으로 들어가서 주변을 둘러싸고 있는 물의 온도 상승을 측정함으로써 인체의 소비 열량을 측정하는 방법이다. 이 방법은 인체의 대사를 비교적 정확하게 측정할 수 있는 방법이나, 비용이 많이 들고 특수한 설비가 필요하며 시간이 많이 들기 때문에 사용이 제한된다(Fig.1)⁶⁾.

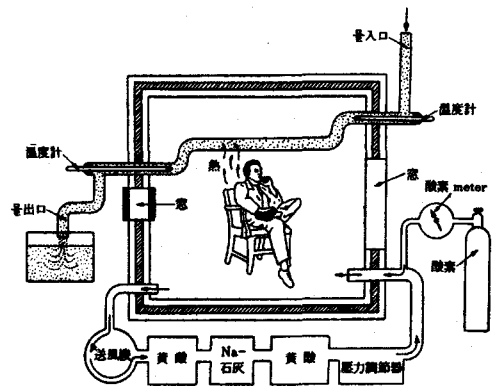


Fig. 1. Direct Calorimetry

2) 간접적 에너지 측정법(indirect calorimetry)

인체에서 소비되는 에너지의 95% 이상이 식품과 산소의 반응에서 나오게 되기 때문에, 산소 소모량의 정확한 측정으로 대사율을 간접적으로 측정할 수 있다. 이 방법은 직접 측정법보다 기구가 비교적 간단하고 신속하면서도 정확하게 측정할 수 있다.

보통 산소의 양을 5-10분간 측정한 후 표준화된 조건에서 미리 산출된 산소와 열량 사이의 관계식으로부터 소모된 에너지를 계산한다. 산출치에 의하면 1 리터의 산소 소비는 4.82kcal의 에너지를 발생시킨다. 탄산가스 방출량으로도 대사율 계산을 할 수 있으나 산소를 기초로 한 것이 변동의 차이가 적어 보통 산소 흡입량을 사용한다^{6,8)}.

(1) 직접적인 호흡열량계(whole body respiratory chamber) 이용법

측정 대상자가 있는 밀폐된 공간에 실내의 O₂농도가 항상 일정하게 유지되도록 산소를 공급하여 그 양을 산소 실린더에 부착되는 계량기로 읽으면 산소 소비량을 알 수 있다⁹⁾.

(2) 폐쇄회로 폐활량 측정법(closed-circuit indirect calorimetry)

폐쇄된 통속에 순수한 O₂를 채워두고 통속의 공기를 흡입한 후 내쉬는 숨을 다시 통에 보내며, 일반 판막을 사용하여 탄산가스는 흡수시키고 감소된 산소량을 부착된 기록표에 의해 측정한다. 이러한 폐쇄식으로 고안된 것으로는 Knipping spirometry와 Rosa-Benedict spirometry 등이 있다^{6,9)}.

(3) 개방회로 폐활량 측정법(open-circuit indirect calorimetry)

일반 판막을 통하여 공기를 흡입한 다음 내쉬는 숨을 더글라스 백(Douglas bag) 또는 커다란 폐활량계에 채집한다. 내쉬는 숨 속의 산소 함량과 휴식 공기

의 산소 함량의 차이로부터 산소 소모량을 계산한다. 이러한 개방식에는 Douglas bag calorimetry(Fig.2)와 gas analyzer 등이 있다^{6,9)}.

이 외의 간접적 에너지 측정법으로는 computerized metabolic carts와 휴대형의 간접열량계(Fig.3)등이 있다. 특히 이 휴대형의 간접열량계는 기존의 방법이 비용이 많이 들고 측정이 불편한 것을 보완한 장치로 사용이 용이하고, 비교적 정확하여 실험실 밖에서 많이 사용되고 있다¹⁰⁾.

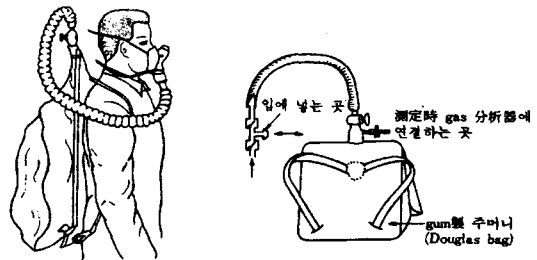


Fig. 2. Douglas Bag Indirect Calorimetry

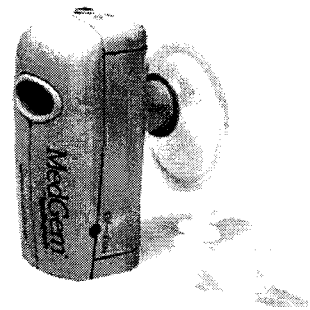


Fig. 3. 휴대형 Indirect Calorimetry

3) 예측 공식을 이용한 대사량 산출법

이러한 측정법 외에, 보통 대사량을 산출하는 일반적인 방법은 체중, 신장, 성별, 연령, 체지방량 등을 변수로 하는 예측 공식을 이용하는 것이다. 1919년

Harris와 Benedict는 성별에 따라 신장, 체중과 나이로 기초 대사량을 계산할 수 있는 새로운 공식을 제시하였고, 이를 바탕으로 하여 WHO/FAO/UNU에서는 1985년 성별 및 연령에 따라 신장, 체중을 입력하는 공식을 발표하였다^{3,11)}.

① Harris-Benedict formula

$$BMR = 655 + 9.5(\text{Weight}) + 1.9(\text{Height}) - 4.7(\text{Age})$$

② WHO/FAO/UNU formula

$$BMR = 13.3(\text{Weight}) + 3.34(\text{Height}) + 35$$

또한 기초 대사량에 가장 큰 영향을 미치는 제지방량(fat-free mass, FFM)을 변수로 하는 공식에 대해 많은 연구들이 행해졌는데, Cunningham은 제지방량과 관련이 있는 8개의 공식들을 조정하여 새로운 기초 대사량 예측 공식을 세웠다¹²⁾.

③ Cunningham formula

$$BMR = 370 + 21.6(\text{FFM})$$

이 외에도 각각의 변수를 이용한 예측 공식에 대한 다양한 시도가 있어 왔는데, 측정법이 엄격한 환경적 통제와 특수한 장비가 필요하여 쉽게 측정할 수 없다는 제한점이 있기 때문에 간단한 항목을 적용하여 계산할 수 있는 공식에 대한 연구는 현재까지 계속되고 있다.

그러나 대사율은 개인마다 다르고 또 시간의 흐름에 따라 변화하며 영양섭취, 질병, 호르몬, 스트레스, 열 등 여러 요소로부터 영향을 받게 되므로, 추정에 의한 방법은 이런 많은 변수를 반영하지 못하여 실제의 대사량과 차이가 있을 수 있다. Foster 등¹³⁾은 동일한 신체조건을 가진 5명의 건강한 사람의 휴식 대사량을 비교 하였을 때 Harris-Benedict 예측 공식에 의할 때는 같은 결과가 나올 수밖에 없으나, 간접 열량 측정법으로 실제 측정했을 때 최대 900kcal의 차이를 보일 정도로 개인차가 크다고 하였다. 또, Hunter 등¹⁴⁾은 여러 질환을 가진 환자들을 대상으로

예측공식으로 산정한 경우와 간접 열량 측정법으로 이용하여 나온 휴식 대사량을 비교하였는데 환자는 일반인들에 비해 훨씬 오차 범위가 클 수 있으므로 대사량의 측정이 필요하다 하였다.

2. 에너지 소비(energy expenditure, EE)의 요소

ATP를 형성하기 위한 에너지원들은 탄수화물, 지방, 단백질에 저장된 에너지에서 나온다. 에너지 섭취는 음식물 중의 에너지 함량(탄수화물 4kcal/g, 단백질 4kcal/g, 지방 9kcal/g, 알콜 7kcal/g)으로 나타내는데, 체내에는 지방, 글리코겐, 단백질로 저장될 수 있다. 이러한 음식물 섭취로 획득된 에너지는 생명 유지를 위하여 절대적으로 필요한 기초 에너지 소모량(basal energy expenditure), 신체 활동에 의한 에너지 소모량(activity energy expenditure), 추위나 음식물 섭취에 의해 유도되는 적응열 발생(adaptive thermogenesis)에 의한 소모 등으로 소비된다¹⁵⁾.

1) 기초 대사량(basal energy expenditure, BEE)과 휴식 대사량(resting energy expenditure, REE)

기초 대사량 또는 기초 대사율(basal metabolic rate, BMR)은 체온 유지, 혈구 생성, 폐 호흡, 심장 박동과 같이 생명 유지를 위한 생리적 과정을 진행하는데 필요한 최소한의 대사 활동량으로 정의한다. 기초 대사량은 최소 10시간의 금식 후, 아침 기상시에 신체 활동과 정신적 스트레스를 제한하고 적절한 온도와 편안하고 조용한 분위기에서 누운 채로 30분 정도 휴식을 취한 후 측정하게 된다. 마지막 식사 후 10시간은 음식의 소화 과정이 완전히 끝난 상태에 도달하는 것을 의미하는 것으로 이 시점에서는 식이 유도 열발생(diet-induced thermogenesis, DIT)에 의한 에너지 소비의 영향을 받지 않게 된다. 이러한 DIT의 영향의 없어지는 시점에 대해서는 8시간에서 18시간

까지 논란이 많다.

DIT란 식품섭취로 인한 발열 효과(thermic effect of food, TEF)라고도 하며, 과거에는 식품의 특이동적 작용(specific dynamic action of food, SDA)이라고도 하였다. 식품을 섭취한 후 영양소의 소화, 흡수, 이동, 대사, 저장 및 식품 섭취에 따른 자율신경 활동의 증진 등에 소모되는 에너지를 말한다^{2,5,11)}.

휴식 대사량은 상대적으로 덜 엄격한 환경에서 누워있는 자세로 휴식시 측정된 것이다. BEE가 완전한 휴식 상태에서 생명을 유지하기 위한 무의식적 생리 현상에서 요구되는 에너지량인 반면, REE는 기초 대사량에 음식의 소화, 앓아 있는 것, 책 읽는 것, 서 있는 것, 혹은 앉아서 하는 활동 등과 관련 있는 부가적인 에너지 소비를 더한 것이다. REE와 BEE의 가장 큰 차이는 REE는 DIT를 포함하고 있다는 것으로 즉, $REE = BEE + DIT$ 의 식이 형성된다. 따라서 REE는 BEE보다 10%이내의 높은 값을 갖지만 실제로 기초 대사량의 측정 조건을 맞추기가 어려우므로 보통은 휴식 대사량을 측정하여 이용하게 된다¹¹⁾. 휴식 대사량은 전체 소비 에너지 중 가장 큰 비중을 차지하여 하루 에너지 소비량의 60 - 75%를 차지한다.

2) 활동 대사량(activity energy expenditure, AEE)과 전체 에너지 소모량(total energy expenditure, TEE)

활동 대사량은 휴식 대사량을 제외한 신체 활동으로 주로 근육 활동에 필요한 에너지를 말하며 휴식 대사량 다음으로 큰 비율을 차지한다. 중등 정도의 활동을 하는 사람은 활동 대사량이 하루 전체 소비 에너지의 30%정도를 차지한다. 그러나 여기에 필요한 에너지는 활동의 종류, 활동 시간 등에 따라 개인차가 심하므로 개인의 에너지 필요량에 가장 큰 영향을 미친다. 과거에는 비슷한 직종에 종사하는 사람들의 활동량은 비슷하여 직종별로 활동의 등급을 나누어 적용하였으나, 최근에는 생활 환경이나 직업이 비슷한 사람 사이에도 활동 대사량에는 상당한 차이가 있

을 수 있다. 즉, 모든 직종에서 업무를 수행하는데 필요한 에너지량은 큰 차이를 보이지 않는 반면 의도적인 운동이나 여가 활동 등으로 인한 에너지 소비량은 차이가 있기 때문이다. 이 외에도 성장에 따른 에너지 소모, 저온 노출에 대응한 발열 반응 등의 부분이 있으나 사람에서는 큰 의미를 가지지 않는다^{5,16)}.

또, 에너지 소모량 평가의 실질적인 목적은 주로 영양 결핍, 비만, 급성 질환, 패혈증 등의 상태에서나 균형잡힌 음식 섭취를 할 수 없는 다른 여러 상황에서의 섭취량을 규정하는 것이기 때문에 전체 에너지 소모량(TEE)를 평가할 수 있어야만 한다. 전체 에너지 소모량에 대해서는 $TEE = REE + AEE$ 의 식이 형성된다¹¹⁾.

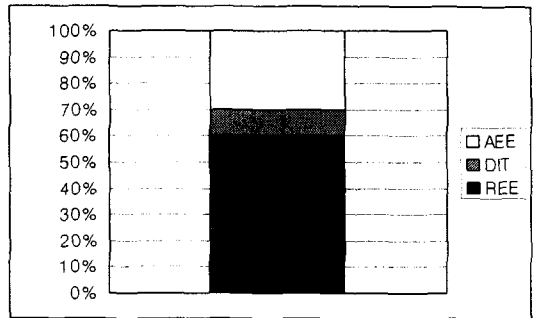


Fig. 4. Components of Total Energy Expenditure

3. 대사에 영향을 미치는 요인

대사에 영향을 주는 요인으로는 유전, 나이, 성별, 환경, 섭취하는 음식 및 체구성 성분 등이 있다. 이러한 요인은 결국 세포에서의 화학적 대사 활동을 증가시키는 요인이라 할 수 있는데 주된 내용은 다음과 같다^{3,7,17)}.

1) 체격(body size): 대사는 보통 체표면적에 비례하나, 생후 1년 6개월까지는 체중에 비례하며 운동시 대사는 체중과 밀접한 관계가 있다.

- 2) **연령과 성별(age and sex):** 출생 후 몇 주 만에 대사율이 급속히 증가하여 최고에 이른 후 서서히 일생 동안 감소되는데 10년에 약 2%가량 낮아진다. 여성의 대사율은 같은 연령의 남자보다 10-15%가량 낮다.
- 3) **환경 온도 및 체온:** 환경 온도 20℃를 전후하여, 온도가 높으면 체온 상승으로 인한 효소 활성의 증가에 의하여 산소 소모량이 증가하고, 온도가 낮으면 체온 조절 작용의 일환인 떨림 등으로 체열 보존 기전이 활성화 되어 열 생산이 증가되므로 대사율이 증가한다. 체온 1℃의 변화는 대사율을 1.1배 변화시킨다.
- 4) **기후:** 연중 대사율의 변동을 보면 겨울에는 여름보다 높고, 적도 부근에 사는 주민은 한 대 지방에서 생활하는 주민보다 대사율이 낮다. 그 원인은 추위에 노출되면 혈중 카테콜라민(catecholamine) 함량이 증가되고 갑상선으로부터 thyroxine 분비를 증가시키기 때문이다.
- 5) **식이 유도 열발생(diet-induced thermogenesis, DIT):** 이는 음식물의 종류에 따라 차이가 있는데, 단백질의 경우 가장 높아서 섭취한 열량의 30%에 해당되고 지방과 탄수화물이 각각 6%, 4%에 해당된다. 단백질에 의한 대사율의 증가는 흡수된 후 아미노산이 간에서 분해될 때 그 과정에서 소모되는 열량이며 지방은 지방산과 글리세롤로 분해되어 흡수되는데 필요한 열량이다. 탄수화물은 글리코젠으로 합성될 때 소모되는 열량이다.
- 6) **임신 및 월경:** 임신 시에나 월경 중에는 대사율이 증가하는데 이 때는 활성조직(active tissue)의 증가로 산화 과정이 활발하기 때문이다.

- 7) **활동(exercise):** 운동을 하면 혈액 내 카테콜라민 함량이 증가하고 호흡 운동이 촉진됨과 동시에 대사율이 현저히 증가된다.
- 8) **호르몬:** 교감 신경 전달 물질인 adrenaline은 전신 세포의 대사율을 증가시킨다. 갑상선 호르몬이 최대로 분비되는 경우에는 대사율이 2배까지 상승될 수 있으나, 갑상선 기능 저하 환자에서 보면 40-50%정도 낮아진다. 뇌하수체 전엽에서 분비되는 성장 호르몬은 각 세포의 대사 과정을 촉진시키는 작용이 있으므로 15-20%의 증가를 나타내며, 성 호르몬 특히 남성 호르몬도 대사율을 증가시킨다.

4. 휴식 대사량(REE)과 제지방량(FFM)

이러한 대사율에 영향을 미치는 모든 요소에 있어서 가장 근본적인 결정 요소는 체구성 성분이다. 체구성 성분의 요소로는 체중, 체표면적, 제지방량(fat-free mass, FFM), 체지방, 지방 분포, 지방 세포 수와 크기 등이 있는데 이 가운데 체중, 체표면적과 FFM이 휴식 대사량과 매우 높은 연관성이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 많은 연구에서 FFM이 휴식 대사량에 가장 많은 영향을 주는 것으로 보고되고 있는데, 비만인 사람이 정상 체중인 사람보다, 남성이 여성보다, 젊은 사람이 나이 든 사람보다, 그리고 근육이 발달한 운동 선수나 중노동자가 일반인보다 휴식 대사량이 높은 이유를 FFM의 차이로 설명하고 있다. 이러한 효과는 지방 조직에 비해서 근육 조직의 활동 수준이 증가하거나 체중에 비례하여 체표면적의 비율이 증가하기 때문에 나타난다³⁾.

대사적인 면에서 FFM은 내장 기관과 골격근 부위로 나눌 수 있다. 내장 기관과 뇌는 체중의 약 5% 정도를 차지하나 높은 대사율을 가지므로 REE의 70 - 80%를 담당한다. 반대로 골격근은 체중의 약 35%정

도를 차지하나 대사율은 REE의 20%에 불과하다. FFM의 대사적으로 활동적인 부분이나 REE에 대한 FFM의 구성 성분의 영향의 현재의 견해는 몇몇의 최근 연구에 한정되어 있다¹⁸⁾.

지난 40년 이상 에너지 대사 연구의 주된 초점은 FFM을 이용한 REE의 예측 공식에 대한 것이었다. 아직 논란의 여지는 있으나 대부분의 연구자들은 건강한 성인에서 REE와 FFM의 관계를 다음과 같은 1차 방정식으로 규정하고 있다.

$$REE = a + b \times FFM(a, b \text{는 상수})^{19)}$$

FFM은 상완 근육 둘레나 상완 근육 면적등의 산정을 이용한 체위 계측법, 수중 체중 측정법, 생체전기 저항 측정(bioelectrical impedance analysis; BIA)등의 전기 전도법, 적외선 간섭법, 총 칼륨량 측정법, DEXA(dual-energy X-ray absorptiometry), CT, MRI 등의 여러 신체 구성법을 이용하여 측정한다²⁰⁾.

이 중 국내 여러 의료 기관에 비만도 측정용으로 많이 보급되어 있는 생체전기 저항 측정(BIA)을 이용한 체성분 분석기는 인체에 전류를 통과시키면 물에 전해질이 녹아있는 조직, 즉 대부분의 체지방 조직은 전류를 전도하나, 지방이나 세포막 같은 비전도성 조직에서는 저항이 나타나는 것을 이용하는 것이다. BIA 측정 기기는 사람에게 해가 없고 느끼지 못하는 약한 교류를 조사 대상자의 손과 발에 장치한 전극을 통해 내보낸 후 되돌아 오는 저항을 측정한다 다음 신장, 체중, 성별에 따라 내장되어 있는 회귀 방정식을 이용하여 체수분량, FFM 및 체지방량을 계산해 준다. 여기에서 산출되는 기초 대사율도 FFM을 이용한 공식으로 계산된 값이다²⁰⁾.

5. 에너지 균형(energy balance)과 비만

에너지 균형은 섭취 에너지(energy in)와 소비 에너지(energy out)의 차이를 말하는 것으로 섭취 에너지

와 소비 에너지가 같을 때 우리는 적절한 에너지 균형을 이루었다고 한다. 섭취 에너지가 소비 에너지보다 큰 경우를 양적 에너지 균형(positive energy balance)이라고 하는데 여기서 발생하는 잉여 에너지는 주로 지방으로 전환되어 지방 조직에 축적되게 된다. 반면 소비 에너지가 섭취 에너지보다 큰 경우는 음적 에너지 균형(negative energy balance)이라 하여 저장된 내적 에너지를 다시 지방, 탄수화물, 단백질 등으로 산화하는 상태를 말한다¹¹⁾.

Widdowson²¹⁾은 정상 성인의 일일 음식 섭취량이 남성은 1772kcal에서 4955kcal, 여성은 1453kcal에서 3110kcal 범위에서 관찰되며 소아에서는 더 심한 차이를 보인다고 하였다. 이러한 식이 섭취량의 큰 차이에도 불구하고 일반적으로 대부분의 건강한 성인은 열량 섭취 및 소모에 균형을 이루어 에너지 균형을 일정하게 유지하며, 이러한 균형으로 체중 및 에너지 저장을 일정하게 유지하게 되는데, 이는 신체의 항상성 유지 기전에 의하는 것으로 이해된다. 즉 우리 몸은 에너지 항상성이라는 커다란 목표를 수행하기 위하여 에너지 섭취가 증가하면 에너지 대사도 따라서 증가함으로써 체중 증가를 억제하고자 하고, 반대로 섭취가 감소하면 에너지 대사도 감소하여 체중을 유지하고 에너지 균형을 이루고자 하는데 이러한 기전에 약간의 이상이 있어도 장기적으로는 치명적인 결과를 초래할 수 있게 되는 것이다¹⁶⁾.

이러한 에너지 균형을 이룰 수 있는 첫번째 요인으로는 육체적 활동의 차이를 들 수 있다. 육체 노동자나 조급한 성격 등은 에너지 소비를 80-100%이상 상승시킬 수 있다. 두번째 요인으로는 식이 유도 열발생(DIT)과 관련되어 있다. 예를 들어 탄수화물을 요구량 이하로 섭취할 경우는 DIT는 단지 5%정도이지만 요구량 이상으로 섭취할 경우는 30%까지 상승할 수 있다. 또한 운동은 DIT를 상승시키는 효과를 낸다. 그 외의 요인으로는 음식의 소화 능력, REE에 영향을 미치는 체구성 성분의 차이, 유전적 요인 등이 있다¹¹⁾.

Ⅲ. 고찰 및 요약

비만은 근본적으로 에너지 균형의 문제이다. 인체에서의 에너지 균형은 에너지 섭취와 에너지 소비로 이루어지는데, 에너지 섭취는 음식물로부터 탄수화물, 단백질, 지방 등 열량 영양소의 공급을 통하여 이루어지고, 에너지 소비는 기초 대사량(BEE) 또는 휴식 대사량(REE), 신체적 활동(physical activity), DIT를 포함한 발열 작용(Thermogenesis)으로 구성되어 있다²⁾.

이 가운데 REE는 전체 에너지 소모량(TEE)의 가장 많은 부분을 차지하기 때문에 조금의 차이라도 오랜 시간이 경과하면 결국 상당한 열량의 차이가 축적되어^{23,24)} 체중 조절에 큰 영향을 미치게 되므로 REE의 감소는 비만으로 발전하는 커다란 위험 요소라고 할 수 있다²⁵⁾. 또 체중 감량시 초기에는 감량 속도가 빠르지만 시간이 지나면서 감량 속도가 둔화되는 것이 일반적인 경향인데 이것이 REE의 감소와 밀접한 관련이 있다고 보고되고 있고²⁵⁻²⁷⁾, 대부분의 비만 치료를 위한 식이 요법에서 보이는 요요 현상 또한 근육량 저하와 필연적으로 그에 따른 REE의 감소로 설명을 하기 때문에²⁸⁾ 체중 조절에 있어서 REE의 의미는 매우 중요하다고 할 수 있다.

따라서 최근의 비만 치료 연구 중에서는 에너지 균형의 항상성 조절 과정 연구가 각광을 받고 있는데, DIT를 포함한 발열 작용을 촉진하는 미토콘드리아의 내막에 존재하는 연합해리 단백질(uncoupling protein, UCP) 및 beta adrenergic receptor 등에 대한 연구나 leptin과 melanocortin 등의 중추 피드백 조절 기전에 대한 연구가 그것이다^{15,29)}.

또한 많은 비만 치료 프로그램에서 근육량의 저하를 최소화하고 대사량을 증가시키기 위해서 운동 요법을 병행하고 있으며 필요에 따라서 약물 복용 등의 방법을 사용되고 있는데³⁰⁾ 특히, 현재 흔히 사용되고 있는 Sibutramine은 noradrenaline과 serotonin의 재

흡수를 억제하여 교감 신경계를 자극시키고 REE를 상승시키는 사실이 입증되어 체중 감량은 물론 비만의 위험 인자들도 감소시키는 효과도 있는 비만 치료 약물로 인정받고 있다^{29,31)}.

한의학적 관점에서는 이러한 REE의 감소에 따른 비만을 "肥人氣虛"의 개념으로 생각해 볼 수 있을 것이다. 氣란 인체를 구성하고 생명을 유지하는 기본적인 요소로 推動, 溫煦, 氣化作用이 있어 精, 血, 津液 등의 생성과 소모, 배설에 이르는 代謝 및 相互轉化作用 등을 하게 한다³³⁾. 《素問》〈陰陽應象大論〉³⁴⁾에서는 "陽化氣 陰成形"이라 하였는데 이는 인체의 氣機를 개괄한 것으로서 "形"과 "氣" 사이의 相互轉化를 氣化機能으로 본 것이라 할 수 있는데 이러한 氣化機能이 REE를 포함한 인체 내 대사 과정을 설명하고 있다고 생각된다.

비만의 원인으로는 대략 氣虛, 濕, 痰, 瘀血, 七情內傷 등이 있지만^{35,36)}, 근본적인 병리 상태를 氣虛로 보고, 痰, 濕, 瘀血 등은 그의 병리적인 산물이라고 하는 견해가 있다^{36,38)}. 氣虛의 원인으로는 先天不足, 肺脾胃의 機能失調, 過勞傷, 久病 등인데 氣의 생성 부족이나 지나친 소모로 氣不足이 되면 氣의 효능이 감퇴된다³⁷⁾. 氣란 인체에서 일어나는 모든 생명 활동의 원동력으로 위에서 언급한 氣機의 不足을 氣虛로 보고 해석한다면 氣虛한 경우에는 에너지 생성에 장애가 발생하거나 대사기능의 저하가 나타날 수 있으며, 이는 결국 비만에 이르게 되는 주요한 병리기전이 된다고 볼 수 있다³⁸⁾. 특히 氣의 溫煦 작용이 약해지면 陽虛로 발전 되어 寒證과 機能低下상태가 나타나는 것을 '체내 열 발생 저하 상태'로 해석해 볼 수 있을 것이다^{37,38)}.

그러나 이러한 비만 치료에 있어서 체중을 감소시키고 특히 감량 후 재증가를 방지함에 최대 관건이 되는 REE에 관련된 한의학적 연구는 거의 없는 상태이다. 이와 관련되어 최근 연구되고 있는 한약재로는 마황, 오수유, 황기, 인삼, 홍삼 등이 있다^{39,41)}. 이 중

오수유(Evodia rutaecarpa)는 溫中燥濕하는 한약재로 함유 성분 중 Evodiamine이 주목을 받고 있는데 이것은 지방 분해 효과가 인정된 Capsaicin과 유사한 성질로 교감 신경계의 카테콜라민의 분비를 촉진시키고 수용체의 감수성을 증진시켜 지방 분해 효과가 있음이 확인되었다⁴⁰⁾. 또한 마황(Ephedra sinica)은 發汗散寒하는 효능이 있는 한약재로 이의 성분 중의 Ephedrine은 강력한 교감 신경 흥분제로서 중추 신경계, 심혈관계에 작용하여 짧은 기간에 중등도의 체중 감소가 인정되어 비만 치료에 응용되고 있다⁴¹⁾.

현재까지의 연구는 몇몇 한약재의 성분에 대한 것에 불과하나, 앞으로는 체내 대사율을 증가시키고 교감신경계를 자극하여 발열작용을 하는 측면에서 비만 치료에 효과가 있는 한약재들에 대한 더 폭넓은 연구가 필요하리라 생각되며, 아울러 溫裏之劑나 補氣之劑와 같은 약물들이 이러한 관점에 부합하리라 기대된다.

참고문헌

1. WJ Pasman, VM Blokdijk, FM Bertina, WPM Hopman, HFJ Hendriks. Effect of breakfast, different in carbohydrate composition, on hunger and satiety and mood in healthy men. *International journal of obesity*. 2003; 27: 663-668.
2. 오상우, 비만 환자에서의 운동 처방. 대한 임상 건강 증진 학회 2002년 춘계 학술대회 자료집.
3. 장은재. 여대생의 체지방량에 따른 기초대사량의 비교연구. 동덕여자 대학원 식품영양학과 석사학위논문. 2001: 1-9.
4. Laura E Matarese. Indirect calorimetry: Technical aspects. *Journal of the American Dietetic Association*. 1997; 97(10) :154-160.
5. 황안국. 영양 생화학. 서울: 한울출판사. 1998: 88-121.
6. 이성우, 윤태현. 종합영양화학. 서울: 동명사. 2001: 310-338.
7. Guiton & Hall. *Textbook of Medical Physiology*, 9th edition. USA: W.B. Saunders company. 1996: 906-910.
8. 최혜미 외 9인. 21세기 영양학 원리. 서울: 교문사. 2000: 137-164.
9. Janet Schebendach. The use of indirect calorimetry in the clinical management of adolescents with nutritional disorders. *Adolescent medicine*. 2003;14 (1): 77-85.
10. David C. Nieman. A new handheld device for measuring resting metabolic rate and oxygen consumption. *Journal of the American Dietetic Association*. 2003; 103(5): 588-593.
11. Simon Bursztein, David H.Elwyn, Jeffrey Askanazi, John M. Kinney. *Energy metabolism, Indirect calorimetry, and Nutrition*. USA: Williams & Wilkins. 1989: 27-84.
12. ER Gibney, P Murgatroyd, A Wright, S Jebb, M Elia. Measurement of total energy expenditure in grossly obese women: comparison of the bicarbonate-urea method with whole-body calorimetry and free-living doubly labelled water. *International journal of obesity*. 2003; 27: 641-647.
13. Foster G et al. Resting energy expenditure, body composition, and excess weight in the obese. *Meabolism*. 1988; 37(5): 462-472.
14. Hunter D, Jackson T, Lewis D, Benotti P, Blackburn G, Bistran B. Resting energy expenditure in the critically ill, estimation versus measurement. *British Journal of Surgery*. 1988; 75: 875-878.
15. 김민선, 에너지 대사의 조절 인자. 대한비만학회지.

- 2000; 9(3).
16. 홍성관. 에너지 균형과 비만. 대한비만학회지. 2000;9(3).
 17. 최명애, 김주현, 박미정, 최스미, 이경숙. 생리학. 서울: 현문사. 1997: 217-228.
 18. Anja Bony-Westphal, Christine Eichhorn, Doris Kutzner, Kirsten Illner, et al. The age-related decline in resting energy expenditure in humans is due to the loss of fat-free mass and to alterations in its metabolically active components. The Journal of Nutrition. 2003; 133(7): 235-236.
 19. Zimian Wang, Stanley Heshka, Dymprn Gallagher, Carol N. Boozer, Donald P. Kotler, Steven B. Heymsfield. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition medeling. the American Physiological Society. 2000; 239: 539-545.
 20. 이정원, 이미숙, 김정희, 손숙미, 이보숙. 영양판정. 서울: 교문사. 1999: 110-133.
 21. Widdowson EM. Nutritional inividuality. proc nutrition society. 1962; 21: 121-128.
 22. Blackburn GL, Kandars BS. Obesity pathophysiology psychology and treatment. Chapman & Hall. 1994.
 23. Ravussin E, Bogardus C. Relationship of genetics, age and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. Am J Clin Nutr. 1989; 49: 968-975.
 24. Astrup A, Buemann B, Toubro S, Ranneries C, Raben A. Low resting metabolic rate in subjects predisposed to obesity: a role for thyroid status. Am J Clin Nutr. 1996; 63: 879-883.
 25. Kiortsis DN, Durak I, Turpin G. Effects of a low-calorie diet on resting metabolic rate and serum tri-iodothyronine levels in obese children. Eur J Pediatr. 1999; 158: 446-450.
 26. Berke EM, Gardner AW, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate and influence of the pretesting environment. Am J Clin Nutr. 1992; 55: 626-629.
 27. Donnelly JE, Pronk NP, Jacobsen DJ, Pronk SJ, Jakicic JM. Effects of a very-low-calorie diet and physical-training regimens on body composition and resting metabolic rate in obese females. Am J Clin Nutr. 1991; 54: 56-61.
 28. Fricker J. Energy-metabolism adaptation in obese adults on a very-low-calorie diet. Am J Clin Nutr. 1991; 53(4): 826-830.
 29. 이춘우. 비만치료 연구의 최신경향. 가정의학회지. 2001; 22(11): 128-133.
 30. Wensier RL Do. Adaptive changes in metabolic rate favor weight regain in weight-reduced individuals? An examination of the set-point theory. Am J Clin Nutr. 2000; 72(5): 1088-1094.
 31. Grace Brooke Huffman. Intermittents vs. continuous sibutramine for weight loss. American Family Physician. 2002; 65(5): 975-976.
 32. W Philip, T James, Arne Astrup, Nick Finer, Jannik Hilsted, Peter Kopelman, Stephan Rossner, Wim H.M. Saris. Effect of sibutramine on weight maintenance after weight loss: a randomised trial. The Lancet. 2000; 356 : 2119-2125.
 33. 배병철. 基礎 韓醫學. 서울: 정보사. 1997: 385-416.
 34. 王冰編註. 黃帝內經 素問. 서울: 대성출판사. 1994: 84.
 35. 정지행, 정석희, 이종수. 비만에 관한 문헌적 고찰. 동의물리요법과학회지. 1995; 3(1): 141-155.
 36. 김정연, 송용선. 비만에 대한 동서의학적 고찰. 동의물리요법과학회지. 1993; 3(1): 299-314.
 37. 최승훈. 韓方 病理學. 서울: 일증사. 1997: 310-318.

38. 이상호. 한국인 비만 여성의 β 2-adrenergic receptor, β 3-adrenergic receptor, G protein β 3, ACE, MTHFR gene 다형성 연구. 경희대학교 대학원 한의학과 박사학위 논문. 2003:40-42.
39. Xie JT, Aung HH, Wu JA, Attel AS, Yuan CS. Effects of American ginseng berry extract on blood glucose levels in ob/ob mice. *Nippon Yakurigaku Zasshi*. 1988 ; 91(1): 9-15.
40. Kobayashi Y et al. Capsaicin-like anti-obese activities of evodiamine from fruits of *Evodia rutaecarpa*, a vanilloid receptor agonist. *Planta Med*. 2001; 67(7): 628-633.
41. Boozer CN. Herbal ephedra/caffeine for weight loss: a 6-month randomized safety and efficacy trial. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2002; 26(5): 593-604.