

태음인의 비만경향에 대한 미토콘드리아 가설

심은보* · 이시우¹ · 김성준² · 임채현³ · 권영규⁴ · 백유상⁵ · 김종열¹ · 엄응의²

강원대학교 기계·의용공학과, 1: 한국한의학연구원, 2: 서울대학교 의과대학 생리학교실,
3: 울산대학교 의과대학 생리학교실, 4: 부산대학교 한의학전문대학원, 5: 경희대학교 한의과대학

Mitochondria Hypothesis on the Obesity-Prone Tendency in Tae-Eum People

Eun Bo Shim, Siwoo Lee¹, Sung Joon Kim², Chae Hun Leem³, Young Kyu Kwon⁴,
Yousang Baik⁵, Jong Yeol Kim¹, Yung E Earm²

Department of Mechanical & Biomedical Engineering, Kangwon National University,

1: Korea Institute of Oriental Medicine, 2: Department of Physiology, College of Medicine, Seoul National University,

3: Department of Physiology, College of Medicine, University of Ulsan,

4: School of Oriental Medicine, Pusan National University,

5: Department of Oriental Medicine Classics, College of Oriental Medicine, Kyunghee University

It has been suggested that Tae-Eum peoples are prone to obesity. Although extensive clinical observations have shown this tendency in Sasang Constitutional Medicine (SCM), no scientific hypothesis has been proposed to delineate its mechanism. According to SCM theory, Tae-Eum peoples have a hypoactive lung system and a hyperactive liver system. In this paper we propose a new hypothesis explaining the tendency of obesity in Tae-Eum people in the viewpoint of cell physiology. The hypoactive lung system might imply an attenuated 'respiration' at the cell/subcell level, namely mitochondrial oxygen consumption. Because a functional weakness in mitochondria energy metabolism indicates intrinsic hypo-activity in the consumption (or production) of metabolic energy, we deduced that the tendency can easily induce body weight gain via an increase in anabolism. This relation is also introduced in the graph of cellular metabolic power against body weight. To test this hypothesis, we analyzed the clinical data with 863 subjects. Statistical analysis of the data showed that Tae-Eum peoples had relatively a lower cellular metabolic power, and that the percentage of peoples with BMI>25 was significantly higher than that of the other constitutional types.

Key words : sasang constitutional medicine, obesity, mitochondria hypothesis, scaling law of metabolic rate

서 론

현재 우리나라는 경제발전 및 식생활의 서구화가 지속되면서 비만과 이로 인한 합병증 등이 심각한 수준에 와 있다. 기존 연구들에 의해 증명되었듯이 비만(Obesity)은 많은 의학적 위험성을 지니고 있다. 비만은 당뇨 등과 같은 내분비계 질환뿐 아니라 고혈압, 동맥경화 등과 같은 순환기계 질환의 중요한 위험인자이다¹⁾. 아울러 비만한 사람은 여러 가지 암(Cancer)에 걸릴 확률이 높으며, 평균 기대수명도 감소한다²⁾. 이러한 연유로 비만에

대한 여러 생리학적 가설들이 제시된 바 있으며, 수많은 관련 연구들이 진행되고 있다³⁾.

한의학에서도 비만문제에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 특히 사상체질의학에서 태음인이 비만하기 쉽다는 여러 과학적 연구결과들이 제시된 바 있어 눈길을 끌고 있다. Chae 등⁴⁾은 태음인들의 경우, 높은 체지방율을 가진다는 사실을 보고한 바 있으며, 이러한 경우에 비만이 되기 쉽다는 결과도 제시되었다⁵⁾. 또한 태음인이 높은 신체 질량지수(Body Mass Index)와 높은 혈중 지방산(Triglyceride) 농도를 보인다는 점과 신체질량지수와 TCI 위험회피성(Harm Avoidance)간의 상관성, 지방산 농도와 신경증, 우울증, 위험회피성 간의 상관성 등을 고려한다면, 신경증과 같은 태음 유형의 심리 특성 분석에 있어 신체적인 특

* 교신저자 : 심은보, 춘천시 효자2동 192-1 강원대학교 기계·응용학과

· E-mail : ebshim@kangwon.ac.kr, · Tel : 033-250-6318

· 접수 : 2009/11/24 · 수정 : 2009/12/01 · 채택 : 2009/12/11

정을 고려해야 한다는 연구결과도 제시되었다⁶⁾. 이외에도, 태음인 여성들의 경우 Interleukin-1α의 다형성 (Polymorphism)이 관찰된 바 있다^{7,8)}. 그러나 왜 태음인이 비만하기 쉬운지에 대한 현대 생리학적 가설은 제시되지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 태음인의 비만경향에 대한 가설 및 이를 뒷받침할 수 있는 인구학적 데이터 분석결과를 제시하였다.

최근 서양의학에서는 만성질환에 대한 미토콘드리아 패러다임(Mitochondria Paradigm)이 확산되고 있다. 이것은 에너지 대사과정에서 미토콘드리아라는 세포 내 소기관의 역할과 중요성에 주목하고, 그 기능부전의 결과로서 만성질환들을 설명하는 이론이다. 실제로 암, 비만/당뇨, 심장질환, 퇴행성 신경질환 등의 발병에 미토콘드리아 기능이상이 주요한 역할을 한다는 다양한 연구 결과들이 보고된 바 있다⁹⁾.

따라서 본 연구에서는 이러한 접근방법에 근거하여 태음인의 비만 경향을 설명할 수 있는 미토콘드리아 가설을 제시하게 되었다. 이것은 미토콘드리아의 에너지 대사 기전과 비만의 연관성 파악에 주안점을 두고 있다. 실제로 사상의학 체계 및 체질분류 방법의 중심에는 인체 에너지 대사시스템이 자리잡고 있다는 사실이 보고된 바 있다¹⁰⁾.

따라서 여기에서도 태음체질의 비만경향을 미토콘드리아 가설과 에너지 대사의 스케일법칙에 의거하여 통합적으로 설명하고자 하였다. 본 저자 등에 의해 제시된 것처럼, 이와 같은 통합적인 생리학적 접근방법은 사상의학의 체계 규명에 효과적으로 활용될 수 있을 것이다¹¹⁾.

연구방법에 있어서의 이론적 제안

1. 사상체질의 에너지 대사적 특성

사상의학에서는 폐, 비, 간, 신 등 4개 장기시스템의 상대적인 기능을 분석함으로써 체질을 구분한다. 현대 생리학적 측면에서 볼 경우, 4개의 장기시스템은 각각 호흡, 소화, 저장 그리고 배설 기능을 포괄적으로 포함하는 것으로 이해될 수 있다¹⁰⁾.

사상의학을 창시한 이제마는 동의수세보원의 “장부론(臟腑論)”에서 4가지 장기들 사이의 균형이론을 제안하였다. 이를 도식적으로 표현한다면 우리 인체에는 두 개의 시소(Seesaw)가 있다고도 말할 수 있다. 하나는 폐와 간으로, 다른 하나는 비와 신으로 이루어진 것이다. 비와 신은 각각 몸에 들어온 음식의 소화와 배설(대사 노폐물의 배출 포함)에 연관된 장기들이다. 반면에 폐와 간은 흡수된 영양분에서 전환된 에너지를 소비하는 것과 남은 에너지를 저장하는 기능을 각각 전담한다. 사상의학 이론에 따르면 모든 사람은 하나의 불균형된 시소가 있다. 따라서 4가지 경우의 수가 생기며 그것이 바로 사상체질과 직결되어 있다. 사상체질에 따른 각 장기들의 기능상 강약 및 특성이 Fig. 1에 설명되어 있다.

최근 Kim 등의 연구¹⁰⁾에 따르면 사상의학의 장기간 균형이론은 생리학적으로 볼 때 에너지 대사시스템으로 설명될 수 있다. 그러나 그들의 연구에서는 주로 거시적인 개연성만이 기술되었으며, 자세한 생리학적 기전이 제시되지는 못하였다.

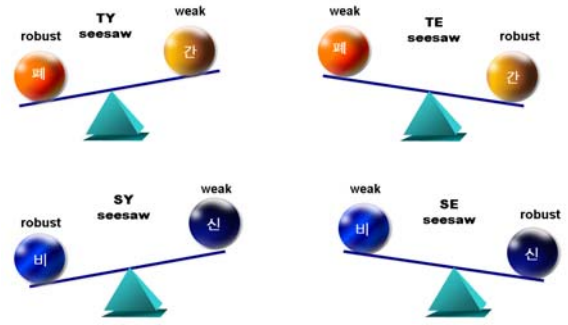


Fig. 1. Schematic of the seesaw metaphor to explain one's physical constitution in Sasang constitutional medicine. (TY : Tae-Yang, TE : Tae-Eum, SY : So-Yang, SE : So-Eum).

2. 사상의학의 에너지대사적 해석

생리학적으로 볼 때, 사상의학에서의 4개의 장기계(Organ System)는 주로 소화 및 대사와 관련된 시스템을 구성하는 것으로 보인다. 이제마¹²⁾에 의해 기술된 것처럼 추론한다면, 비는 주로 비장, 위 그리고 췌장 등에서 의한 음식 소화기능을 의미한다. 반면에 신은 신장 및 대장을 통한 소변/대변 생성 및 배출기능을 나타낸다. 이때 비와 신의 두 장기시스템이 시소관계를 형성한다. 만약 하나가 강하면 다른 하나는 상대적으로 약해진다. 비-신에 비교할 때, 폐-간 시스템은 생성된 에너지 소비와 저장을 전담하는 역할을 한다. 현대 생리학적인 측면에서도 폐라는 장기는 말초 조직의 에너지대사에 필요한 산소를 공급하는 기능을 한다. 반면 간 시스템은 영양분이나 생성된 에너지 중에서 소비되지 않은 것을 저장하는 기능을 한다는 면에서 흥미로운 개념이다¹⁰⁾.

사상의학의 4가지 체질 중에서 태음인은 폐-간을 이루는 시소에 불균형이 있으며, 폐 기능이 약한 것으로 생각되고 있다. 이런 연유로 태음인은 대사에너지의 소비기능이 떨어지며, 상대적으로 에너지 저장 기능이 발달한 것으로 간주된다. 통상적으로 인체는 여유가 있고 넘치는 부분보다는 약하고 모자라는 부분에 대해서 더 큰 영향을 받는다. 따라서 여기에서도 태음인의 발달된 저장기능보다는 약한 에너지 소비기능에 초점을 맞추고 논의를 전개하기로 하자. 여기에서 한 가지 짚어보아야 할 것은 에너지의 소비와 생산의 상관관계이다. 생체 내에서 에너지의 교환단위는 ATP라는 분자이며, 이 분자의 인산결합상태에 저장되어 있다. ATP의 합성 과정에서 세포 내 생화학적 기구들은 산소와 유기분자들에서 산화-환원 에너지 차이를 거두어서 저장하는 것이다. 이때 필요한 산소를 적절히 공급하는 것이 폐라고 하는 기관 차원의 ‘호흡’이지만, 실제 세포 차원에서 산소의 소모와 이를 통한 ATP합성 과정을 ‘세포호흡’이라고 한다. 이러한 관점에서 볼 때, 에너지 생산과 에너지 소비는 세포 차원에서는 동전의 양면처럼 연결되어 있다. 이때 세포에서 ATP 합성 등을 위하여 유기분자들로부터 소비하는 (또는 전이하는) 에너지는 세포 내 소기관인 미토콘드리아에서 전자전달계 등의 과정에서 일어난다. 이러한 과정들을 거시적으로 다시 과감하게 유추하자면, 사상의학에서의 ‘폐’ 기능은 미토콘드리아의 에너지 생산기능 (산소소비)과 밀접히 관련이 있을 것으로 추측된다. 실제로 Mathieu 등¹³⁾과 Jansky¹⁴⁾는 골격근(Skeletal Muscle)에서의 미토콘드리아 밀도는

폐 기능을 나타내는 최대호기율(Maximal Aerobic Rate)과 비례한다는 사실을 밝힌 바 있다. 즉 폐의 기능을 반영한다고 볼 수 있는 최대호기율과 세포에서 에너지 생산기능을 담당하는 미토콘드리아가 관련이 있다는 것이다.

3. 태음인 비만경향에 대한 미토콘드리아 가설

이미 기술되었듯이 태음인의 경우, 폐의 기능이 약하며, 비만에 걸리기 쉽다는 통계적 경향이 제시되고 있다. 따라서 여기에서는 이를 설명할 수 있는 현대 생리학적인 측면의 미토콘드리아 가설을 제시한다.

앞서 설명한 것처럼 서양의학계에서는 질병의 미토콘드리아 패러다임에 많은 관심이 집중되고 있다. 이것은 미토콘드리아 기능부전의 결과로서 만성질환들을 포괄적으로 설명하고자 하는 이론이다. 특히 미토콘드리아는 모계를 따라 유전되는 자체 DNA(mtDNA로 표기)를 보유하고 있으며, 그 타입에 따라서 에너지 생산기능의 차이가 존재한다. 이와 관련하여 최근에 한국인 당뇨병 환자 732명과 일본인 당뇨병 환자 1289명의 혈액 중 mtDNA가 조사된 바 있다¹⁵⁾. 그 결과에 따르면, 정상인 중에 N9a형을 가진 비율은 5.3%였으나 당뇨병 환자 중에 N9a형을 가진 비율은 3%에 불과했다. 즉 N9a형 mtDNA를 가진 사람이 없는 사람보다 당뇨병에 걸릴 위험이 거의 절반에 불과하다는 것이다. 이는 N9a형 DNA를 가진 미토콘드리아가 에너지 생산을 더 활발히 하기 때문이다. 이 미토콘드리아는 세포가 바로 필요하지 않은 영양분까지 모두 태워 에너지를 만든다. 영양분이 저장되지 못하기 때문에 비만이 될 확률도 낮고, 비만으로 인한 당뇨병 위험도 줄어든다. N9a형 DNA의 미토콘드리아를 가진 사람은 추위에도 잘 견딘다고 한다¹⁵⁾. mtDNA의 종류에 따라서 에너지 대사와 체질의 차이가 발생할 수 있다는 것이 밝혀진 셈이다.

우선 미토콘드리아에 의한 인체 에너지 대사 기전과 비만의 연관성에 주요점을 두고 논의를 진행해보자. 인체 에너지 대사는 인체에서 에너지를 소비하는 속도인 대사율(metabolic rate)에 의해 좌우된다. 그리고 이것은 개체의 체중과 밀접히 관련되어 있는데, 기초대사율(BMR, Basal Metabolic Rate)의 스케일법칙으로 잘 알려져 있다^{16,17)}. 이 이론에 따르면 생명체의 BMR은 체중이 증가함에 따라서 체중의 3/4승만큼 커진다. 즉 $BMR = aM^{3/4}$ (여기에서 a는 상수, M은 체중)이 된다. 조그만 쥐에서 거대한 코끼리에 이르기까지 에너지에 관한 한, 하나의 일관된 원리가 존재하는 셈이다. 여기에서 BMR을 체중으로 나누면 체중 당의 BMR이 되며, 이것은 생명체의 기본단위인 세포의 대사율(Cellular Metabolic Power)을 대변한다고 볼 수 있다¹⁶⁾. 그리고 세포의 대사율은 미토콘드리아의 열생산 능력과 바로 직결된다. 따라서 BMR을 체중으로 나눈 세포당 대사율은 미토콘드리아의 에너지 생산능력을 표시하는 매우 중요한 생리학적 파라미터가 된다. 기초대사율의 스케일 법칙을 세포 당 대사율로 나눌 경우 매우 함의적인 결과가 도출된다. Fig. 2에서 보듯이 체중이 커질수록 세포당 대사율은 떨어진다. 역으로 세포(미토콘드리아)의 에너지 생산 능력이 저하될 경우, 체중이 증대되어야 한다(Fig. 2의 A위치에서 B로의 변화). 태음인에 대해서도 비슷한 논리가 적용될 수

있을 것이다. 실제로 상대적으로 작은 호기능력(Aerobic Ability)을 가진 사람의 경우 미토콘드리아 밀도가 줄어들고¹⁸⁾, 따라서 단위 세포대사능력이 떨어져 Fig. 2의 화살표에서와 같이 체중증가를 유발하게 된다.

세포의 에너지 생산능력이 떨어질 경우, 체중이 증가하는 이유는 바로 인간이 항온동물(Homeothermic Animal)이기 때문이다. 인체의 심부체온(Body Core Temperature)은 항상 일정하게 유지되고 있으며, 이를 위한 체온 조절기능이 매우 발달해 있다. 추위에 노출될 경우, 인체 자율조절신경은 여러 가지 보상기능을 작동시킨다. 근육이 떨리고 소름이 돋는 것 등이 그 대표적 예이다. 그러나 이런 기능들은 주로 단기적인 경우에 국한된다. 추위에 장기적으로 노출될 경우에는 체중증가로써 보상작용이 일어난다. 이 경우에는 체적 대 표면적의 비가 줄어들어 열 생산에 비해 열 손실이 감소하게 되며, 추위에 잘 저항할 수 있다. 이것은 생물학에서 Bergman의 법칙으로 널리 알려져 있다¹⁸⁾.

지금까지 이와 같은 가설을 간접적으로 암시하는 여러 임상 연구결과가 발표된 바 있다. Rising 등^{19,20)}은 낮은 심부체온을 가지는 사람들은 비만해지기 쉽다는 사실을 보여준 바 있다. 또한 Jequier 등²¹⁾은 비만한 사람들의 체지방이 정상인의 경우에 비해 두꺼워져 있는 것을 발견하였다. 이것은 심부체온 저하 경향에 저항하여 열손실을 줄이기 위한 보상작용의 일종일 것으로 추정된다²²⁾. 이외에도, 비만에 대한 열발생 가설(Thermogenesis Hypothesis)은 이와 같은 미토콘드리아 기반의 열 발생 메커니즘이 비만과 직결되어 있음을 의미한다²³⁾.

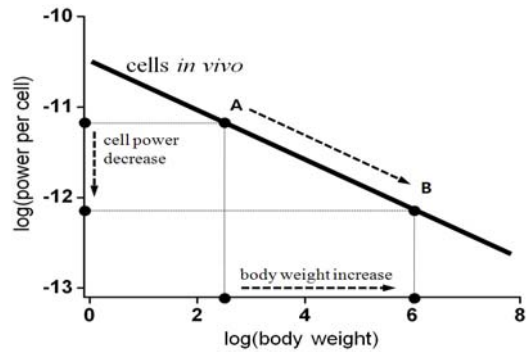


Fig. 2. Scaling Law Showing That a Weak Cellular Metabolic Power Can Induce Weight Gain.

연구방법

본 연구에서는 태음인의 비만경향과 미토콘드리아 에너지 생산 능력과의 상관성을 밝히기 위하여 인구학적 조사 데이터를 분석하였다. 이것은 한국한의학연구원이 2007년 14군데 한방병원의 내원 환자를 대상으로 조사한 것이다. 조사항목은 기초적인 인구학적 데이터, 소증자료 및 병증자료 등을 포함한다. 여기에서는 주로 인구학적 조사자료와 체질진단 결과를 활용하여 분석을 전개하였다. 총 873명에 대한 조사자료를 활용하였으며, 이 중에서 데이터가 없거나 체질구분이 불명확한 대상자를 제외한 총 863명에 대하여 분석하였다. 조사대상자는 10대에서 70대까

지 분포되어 있다. 본 연구에서는 데이터의 통계적인 처리를 위하여 ANOVA(Analysis of Variance) 방법을 사용하였다.

Table 1. Number of the Subjects with Specific Physical Constitution.

	So-Yang	So-Eum	Tae-Eum	Tae-Yang	Total
Men	86 (27.0%)	67 (21.1%)	159 (50.0%)	6 (1.9%)	318 (100%)
Women	194 (35.6%)	159 (29.2%)	183 (33.6%)	9 (1.6%)	545 (100%)
Total	280 (32.4%)	226 (26.2%)	342 (39.6%)	15 (1.8%)	863 (100%)

Table 1은 본 대상자의 성별 및 진단된 체질분포를 표시한다. 여자의 경우는 소양인이 많았고 남자는 태음인이 많음을 알 수 있다. 그러나 태양인은 남녀 모두 합쳐 15명에 불과하며 통계적 유의성이 없기 때문에, 분석 대상에서 제외하였다.

이 조사에서는 BMR이 직접 측정되지 않았기 때문에, 경험적인 근사식인 Harris-Benedict 방법을 활용하였다²⁴⁾. 이것은 BMR에 대한 간단한 추정 공식으로서, 내분비진단에서 널리 쓰이고 있으며, 그 식은 아래와 같다.

$$\text{남자 : BMR} = 66 + (13.7 \times \text{체중(kg)}) + (5 \times \text{키(cm)}) - (6.8 \times \text{나이(years)})$$

$$\text{여자 : BMR} = 655 + (9.6 \times \text{체중(kg)}) + (1.8 \times \text{키(cm)}) - (4.7 \times \text{나이(years)})$$

여기에서는 인구학적 조사데이터를 이용하여 대상자의 BMR을 계산하였다. 그리고 이를 체중으로 나누어 세포당의 기초대사율(Cellular Metabolic Rate, 이하 CMR로 표기)을 추산하였다(BMR/M, M은 체중). 아울러, 비만 정도를 정량화하기 위하여 BMI(Body Mass Index, 체중을 키의 제곱으로 나눈 값)를 도입하였다.

결 과

Table 2와 3에서는 체질과 여러 변수들과의 상관성을 제시하기 위하여 남녀 별로 통계처리 분석 자료를 제시하였다.

Table 2. ANOVA-test Results for Men

		Mean ± SD	F	p-value	Sheffe's test
BMR (unit: Cal/day)	TE	1618.06 ± 232.97			B
	SE	1503.17 ± 177.33	10.81	< 0.001	A
	SY	1512.34 ± 182.16			A
CMR (unit:Cal/day/kg)	TE	21.89 ± 2.31			A
	SE	24.44 ± 3.25	24.39	< 0.001	B
	SY	22.48 ± 2.22			A
BMI (unit: kg/m ²)	TE	25.82 ± 3.08			A
	SE	21.50 ± 2.73	45.15	< 0.001	B
	SY	23.94 ± 3.59			C
Height (unit: cm)	TE	169.53 ± 8.19			
	SE	170.08 ± 8.33	0.82	.444	
	SY	168.42 ± 8.79			
Weight (unit:kg)	TE	74.58 ± 12.38			A
	SE	62.38 ± 9.57	32.90	< 0.001	B
	SY	67.61 ± 8.40			C
Age (unit: years)	TE	46.67 ± 16.39			B
	SE	39.39 ± 15.96	5.88	.003	A
	SY	47.36 ± 15.27			B

TE: Tae-Eum, SE: So-Eum, SY: So-Yang, SD: Standard Deviation

Table 3. ANOVA-test Results for Women

		Mean ± SD	F	p-value	Sheffe's test
BMR (unit: Cal/day)	TE	1295.74 ± 120.34			A
	SE	1234.17 ± 95.23	15.92	< 0.001	B
	SY	1254.64 ± 92.53			B
CMR (unit:Cal/day/kg)	TE	21.10 ± 2.23			A
	SE	23.60 ± 2.97	42.10	< 0.001	B
	SY	22.92 ± 2.69			B
BMI (unit: kg/m ²)	TE	25.37 ± 3.54			A
	SE	21.27 ± 2.68	83.94	< 0.001	B
	SY	22.43 ± 2.83			C
Height (unit: cm)	TE	156.50 ± 5.43			
	SE	157.89 ± 6.10	2.37	0.095	
	SY	157.19 ± 6.08			
Weight (unit:kg)	TE	62.18 ± 9.56			A
	SE	52.98 ± 6.93	62.02	< 0.001	B
	SY	55.41 ± 7.21			C
Age (unit: years)	TE	50.62 ± 15.97			A
	SE	45.46 ± 16.07	6.12	0.002	B
	SY	45.79 ± 14.99			B

TE: Tae-Eum, SE: So-Eum, SY: So-Yang, SD: Standard Deviation

Table 2, 3의 마지막 열에 나타난 Sheffe's test(사후 검증)는 각 체질 집단 간 변수 값의 상대적 크기 비교를 위한 통계적 판단을 나타낸 것이다. A로 표시된 그룹이 상대적으로 가장 큰 값을 지닌 집단이며, C의 경우에는 상대적으로 가장 작은 값을 가지는 집단이다. 우선 키(신장)를 제외한 나머지 변수들은 체질 간에 유의적으로 차이가 있다는 것을 볼 수 있다. 다만 나이의 경우에는 유의성의 정도가 상대적으로 떨어진다.

BMR, 체중, 나이 및 BMI의 경우, 태음인이 타 체질에 비해 큰 것으로 나타나 있다. BMR 자체는 체중에 따라서 증가하는 경향이 있고, 체중이 상대적으로 큰 태음인에서 크게 나타나는 것은 대사율의 스케일 법칙(체중이 증가함에 따라 대사율이 증가하는 것)에 따른 것으로 볼 수 있다. 그러나 전술한 바와 같이 CMR은 각 개체의 세포 당 에너지 대사 정도를 보여주는 변수이다. Table 2, 3에서 나타나 있듯이 소음인의 CMR 평균은 남녀 모두 타 체질에 비해 상대적으로 높다는 것을 알 수 있다. 반면 태음인의 CMR 평균은 타 체질에 비해서 상대적으로 작은 값을 지닌다. 즉 태음인의 경우, 세포당 대사율이 상대적으로 낮은 셈이다. 아시아 태평양인들의 비만기준(국제보건기구 기준)인 BMI>25를 넘는 사람들의 비율도, 소음인이 가장 작았고, 태음인이 압도적으로 높은 것을 관찰할 수 있다. 태음인의 경우 전체 342명 중, 무려 50%이상이 비만기준인 BMI>25이상에 해당된다(Fig. 3).

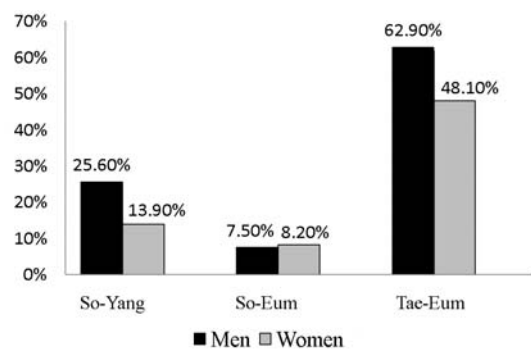


Fig. 3. Percentage of BMI > 25 according to Physical Constitution.

고찰 및 결론

태음인의 경우, 타 체질에 비해서 BMI가 상대적으로 높으며 비만하기 쉽다는 것은 이미 널리 알려진 바 있다^{5,6)}. 그러나 그 기전에 대한 생리학적 가설은 제시되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 태음인의 비만경향을 설명하기 위한 미토콘드리아 가설을 제시하였다. 먼저 세포 내 미토콘드리아의 에너지 생산/산소 소비 능력에 초점을 두고, 태음인의 대사특성을 분석하였다. 태음인의 경우, 에너지원 저장기능이 발달한 반면, 에너지 생산/산소 소비 기능은 약한 경우이다(Fig. 1). 이때 체내에서 에너지는 생산되는 만큼 소비되기 때문에 에너지 소비기능의 강약은 에너지 생산기능의 그것과 일치한다. 따라서 태음인의 경우에는 에너지 생산기능이 약한 것으로 상정될 수 있다.

체내에서 에너지 생산은 주로 세포 내 미토콘드리아에 의해서 이루어진다. 태음인의 경우, 미토콘드리아 에너지 생산기능이 다른 체질에 비해 떨어지는 것으로 볼 수 있는데, 이를 대표할 수 있는 변수가 필요하다. 본 연구에서는 대사율의 스케일 법칙에 기반하여, CMR이 바로 그 변수가 될 수 있음을 보이고자 하였다.

태음인의 비만 경향에 대한 미토콘드리아 가설은 다음과 같이 정리된다. 태음인의 경우, 미토콘드리아 에너지 생산기능이 타체질에 비해 상대적으로 취약한 것으로 추정된다. 이때 에너지 생산/산소 소비 기능의 약화는 체내 열발생을 저하시키게 되는데, 이로 인하여 심부체온이 저하되려는 경향을 가진다. 그러나 인체는 항상 온도가 일정한 범위 내로 있어야 하기 때문에 이를 방지하기 위한 보상작용이 생긴다. 즉 온도 항상성 유지를 위한 적응과정으로서 체중 증가가 이루어질 가능성이 제안된다(Fig. 2). 이것은 미토콘드리아 에너지 생산능력의 취약성이 체중 증가로 이어질 수 있음을 의미한다.

본 연구에서는 이와 같은 가설을 입증하기 위하여 인구학적 조사데이터를 활용하였다. 체질 진단이 이루어진 863명의 사람들에게 대한 데이터 분석결과본 연구에서 제시된 가설의 타당성을 보여주었다(Table 1- 3). 먼저, Harris -Benedict방법에 의해 추산된 BMR을 체중으로 나누어 CMR을 계산하였다. 그리고 체질 별로 그 분포를 조사하였다. 먼저 소음인의 경우, CMR이 평균적으로 가장 높았으며, BMI>25이상인 비만인구 비율이 상대적으로 가장 적었다. 즉 소음인의 경우, 미토콘드리아 에너지 대사 기능이 상대적으로 발달해 있으며, 비만이 될 확률도 감소함을 보여주었다. 반면 태음인의 경우, CMR이 평균적으로 가장 낮았으며, BMI>25이상인 비만인구 비율이 다른 체질에 비해 압도적으로 많았다(Fig. 3). 이는 태음인의 경우, 미토콘드리아 에너지 생산기능이 상대적으로 떨어지며, 따라서 그 보상작용으로서 쉽게 비만이 될 수 있음을 보여준다. 즉 태음인의 경우, CMR이 타 체질에 비해서 상대적으로 작다. 그리고 이 사실이 바로 태음인의 비만 경향을 설명하는 하나의 근거가 될 수 있음을 밝혔다.

향후 보다 자세한 세포차원의 미토콘드리아 기능 직접 측정 등을 통하여, 이러한 가설의 유효성을 더욱 철저히 검증할 수 있을 것이다. 한 가지 더 고려해 볼 점은, 태음인의 체질결정 요소

에서 상대적으로 강한 요소인 간의 기능, 즉 에너지원의 저장기능을 평가할 수 있는 생체지표를 발굴하여 측정함으로써 이러한 가설을 더욱 잘 뒷받침할 수 있는지 알아보는 것이다.

흥미로운 해석의 가능성에도 불구하고, 본 연구는 많은 한계점을 내포하고 있다. 먼저 본 연구에서 사용한 인구학적 데이터 분석의 경우, 해당자 수가 지나치게 작은 태양인 체질을 논의에서 제외하였다. 그러나 좀 더 정확한 분석을 위해서는 4가지 체질을 모두 포함하는 데이터가 필요하다. 또한 BMR을 구하는데 있어, 직접적인 측정으로부터 추산된 것이 아니라, 경험적인 Harris-Benedict방법을 사용한 것은 본 연구의 대표적인 취약점이다. 이 방법의 일반적 유효성은 기존 연구들에서 확인된 바 있지만, 좀 더 정확한 결과를 산출하기 위해서는 직접적인 BMR 측정이 필수적이며, 이에 대한 추가적 연구가 필요할 것이다. 아울러 본 연구에서는 863명이라는 적지 않은 사람들의 데이터를 사용하였지만, 좀 더 정확하고 객관적인 결과 산출을 위해서는 추가적인 대규모 데이터 산출 및 활용이 요구된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 한국한의학연구원의 지원을 받아 기관 고유사업의 일환으로 수행된 연구임(K09011).

참고문헌

1. Avenell, A., Broom, J., Brown, T.J., Poobalan, A., Aucott, L., Stearns, S.C., Smith W.C., Jung, R.T., Campbell, M.K. Grant A.M. Systematic review of the long-term effects and economic consequences of treatments for obesity and implications for health improvement. *Health Technol Assess* 8(21):1-182, 2004.
2. Becker, S., Dossus, L., Kaaks, R. Obesity related hyperinsulinaemia and hyperglycaemia and cancer development. *Arch Physiol Biochem* 115(2):86-96, 2009.
3. Rutkowski, J.M., Davis, K.E., Scherer, P.E. Mechanisms of obesity and related pathologies: the macro- and microcirculation of adipose tissue. *FEBS J.* 276(20): 5738-5746, 2009.
4. Chae, H., Lyoo, I.K., Lee, S.J., Cho, S.H., Bae, H.S., Hong, M.C., Shin, M.K. An alternative way to individualized medicine: psychological and physical traits of Sasang typology. *J Altern Complement Med* 9(4):519-528, 2003.
5. Um, J.Y., Kim, H.M., Mun, S.W., Song, Y.S., Hong, S.H. Interleukin-1 receptor antagonist gene polymorphism and traditional classification in obese women. *Int J Neurosci* 116(1):39-53, 2006.
6. 채 한, 박수잔, 이수진, 고광찬. 사상 유형학의 성격심리학적 고찰. *대한한의학회지* 25(2):151-164, 2004.
7. Song, J.S., Jeong, H.J., Kim, S.J., Son, M.S., Na, H.J., Song,

- Y.S., Hong, S.H., Kim, H.M., Um, J.Y. Interleukin-1alpha polymorphism -889C/T related to obesity in Korean Taeumin women. *Am J Chinese Med* 36(1):71-80, 2008.
8. Kim, K.S., Cho, D.Y., Kim, Y.J., Choi, S.M., Kim, J.Y., Shin, S.U., Yoon, Y.S. The finding of new genetic polymorphism of UCP-1 A-1766G and its effects on body fat accumulation. *Biochim Biophys Acta* 1741(1-2):149-155, 2005.
 9. Graff, C., Clayton, D.A., Larsson, N.G. Mitochondrial medicine- recent advances. *J Intern Med*. 246(1):11-23, 1999.
 10. Kim, J.Y., Pham, D.D. Sasang constitutional medicine as a holistic tailored medicine. *Evid Based Complement Alternat Med*. 6 Suppl 1: 11-19, 2009.
 11. Shim, E.B., Lee, S., Kim, J.Y., Earm, Y.E. Physiome and Sasang constitutional medicine. *J Physiol Sci*. 58(7):433-440, 2008.
 12. Lee, J.M. *Douguisusebowon*, Seoul, Korea, 1894.
 13. Mathieu, O., Krauer, R., Hoppeler, H., Gehr, P., Lindstedt, S.L., Alexander, R.M., Taylor, C.R., Weibel, E.R. Design of the mammalian respiratory system. VII. Scaling mitochondrial volume in skeletal muscle to body mass. *Respir Physiol* 44(1):113-128, 1981.
 14. Jansky, L. Total cytochrome oxidase activity and its relation to basal and maximal metabolism. *Nature* 18, 189: 921-922, 1961.
 15. Fuku, N., Park, K.S., Yamada, Y., Nishigaki, Y., Cho, Y.M., Matsuo, H., Segawa, T., Watanabe, S., Kato, K., Yokoi, K., Nozawa, Y., Lee, H.K., Tanaka M. Mitochondrial haplogroup N9a confers resistance against type 2 diabetes in Asians. *Am J Hum Genet* 80(3):407-415, 2007.
 16. West, G.B., Brown, J.H., Enquist, B.J. A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science* 276: 122-126, 1997.
 17. West, G.B., Woodruff, W.H., Brown, J.H. Allometric scaling of metabolic rate from molecules and mitochondria to cells and mammals. *Proc Natl Acad Sci USA* 99: 2473-2478, 2002.
 18. Campbell, N.A. *Biology*, Benjamin Cummings, Menlo Park, CA, 1987.
 19. Schreider, E. Geographical distribution of the body-weight/body-surface ratio. *Nature* 165: 286, 1950.
 20. Rising, R., Keys, A., Ravussin, E., Bogardus, C. Concomitant interindividual variation in body temperature and metabolic rate. *Am J Physiol* 263: E730-E734, 1992.
 21. Rising, R., Fontvieille, A.M., Larson, D.E., Fonpraul, M., Bogardus, C., Ravussin, E. Racial difference in body core temperature between Pima Indian and Caucasian men. *Int J Obes Relat Metab Disord* 19: 1-5, 1995.
 22. Jequier, E., Gygax, P.H., Pittet, P., Vannotti, A. Increased thermal body insulation: relationship to the development of obesity. *J Appl Physiol* 36: 674-678, 1974.
 23. Dulloo, A.G., Seydoux, J., Jacquet, J. Adaptive thermogenesis and uncoupling proteins: a reappraisal of their roles in fat metabolism and energy balance. *Physiol Behav* 83: 587-602, 2004.
 24. Frankenfield, D.C., Rowe, W.A., Smith, J.S., Cooney, R.N. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *J Am Diet Assoc*. 103(9):1152-1159, 2003.