

체형분류를 위한 BMI, Broca, Röhler 방법의 도표 분석

이병순 · 심영자* · 이승주**

안산전문대학 식품영양과, 숙명여자대학교 식품영양학과, * 동국대학교 식품공학과**

Graphical Analysis of BMI, Broca and Röhler Indices in Terms of Anthropometric Levels

Lee, Byoung Soon · Sim, Young Ja* · Lee, Seung Ju**

Department of Food and Nutrition, An San Junior College, An San, Korea

Department of Food and Nutrition, Sooknyung Women's University, Seoul, Korea*

*Department of Food Science and Technology,** Dongguk University, Seoul, Korea*

ABSTRACT

A graphical method to determine the anthropometric levels that's are lean, slightly lean, normal, slightly obese, obese by BMI, Broca and Röhler indices was developed. On the graph of height vs. weight, regions corresponding to the anthropometric levels were separated by equations calculated with boundary conditions for BMI, Broca and Röhler indices, respectively. It was observed that the determinations of the anthropometric level was influenced by the weight to a larger extent than the height, which magnitude was in the order of BMI > Broca > Röhler. There appeared significant differences between the results of the anthropometric level for height and weight by BMI, Broca and Röhler indices, respectively. Conclusively, the graphical method was proved as a good means to analyze and compare the anthropometric levels from BMI, Broca and Röhler indices. (*Korean J Nutrition* 30(2) : 195~200, 1997)

KEY WORDS : graphical method · determination of anthropometric levels · BMI · Broca index · Röhler index.

서론

성별, 출생 순위, 부모의 체격 등의 유전적인 요인외 기후, 풍토, 생활 양식, 영양 섭취, 육체활동, 사회 경제적 상황, 심리적 갈등 등의 환경적 요인의 영향을 받아 형성된^{1,2)} 체형은 개인 혹은 집단의 영양과 건강 상태 평가 및 영양 권장량 책정 등을 결정하는데 중요한 척도로 사용되어 왔다.

체형은 크게 3가지 방법으로 분류할 수 있다. 첫째, 신체계측치를 이용하는 방법으로 간단하고 재현성이 높으며 계산이 간편하고 측정에 필요한 경비가 저렴하여 대규모 역학조사 그리고 건강 조사에 널리 쓰이고 있다. 이

채택일 : 1996년 12월 27일

용되는 신체계측치³⁾로는 성장을 나타내는 신장 및 체중과 체조성을 나타내는 신체둘레, 피하지방두께 등이 있다. 신장은 신체의 길이를 나타내는 가장 일반적인 척도로서 과거 또는 만성적인 영양 상태를 반영한다⁴⁾. 특히 유전과 인종에 따라 영향을 많이 받기 때문에 신장으로만 체형을 평가하기에는 어려운 점이 많다. 체중은 신체의 발육과 충실을 총괄하여 나타내는 척도로서 후천적인 환경의 영향을 쉽게 받는다. 체중은 단백질, 지방, 수분, 무기질, 체지방량 등의 총합으로 체중의 변동은 이러한 성분의 변화를 의미한다⁴⁾. 체중이 갖는 제한점으로서 부종, 복수 등의 수분 보유와 같이 예상치 못한 방법으로 인한 체중 증가의 상대적인 변화와 신장의 차이가 반영될 수 없는 점이다⁴⁾. 신체둘레중 체형분류를 위해 많이 이용되는 부분은 상완위, 엉덩이, 허리둘레 등이다. 비만

에서 유래되는 위험요인을 결정하는데 총 체지방량보다 지방의 분포 양상이 더 중요하다는 Vague⁵⁾ 연구결과에 이후, Ohlson⁶⁾ 등은 허리둘레/엉덩이둘레의 비(waist/Hip ratio, WHR)를 이용하여 체지방 분포를 상체 비만과 하체 비만으로 구분하였다. WHR은 피하지방 두께보다 측정이 더 간단하고 재현성이 높기 때문에 지방 분포를 알수있는 효과적인 방법으로 많은 역학 조사에서 이용되고 있다⁷⁾. 또한 mid-upper arm muscle circumference는 총근육 양의 측정과 단백질 영양상태를 나타내주는 지표로 사용되고 있다⁸⁾. 피하지방 두께의 측정에서 영양상태가 좋은 사람은 총 체지방의 1/3 정도의 많은 양이 피하지방 조직층에 존재하기 때문에 그 양을 측정하여 체지방에 대한 유용한 정보를 얻을수 있어서 이것으로 체형을 분류할수 있다⁹⁾. 그러나 Frisncho⁸⁾는 적은 지방함량을 가지고 있는 사람의 경우에 피하지방 측정은 평가도구로 적당하지 않음을 지적하기도 하였다. 피하지방 두께를 측정하여 체형을 판정하는 방법에 대하여 같은 체중, 같은 신장에서도 체지방률은 반드시 일치하지 않으며 또한 같은 체지방률에서도 체지방 분포도는 형태가 다를 수 있으며 피하지방두께가 부위마다 다르기 때문에 정확한 측정 부위의 선정이 어려운 점 등의 문제점이 지적되고 있다.

둘째, 신체계측치의 상호관계로부터 얻어진 신체지수 등을 사용하여 체형분류를 할 수 있다. 신체지수는 신체계측치보다 체형을 종합적으로 파악할 수 있으며 또한 한가지 실측치의 단점을 보완할수 있다. 신체지수로서 Body Mass Index(이하BMI), Broca지수, Röhrer지수 등이 있는데 서로 작성의 목적, 대상의 선택, 수치의 표시 방법 등이 다르다. 신체지수는 단지 신장과 체중에 의하여 산출되기 때문에 운동선수들과 같이 체지방량은 적으나 근육의 양이 많아서 평균 체중보다 실제로 몸무게가 많이 나가는 경우를 평가할 때 비만으로 판정되는 등과 같이 체지방, 근육량, 부종을 구별할 수 없는 단점이 있다⁴⁾. Kaup¹⁰⁾ 등에 의하여 "The best index of build"로 제안된 BMI는 비만과 관련된 질환 유발요인을 진단하는데 유용한 방법으로 인정받고 있다. 우리나라에서는 Broca지수가 일반인의 건강 진단에서 체형판정 방법으로 널리 사용되고 있으며, Röhrer지수는 신체 충실도를 나타내는 것으로 초·중·고교의 신체검사에서 체형을 분류할 때 사용되고 있다. 또한 신체지수는 젊은 여성의 경우 대부분 해마다 감소된 수치를 나타내는데 이는 여성의 세심한 체중 관리에 의해 체중은 감소하는 반면 신장의 발육은 체중보다 현저하게 향상되기 때문이다. 일반적으로 신체지수가 클수록 키가 작고 비만

한 체형(短厚型)을 나타내고, 신체지수가 작을수록 키가 크고 마른형(細長型)을 나타낸다¹⁰⁾.

세째 체지방량을 이용하여 체형판정을 할 수 있다. 체지방량에 의한 체형 분류는 신장과 체중으로 체형을 분류하는 것보다 근육량의 정도에 영향을 받지 않기 때문에 가장 좋은 방법이다. 여성은 체중의 약 15~18%, 남성은 약 5~10%의 체지방량을 함유한다. 그러나 체지방량은 연령과 체중에 따라 증가한다. 체지방을 측정하는 방법은 동물이나 사람의 시체를 화학적으로 분석하거나 체밀도 측정법(수중체중법), dual photon absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging, ultrasonography densitometry, total body water, total body potassium, fat cell mass의 측정 등의 직접적인 방법과 피하지방 두께나 신체 계측치를 이용한 체밀도 또는 체지방의 계산법과 infrared interactance 등의 간접적인 방법이 있다⁴⁾. 체지방의 직접적인 측정 방법으로부터 체형 판정을 위한 정확한 기준치를 얻을 수 있으나 경비가 많이 들고 그 과정이 복잡하며 고도의 설비와 기술이 요구되기 때문에 실제로 많은 인원이나, 몸이 불편한 사람을 대상으로 할 때 널리 사용하기에는 어려움이 있어 주로 실험적인 조건에서 이용되고 있다. 따라서 집단에 대해서는 피하지방 두께나 신체 계측치를 이용하는 간접적인 방법이 많이 이용되고 있다.

영양과 건강상태를 평가하기 위한 체형 분류는 판정 방법의 종류에 따라 그 결과가 달라질 수 있다. 대부분의 체형판정 기준이 서구인을 대상으로 연구된 방법이기 때문에 이들 방법을 선택할 때는 동양인과 서양인의 체형의 차이, 한국인의 식생활 및 신체적 특성 등에 적합한 방법인가를 검토하여야 한다¹¹⁾. 즉, 신체지수 간에 체형 판정의 결과가 크게 일치하지 않음에도 불구하고 연구자의 판단에 따라 선정된 신체지수를 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 체형분류 방법 중 가장 많이 이용되는 신체지수인 BMI, Broca 지수, Röhrer 지수를 대상으로 체형판정 기준을 비교하고 각 체형 판정방법에 따른 일치부분을 알아내어 판정방법간의 신뢰성을 알아내고자 실시하였다.

연구방법

1. 체형분류방법의 종류

본연구에서는 체형분류방법 중 현재 우리나라에서 가장 많이 이용되는 신체지수 3가지를 선정하였다. 선정된 신체지수의 계산공식은 다음과 같다.

$$\text{Body Mass Index} = W / (H/100)^2 \quad (1)$$

$$\text{Broca Index} = 10^2 \cdot W / \{0.9 \cdot (H - 100)\} \quad (2)$$

$$\text{Röhrer Index} = 10^7 \cdot W / H^3 \quad (3)$$

여기서 W는 체중(kg), H는 신장(cm)를 의미한다. 각 신체지수는 5가지 체형수준으로 분류되는데 판정기준은 연구자에 따라 다소 차이는 있으나, 일반적으로 우리나라에서는 Table 1과 같은 기준을 적용하고 있다.

2. 신체지수별 체형수준에 대한 신장과 체중의 범위 산출

체형수준인 lean, slightly lean, normal, slightly obese, obese에 해당하는 신장과 체중의 범위를 알아보기 위하여 BMI, Broca 지수, Röhrer 지수 공식(1) - (3)에 Table 1에 표시된 각 체형수준의 경계값을 좌변에 대입하여 이에 해당하는 함수식을 산출하였고, 함수식을 경계로하여 각 체형수준에 해당하는 신장 및 체중의 영역을 구분하였다(Table 2). 그 예로서 BMI, slightly lean의 경우 그 경계값인 15와 20을 (1)식에 대입하면 $15 = W / (H/100)^2 \rightarrow W = 15 \cdot (H/100)^2$ 와 $20 = W / (H/100)^2 \rightarrow W = 20 \cdot (H/100)^2$ 의 경계선이 얻어지고, 두 경계선 사이의 신장과 체중의 영역이 slightly lean에 해당하는 범위에 해당된다. 각 체형수준에 대한 신장과 체중의 범위는 140cm ≤ H ≤ 180cm, 20kg ≤ W ≤ 100kg 의 구간에서 나타내었다.

3. 신체지수간 체형수준판정의 비교분석

각 체형수준에 대한 신장과 체중의 범위를 BMI × Broca, Broca × Röhrer, BMI × Broca × Röhrer의 조

합으로 상호 비교하여 3가지 신체지수간 체형수준 판정의 일치도를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 신체지수별 각 체형수준에 대한 신장과 체중의 범위

BMI, Broca, Röhrer신체지수에 의하여 체형수준을 쉽게 판정할 수 있도록 체형수준의 영역을 신장과 체중의 범위로 도시화하였다. Table 2에 산출된 함수식을 경계로 하여 각 체형수준의 영역을 Fig. 1과 같이 구분하였다. 전반적으로 BMI의 경우에는 slightly lean, normal, slightly obese의 영역이 크게 나타났는데 비하여 Broca와 Röhrer는 매우 작게 나타났다. BMI의 경우 체중 59~62kg에서는 신장에 따라 4종류의 체형수준이 나타났고, Broca는 53~68kg의 범위에서 5종류의 체형수준, Röhrer는 42~65kg에서 5종류의 체형수준이 나타났다. 이로부터 일정한 체중에 대하여 체형수준 판정시 BMI, Broca, Röhrer의 순으로 신장의 영향을 적게 받음을 나타낸다. 또한 일정한 신장에 대하여 Broca와 Röhrer의 경우에는 BMI에 비하여 작은 체중 차이에도 불구하고 체형수준이 변화하기 때문에 체형수준의 차이는 체중 외에 다른 요인에 의해 영향을 받는 것을 추론할 수 있다. 따라서 BMI, Broca, Röhrer의 순으로 신장보다 체중이 체형수준의 판정에 더 영향을 주는 것을 알 수 있다. 이와같은 결과는 BMI는 신장과 상관관계가 낮고 체중, 체지방량 및 피하지방 두께와 상관성이 높아, 신장의 차이가 비만도 판정에 작게 반영된다는 사실¹²⁾과 일치함을 보여준다. 또한 Broca 지수에 의해서는 체중이 많지 않으면서 비만으로 판정되기 쉬우며¹³⁾, Röhrer 지수는 체중과 같은 절대 체격지수뿐 아니라 동일 연령 내의 분포인 상대판정등급을 고려하여 얻어진 상대적 발육도의 표현이라는¹⁴⁾ 특징과 비교하여 볼 때 역시 Broca와 Röhrer에 의한 체형수준의 판정에 체중이 유의하게 작용하지 않음을 알 수 있다. 특히 Röhrer 지수

Table 1. Boundary conditions of BMI, Broca, Röhrer indices for anthropometric levels

\Level Index	lean	Slightly Lean	Normal	Slightly Obese	Obese
BMI	< 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	> 30
Broca	< 80	81 - 89	90 - 110	111 - 119	> 120
Röhrer	< 116	117 - 125	126 - 143	144 - 151	> 152

Table 2. Boundary equations of height vs. weight for anthropometric levels of BMI, Broca, Röhrer indices

Levels\Index	BMI	Broca	Röhrer
-Lean	$15 = W_4 / (H/100)^2$	$80 = 90 \cdot W_6 / (H-100)$	$116 = 10^7 \cdot W_{12} / H^3$
Lean-Slightly lean	$20 = W_3 / (H/100)^2$	$90 = 90 \cdot W_7 / (H-100)$	$126 = 10^7 \cdot W_{11} / H^3$
Slightly lean-Normal	$25 = W_2 / (H/100)^2$	$110 = 90 \cdot W_8 / (H-100)$	$143 = 10^7 \cdot W_{10} / H^3$
Normal-Slightly obese	$30 = W_1 / (H/100)^2$	$120 = 90 \cdot W_9 / (H-100)$	$152 = 10^7 \cdot W_9 / H^3$
Obese-			

W₁₋₁₂ : Weight(kg) ; H : Height(cm)

의 판정은 정규분포하의 편차법을 적용한 5단계인 lean, obese 각각 2.145%, slightly lean, obese 13.19%, normal 68.26%로 분류한 결과이므로 일정한 신장에 대하여 각 체형수준의 체중 범위가 정규분포를 나타낸다(Fig. 1-(c)).

한편, 신체지수가 갖추어야 할 이상적인 조건은 체중과 높은 상관관계를 나타내며, 신장과는 낮은 상관을 가지고, 계산이 간편하고, 체형수준이 쉽게 분류되어야 하는 것으로 알려져 있는데¹⁵⁾, 이와같은 관점에서 볼 때 BMI가 Broca와 Röhler 지수보다 비교적 바람직한 신체지수라고 생각된다.

2. 신체지수간 체형수준의 판정 일치도

신체지수에 따라 체형수준의 판정이 일치되는지의 여부를 분석하였다. BMI와 Broca 지수에 의한 체형수준의 판정은 전체 구간에서 일치하는 부분이 많았으나 체중 45~60kg과 신장 160cm 이상에서 slightly lean 영역의 경우 일치 구간이 없었다(Fig. 2-(a)). Broca와 Röhler 지수의 비교에서는 판정 일치도가 가장 적게 나타났다. 그러나 신장이 170cm 이상에서 slightly lean과 normal에 대한 판정이 일치하는 좁은 영역이 나타났다(Fig. 2-(b)). BMI와 Röhler 지수의 체형 판정은 서로 일치하는 부분이 많았으나, slightly lean의 신장 170cm 이상의 범위와, slightly obese에서는 신장 165cm 이하인 범위에는 일치하는 영역이 없었다. 또한 체중 45~60kg의 범위에서 신장 150cm 이하, 신장 170cm 이상인 경우 일치 영역이 없었다(Fig. 2-(c)). BMI, Broca, Röhler 지수의 비교에서는 신장 170cm 이상인 경우 normal에서만 급히 좁은 일치 영역을 나타내었다(Fig. 2-(d)). 단 모든 비교의 경우에 lean과 obese에서는 일치 영역이 크게 나타났으나 해당되는 범위의 신장과 체중은 실제 인체 치수에서 크게 벗어나기 때문에 실질적인 의미는 없는 일치 영역이다.

우리나라에서는 체형분류를 위해 BMI, Broca, Röhler, 비체중, 체지방량, 피하지방 두께 등의 방법을 주로 사용하고 있는데, 본 연구로부터 각 방법간에 체형수준의 판정이 일치하지 않음을 알 수 있었다. 즉 선택하는 방법에 따라서 그 결과가 달라질 수 있는 문제점이 도출되었다. 실제로는 체형분류 방법을 임의로 선택하여 사용하고 있는 실정을 감안할 때 여러 방법의 결과를 서로 절충하거나 각 방법에 대한 가장 의미있는 신장과 체중의 범위를 정하여 선택적으로 사용하는 것이 바람직할 것이다. 본 연구로부터 제안된 체형수준의 영역을 나타내는 도표 방식을 활용한다면 여러 방법간에 판정 결과가 일치하는 신장과 체중의 범위와 큰 차이를 보이는 범위를 쉽게 식별할 수 있어 판정 대상자의 특성에 따라 알맞는 방법을 선택할 수 있고, 개인뿐 아니라 집단의 체형수준의 분포도 도표로 나타낼 수 있다. 또한 일치하지 않는 범위에서 각 방법의 결과를 절충할 수 있는 방안의 모색에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

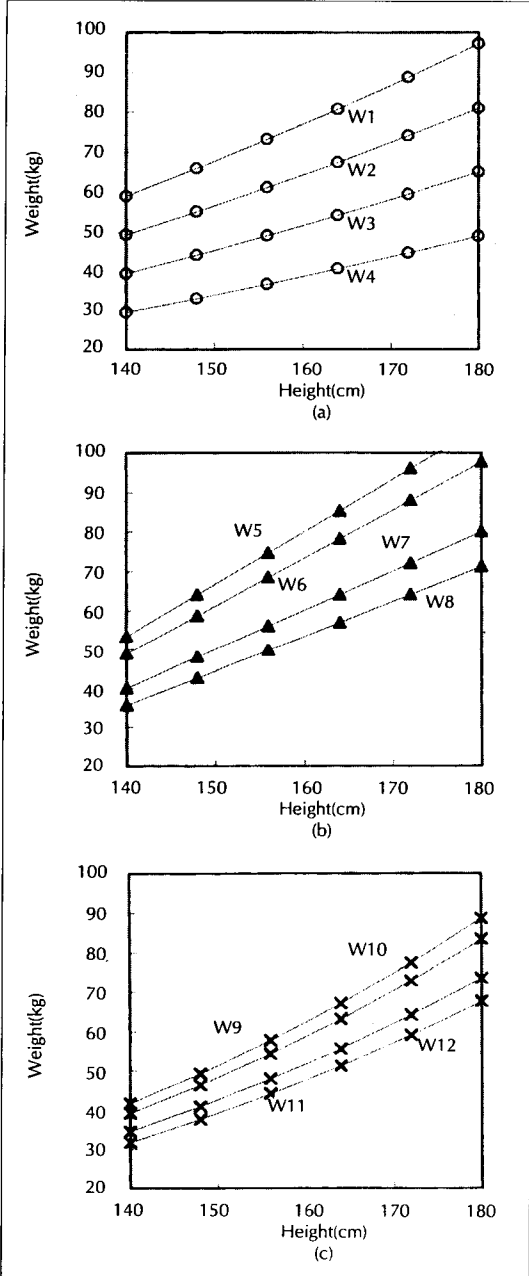


Fig. 1. Boundaries between anthropometric levels
 (a) BMI, (b) Broca, (c) Röhler
 W₁₋₄ : Boundary equations for BMI (Table 2)
 W₅₋₈ : Boundary equations for Broca (Table 2)
 W₉₋₁₂ : Boundary equations for Röhler (Table 2)

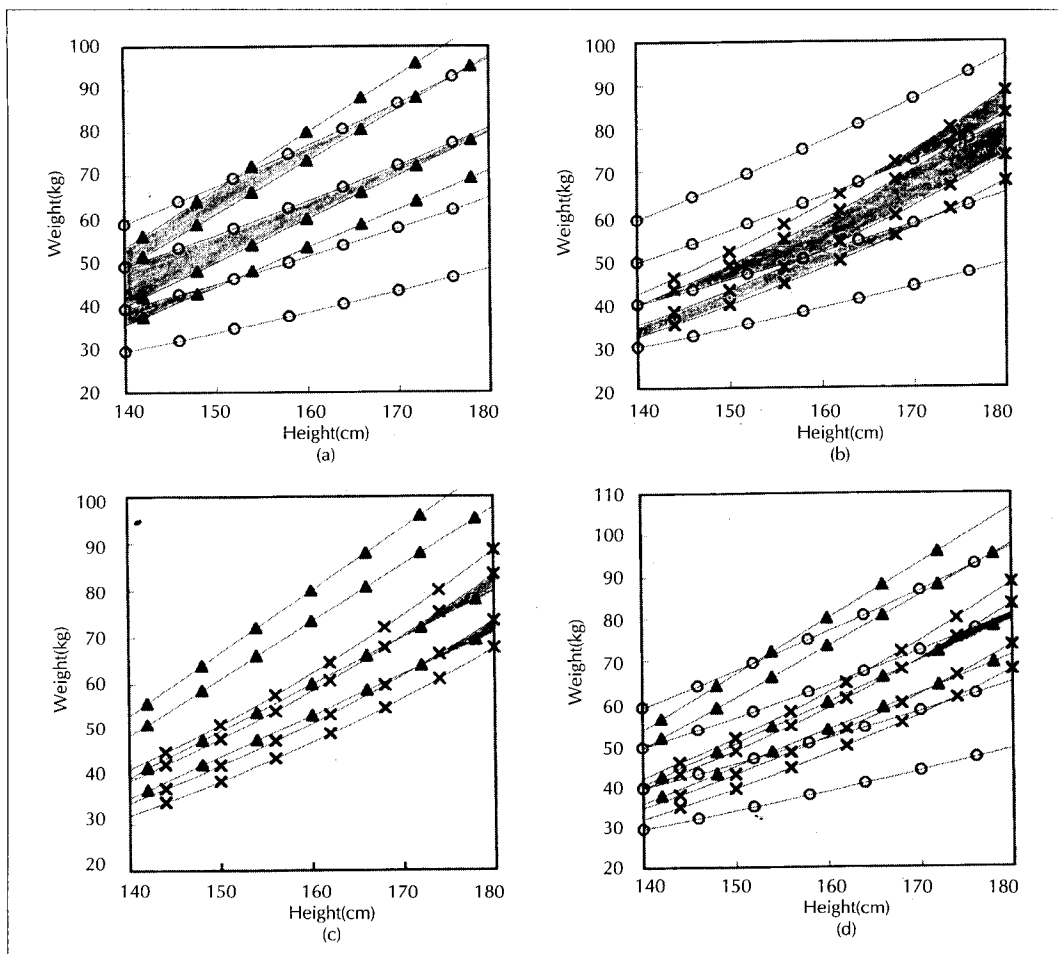


Fig. 2. Agreements on anthropometric levels between BMI, Broca and Röhrrer
 (a) BMI and Broca, (b) BMI and Röhrrer (c) Broca and Röhrrer (d) BMI, Broca and Röhrrer
 O-O : Boundary equations for BMI (Table 2)
 ▲-▲ : Boundary equations for Broca (Table 2)
 X-X : Boundary equations for Röhrrer (Table 2)

결론 및 요약

본 연구에서는 체형 분류 방법중 현재 우리나라에서 가장 많이 이용되는 신체지수 BMI, Broca 및 Röhrrer 지수 3가지를 선정하여 각 신체지수별로 판정된 체형수준의 영역을 신장과 체중의 도표에서 나타낼 수 있는 방식을 개발하였고, 체형수준의 영역을 비교하여 신체지수간에 일치도를 분석하였다. 도표 방식을 활용하여 신체지수간에 판정 결과가 일치하는 신장과 체중의 범위와 큰 차이를 보이는 범위를 쉽게 식별할 수 있었다. 그 결과 BMI, Broca, Röhrrer의 순으로 체형수준의 판정에 체중이 신장보다 더 영향을 주며, 각 방법간에 체형수준의 판정이 상당히 일치하지 않음을 알 수 있었다. 본 연

구 결과를 활용한다면 판정 대상자의 특성에 따라 알맞은 신체지수를 선택할 수 있고, 개인뿐 아니라 집단의 체형수준의 분포도 도표로 나타낼 수 있을 것이다. 또한 방법간에 일치하지 않는 결과를 절충하는 방안의 모색에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

Literature cited

- 1) Stunkard AJ, Sorensen TA, Harnis C, Teasdale TW. An adoption study of Human obesity. *N Engl J Med* 314 : 193-198, 1988
- 2) Evers S. Economic and social factors associated with obesity in adult canadians. *Nut Resurch* 7 : 3-13, 1987
- 3) 최명중 · 송은섭. 체력 측정 및 평가, 금광출판사, 1989
- 4) Gibson RS. Principles of Nutritional Assessment, 155-284,

1990

- 5) Vague J. The degree of masculine differentiation of obesities : A factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout and uric calculous disease. *Am J Clin Nutr* 4 : 20-34, 1956
- 6) Ohlson LO, Svardsudd LK, Welin L, Eriksson H, Wilhelmsen L, Bjornto P and Tibblin G. The influence of body fat distribution on the incidence of diabetes mellitus. 13.3years of follow-up of the participants in the study of men born in 1913. *Diabetes* 34 : 1055-1058, 1985
- 7) Haffner SM, Stern MP, Hazuoa HP. Do Upper-Body and Centralized Adiposity Measure Different Aspects of Regional Bodt-Fat Distribution? *Diabetes* 36 : 43-51, 1987
- 8) Frisancho AR. Nutritional anthropometry. *J Am Diet Assoc* 88(5), 1988
- 9) Keys A, Brozek. Body fat in adult man. *Physiol Rev* 33 : 245, 1953
- 10) 박순영. 한국인의 체위가 시대적 변천에 따른 통계학적 비교고찰. *인간과학* 12 : 31-45, 1978
- 11) 이병순 · 이연숙. 일부 여대생의 신체지수에 따른 체형분류 및 일부 혈액요인과의 상관관계 연구. *한국영양학회지* 26(8) : 942-952, 1993
- 12) Revicki DA, Israel RG. Relationship between Body Mass indices and Measures of Body Adiposity. *Am J Clin Nutr* 76 : 992-994, 1986
- 13) 박동철 · 박순영 · 류동준. 한국인 표준체격과 건강도 판정을 위한 표준체중에 관한 연구. *경희대학교 논문집* 17 : 287-320, 1988
- 14) 서울대학교 사범대학 체육연구소, 신체충실지수표, 삼우문화사. 1986
- 15) Stavig GR, Leonard AR, Igra A, Felten P. Indices of relative body weight and ideal weight charts. *Am J Chron Dis* 37(4) : 255-262, 1984