

Bioelectrical Impedance Analysis를 통한 건강한 성인과 TPN환자의 기초대사량 산출

손은선^a · 김충배^b · 서옥경^c · 신현택^c · 이숙향^c

^a연세의료원 약제부, ^b연세대학교 의과대학 외과학 교실,

^c숙명여자대학교 임상약학대학원

Assessment of Basal Energy Expenditure in Normal Healthy Volunteers and Patients Receiving TPN by Bioelectrical Impedance Analysis

Eun Sun Son^a, Choong Bai Kim^b, Okkyung Suh^c, Suk Hyang Lee^c,
Hyun Taek Shin^c

^aDepartment of Pharmacy, Yonsei University Medical Center
Shinchon-Dong 134, Seoul 120-752, Korea

^bDepartment of Surgery, Yonsei University College of Medicine
Shinchon-Dong 134, Seoul 120-752, Korea

^cGraduate School of Clinical Pharmacy, Sookmyung Women's University,
Chungpa-Dong 2-ka Yongsan-Ku, Seoul 140-742, Korea

Adequate nutrition is important in maintaining optimal health. Malnutrition can expose individual to increased risks of morbidity and mortality. The purposes of this study were to determine the basal energy expenditure (BEE) of Korean healthy subjects and TPN patients using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) method and to compare these values with those predicted by Harris-Benedict equation (H-B). BEE values measured by BIA were compared with predicted BEE values by the H-B formula in 59 clinically stable TPN patients and 65 healthy volunteers. In healthy volunteers and TPN patients, statistically significant differences were not shown between the BEE values measured by BIA (1392.5 Kcal and 1325.9 Kcal) and those predicted by H-B formula (1384.1 Kcal and 1270.1 Kcal). In male volunteers, statistically significant differences were not shown between BEE values measured by BIA (1670.7 Kcal) and the H-B formula (1550.9 Kcal), but in female volunteers, statistically significant differences were shown between BEE values measured by BIA (1194.8 Kcal) and the H-B formula (1265.6 Kcal). In male TPN patients, statistically significant differences were shown between BEE values measured by BIA (1453.5 Kcal) and the H-B formula (1335.9 Kcal), but in female TPN patients, statistically significant differences were not shown between BEE values measured by BIA (1126.4 Kcal) and the H-B formula (1167.2 Kcal). In normal healthy volunteers, 90.8% of BEE values measured by BIA and in TPN patients 89.8% of BEE values measured by BIA were within 15% of BEE values predicted by the H-B formula in non-obese subjects. In conclusion, BEE values predicted by H-B formula or measured by BIA can be applied to non-obese Koreans. However, these values should be confirmed with Indirect calorimetry for Koreans. (Kor. J. Clin. Pharm. 1999; 9(1): 19-26)

Keywords - Basal energy expenditure (BEE), Bioelectrical impedance analysis (BIA)

교신저자: 손은선

서울시 서대문구 신촌동 134번지
연세대학교의료원 신촌세브란스병원 약제부
TEL. 02-361-6798. FAX. 02-364-5130

사람은 영양소를 섭취해서 조직과 골격을 형성하며 생명을 유지한다. 충분치 못한 영양 섭취는 인체의 외부 침입에 대한 방어 능력, 정상세포 유지 및 재생에 영향을 미쳐 질병의 발생 및 합병증, 사망의 위험이 증가될 수 있다.^{1,3)} 따라서 질병의 예방과 치료를 위해 적절한 영양 요법이 필요하다. 먹지 못하는 경우 환자 개인의 열량 요구량에 따라 필요량을 결정하는데,^{1,2,4,5)} 경장과 경정맥으로 영양을 공급한다. 그러므로, 환자에게 적절한 필요 열량을 계산하여 지원해야 한다. 열량 측정방법으로는 여러가지가 있는데, 1990년대에 들면서 사용되는 방법으로 Bioelectric Impedance Analysis(BIA)를 이용한 것이 있다. BIA는 비침투적(noninvasive)이면서 반복적으로 간편하게 고통없이 사용할 수 있는 것으로 그 유효성과 임상적 적용성이 널리 평가 되었다.⁶⁻¹⁰⁾ 교류 전류를 액체로 채워진 실린더에 흘릴 때 저항은 실린더의 길이에 비례하고 직경에 반비례한다. 길이와 직경이 일정하다면 저항은 액체의 양, 종류와 관련이 있다.¹¹⁾ BIA의 기본 원리는 신체를 이런 실린더의 한 종류라고 볼 수 있으므로 피검자에게 인체에 무해한 낮은 전류를 흘려보내면 생체 저항은 인체가 전류를 얼마나 잘 전도하는가를 나타내는데 있다. 비지방 조직은 자체의 높은 수분함량과 전해질 함유량으로 전류가 잘 통한다. 그러나 지방 조직은 수분 함량이 낮기 때문에 저항력이 크다. BIA 기술은 체액량을 결정하며, 지방을 제외한 근육(Fat Free Mass:FFM)의 변화를 나타내는 한 방법으로 점점 대중화되고 있다.¹²⁾

Segal 등은 인체 구성을 BIA로 예측하는데, 지방(fat)과 지방을 제외한 근육(Fat Free Mass: FFM)양을 계산하기 위해서 표준밀도(densitometric)식을 적용했으며, 총 체액량(Total Body Water: TBW)와 body density값은 저항, 환자의 키, 나이, 성별을 기초로한 회귀방정식으로 컴퓨터 프로그램화 되어 있다.¹³⁾ Lukaski 등과 Lin 등은 인체를 BIA로 분석하여 FFM을 측정할 경우 정수점량(Hydrostatic weighing), 피부 두께 측정(skinfold measurements), 초음파(ultrasound), 적외선 interactance (infrared interactance)보다 정확하고 높은 반복력을 나타냈다고 보고했다.^{8,14)} 그리고 BIA로 측정된 FFM의 오차는 2.7%로 인체 측정법(anthropometry) 3.9%보다 낮다고 보고했다.⁹⁾

대부분 Total Parenteral Nutrition(TPN)을 투여받는 입원 환자의 열량 요구량을 결정하는데 H-B식을 이용해서 예측한다. 그러나 보편적으로 쓰이고 있는 H-B식이 한국인에게 적절한가에 대한 논란이 있다. 그

러므로 BIA를 통해 기초대사량을 측정함으로써 한국인의 건강한 성인과 환자의 기초대사량(Basal energy expenditure: BEE)을 예측하고 이를 H-B식과 비교 분석하고자 하였다.

실험방법

실험대상

연구대상 집단은 건강한 성인군과 입원 환자군으로 대별하였다. 건강한 성인군은 자발적 참여로써 모집했으며, 입원 환자군은 1997년 4월부터 1997년 10월 사이에 연세의료원에 입원해서 TPN을 투여받은 환자로 선정하였다. 참가한 총 인원은 124명으로 건강한 성인군 65명과 환자군 59명이었다. 건강한 성인군은 남자 27명과 여자 38명이었고 환자군은 남자 36명과 여자 23명이었다.

건강한 성인의 경우 건강한 성인 남녀로서 신체적, 정신적 질환이 없는 자로서 열이 없는 자를 포함하였다. TPN 환자군의 경우 TPN을 투여받은 환자로 TPN을 시작해서 regimen(calorie와protein)에 변화없이 최소한 48시간이 경과한 자로서 열이 없는 자를 포함하였다.

18세 미만의 소아환자, 운동선수, 생리중인 여성, 임신부, 수유부, 울혈성 심부전, 수신증(nephrosis), 경변증(cirrhosis)이 있는 환자 및 중환자실 입원 환자, 다음 기준에 의해 심하게 수분의 불균형을 보이는 환자(정상: 0.69-0.73, 수분과잉: >0.84, 탈수상태: <0.66), 병적상태의 비만인(morbid obesity), 신경성 식욕부진 환자(anorexia nervosa), 심장질환, 당뇨병, 신장질환 등이 있는 자, pacemaker를 부착한 자, 화상, 큰 외상, 골절환자, 신체 장애인은 연구 대상에서 제외하였다.

환자의 주요 질환은 위암(stomach cancer)이 16명, 대장암(colon cancer) 12명, 직장암(rectal cancer) 11명, 장관폐색(intestinal obstruction)이 5명, 식도암(esophageal cancer) 3명이었고, 그 외는 후천성 면역 결핍증(AIDS)과 급성 췌장염(acute pancreatitis) 등이 있었다.

자료 수집

피검자의 성별, 키, 몸무게, 나이, 이상적인 몸무게, 이상적인 몸무게%, 체지방 %, 총체액량(TBW), 체지방을 제외한 몸무게(LBW), hydration of FFM, Body Mass Index(BMI), 기초대사량을 조사하였고 환자군은 의무기록지를 사용하여 질병명과 투여받은 TPN의 calorie, 투여 일수를 조사하였다. 이상적인 체중은

BMI를 이용한 방법¹⁵⁻¹⁷⁾을 사용해서 계산했는데, 남자는 22을 기준으로 여자는 21을 기준으로 했다. 따라서 키를 meter로 환산한 후 제공하고 남자는 22를 곱하고, 여자는 21를 곱해서 이용했다. 이 기준은 보통 정상인의 BMI를 20-25로 볼 때 좁게 책정된 것이고 BMI 수치가 25를 초과하더라도 다른 연구자의 한국인의 계측치¹⁶⁾를 참고해 볼 때 비만정도가 높지 않아서 이 연구에 참가시켰다. 몸의 수분 상태를 나타내는 Hydration of FFM은 총 체액량(TBW)을 체지방을 제외한 몸무게(LBW)로 나눠서 계산했다.⁹⁾ 몸의 수분 과잉 상태를 0.85이상, 탈수 상태를 0.65 이하로 정하였다.

기초대사량 측정방법

기초대사량은 H-B식과 BIA를 사용해서 BEE를 측정 비교하였다.

가. Harris-Benedict 공식¹⁸⁾

M: $66+(13.7 W)+(5 H)-(6.8 A)$

F: $655+(9.6 W)+(1.7 H)-(4.7 A)$

W: Kg body weight

H: Height in cm

A: Age in years

나. BIA의 BEE 측정식¹⁹⁾

Sterling-Pasmore Equation

$BEE(Kcal/day)=30.4 \times LBW(Kg)$

LBW: Lean body weight

BEE를 측정하기 위해 Bioelectric Impedance

Analyzer: BIODYNAMICS사의 Biodynamics

Model 310을 사용하였다.

통계처리

각 군의 비교와 각 집단내 비교는 2 sample t test로 하였으며, BEE와 변수와의 상관관계는 multiple regression 처리했고 모든 통계는 SAS program을 이용하였다.

결 과

본 연구에 참가한 총 인원은 124명으로 건강한 성인군 65명과 환자군 59명이었다. 건강한 성인군은 남자 27명과 여자 38명이었고 환자군은 남자 36명과 여

Table 1. Baseline characteristics of Normal healthy volunteers and TPN patients

	Normal			TPN Patients		
	total	male (Mean ± SD)	female (Mean ± SD)	total	male (Mean ± SD)	female (Mean ± SD)
Age (yrs)	37.5 ± 12.3	40.9 ± 13.1	35.1 ± 11.4	54.9 ± 12.9	56.6 ± 12.2	52.5 ± 13.9
20-29	24	6	18	1	0	1
30-39	17	10	7	6	3	3
40-49	9	2	7	14	7	7
50-59	11	6	5	14	9	4
60-69	4	3	1	18	14	4
70-79				6	3	3
Sex						
Male	27			36		
Female	38			23		
Height (cm)	163 ± 7.4	168.2 ± 7.2	159.3 ± 4.8	163.4 ± 7.7	168.2 ± 4.9	156.2 ± 5.1
Actual Weight(kg)	58.9 ± 11.4	67.3 ± 11.8	52.9 ± 6.4	56.8 ± 10.6	59.9 ± 9.9	51.9 ± 10.1
IBW (kg)	57.1 ± 6.1	62.3 ± 5.3	53.3 ± 3.2	57.9 ± 6.4	62.3 ± 3.6	51.5 ± 3.4
% of IBW (%)	103.0 ± 14.2	107.6 ± 13.2	99.8 ± 14.1	98.5 ± 16.4	96.4 ± 14.8	101.8 ± 18.6
BMI (kg/m ²)	22.1 ± 3.2	23.7 ± 2.9	20.9 ± 2.9	21.2 ± 3.5	21.0 ± 3.4	21.4 ± 3.8
% of fat (%)	22.4 ± 6.2	18.0 ± 5.2	25.5 ± 4.8	22.5 ± 8.5	19.1 ± 7.2	27.5 ± 8.1
Hydration of FFM	0.71 ± 0.01	0.71 ± 0.01	0.71 ± 0.02	0.74 ± 0.03	0.75 ± 0.03	0.73 ± 0.03
TBW (l)	32.3 ± 7.0	39.0 ± 5.9	27.6 ± 2.3	32.4 ± 5.9	35.8 ± 4.9	27.2 ± 2.6
LBW (kg)	45.8 ± 10.0	54.9 ± 8.9	39.3 ± 3.8	43.8 ± 8.3	48.1 ± 7.0	37.1 ± 4.8

IBW: ideal body weight BMI: body mass index: weight(kg)/height²(m²)
FFM: fat free mass TBW: total body water LBW: lean body weight

자 23명이었다. BIA의 경우 2회 측정하였는데 95% 이상의 재현율을 보였으며, 측정된 두 값의 평균을 사용해서 H-B 예측식과 비교하였다. 그러나, 체중이 심하게 가벼운 한 환자의 경우 BIA로 측정되지 않아 제외되었다. 건강한 성인과 TPN 환자의 특징은 Table 1에 나타내었다.

TPN을 투여 받았던 환자의 주요 질환은 위암(stomach cancer)이 15명(25.4%)이었고, 대장암(colon cancer) 12명(20.3%), 직장암(rectal cancer) 11명(18.6%), 장관폐색(intestinal obstruction)이 5명, 식도암(esophageal cancer) 3명 이었고, 그 외는 후천성 면역 결핍증(AIDS)과 급성 췌장염(acute pancreatitis) 등이 있었다(Table 2).

TPN 투여일수는 평균 12.6 ± 13.2 일로 5일에서 79일까지 투여했으며, 환자가 공급받은 평균 열량은 1712.6 ± 300.7 Kcal/day로, 30.9 ± 6.9 Kcal/kg 이었다.

BIA를 통한 기초대사량과 H-B식을 통한 기초대사량을 비교한 결과는 Table 3에 나타내었다. 총 인원(건강한 성인군+환자군)에서 BIA 통해 측정된 기초대사량과 H-B식으로 예측한 기초대사량은 각각 1360.8 ± 281.5 Kcal와 1329.9 ± 205.7 Kcal로 유의한 차이는 없었다($P=0.325$). 건강한 성인군에서 기초대사량 산정에 BIA를 통해 측정된 값과 H-B식으로 예측한 값

Table 2. Main diagnosis of TPN patients

Diagnosis	Total	Males(N)	Females(N)
Stomach Cancer	15	12	3
Colon Cancer	12	7	5
Rectal Cancer	11	7	4
Intestinal Obstruction	5	5	-
Esophageal Cancer	3	3	-
Others	13	8	5

Table 3. The comparison of basal energy expenditure values by BIA and H-B

	BIA Mean \pm SD (Range)	H-B Mean \pm SD (Range)	p-Value
Total subjects	$1360.8 \pm 281.5(864.0-2265.0)$	$1329.9 \pm 205.7(968.0-2044.0)$	0.325
Normal subjects	$1392.5 \pm 304.0(966.5 \pm 2265.0)$	$1384.1 \pm 215.2(1064.7-2044.6)$	0.857
TPN patients	$1325.9 \pm 250.7(864.0-1969.0)$	$1270.1 \pm 176.9(968.6-1871.8)$	0.167
Total male subjects	$1546.6 \pm 263.1(1038.0-2265.0)$	$1428.0 \pm 236.6(968.6-2044.6)$	0.009*
Total female subjects	$1169.0 \pm 131.4(864.0-1521.0)$	$1228.5 \pm 90.3(980.9-1386.4)$	0.004*
Male volunteers	$1670.7 \pm 270.4(1199.0-2265.0)$	$1550.9 \pm 246.6(1064.0-2044.6)$	0.095
Female volunteers	$1194.8 \pm 116.6(966.5-1450.0)$	$1265.6 \pm 59.4(1149.9-1386.4)$	0.0015*
Male patients	$1453.5 \pm 214.6(1038.0-1691.0)$	$1335.9 \pm 177.8(968.6-1871.8)$	0.017*
Female patients	$1126.4 \pm 146.0(864.0-1521.0)$	$1167.2 \pm 109.3(980.9-1311.0)$	0.279

*Significantly different ($p < 0.05$) (2 sample t-test)

Table 4. The comparison of BEE ratio (H-B/BIA) outside $\pm 15\%$ range

H-B/BIA	Normal 6/65 (9.2%)	TPN Patients 6/59 (10.2%)
	0.81	0.83
	1.19	0.81
	1.21	0.83
	1.20	0.81
	1.19	0.73
	1.19	1.15

은 각각 1392.5 ± 304.0 Kcal와 1384.1 ± 215.2 Kcal로 역시 유의한 차이가 없었다($p=0.857$) 또한 환자군은 BIA 측정값과 H-B식을 비교한 기초대사량이 각각 1325.9 ± 250.7 Kcal과 1270.1 ± 176.9 Kcal로 유의한 차이가 없었다($P=0.167$). 그러나 건강한 성인군에서 65명 중 47명(72.3%), 환자군에서는 59명 중 36명(61.0%)이 예측치가 측정치의 $\pm 10\%$ 이내에 들었고, 건강한 성인군에서는 65명 중 59명(90.8%), 환자군에서는 59명 중 53명(89.8%)이 $\pm 15\%$ 이내에 들었다. 또, $\pm 15\%$ 범위를 벗어난 환자군과 건강한 성인군은 10.2%와 9.2% 였다(Table 4).

그러나, 총 인원 중에서 남자의 BIA로 측정된 기초대사량과 H-B식으로 예측한 값을 비교할 때 각각 1546.6 ± 263.1 Kcal와 1428.0 ± 236.6 Kcal으로 유의한 차이가 있었다($P=0.009$), 총인원 중에서 여자의 BIA로 측정된 기초대사량과 H-B식으로 예측한 값을 비교해 보면 1169.0 ± 131.4 Kcal와 1228.9 ± 90.3 Kcal로 유의한 차이가 있었다($P=0.004$)(Table 5). 건강한 성인군에서 남자만의 BIA로 측정된 기초대사량을 H-B식과 비교했을 때, 평균 1670.7 ± 270.4 Kcal와 1550.9 ± 246.6 Kcal로 유의한 차이가 없었으나($p=0.095$)이 군

Table 5. Baseline characteristics of male and female subjects

	Height † (cm)	Weight † (kg)	% of fat †	LBW † (kg)	TBW † (l)	BIA †	H-B †	P Value
male subjects	168±6.0	62.8±11.6	18.5±6.5	50.9±8.7	37.1±5.7	1546.6±263.1	1428.0±236.6	0.009*
female subjects	158±5.1	52.7±7.8	26.5±5.7	38.4±4.3	27.4±2.5	1169.0±131.4	1228.5±90.3	0.004*

* Significantly different (p<0.05). † expressed as Mean±S.D

의 여자만을 비교해 보면 BIA로 측정된 경우 1194.8±116.6 Kcal와 H-B 예측식은 1265.6±59.4 Kcal로 유의한 차이가 있었다(P=0.0015) 환자군 중에서 남자만을 비교해 보면 BIA로 측정된 평균값은 1453.5±214.6 Kcal였고 H-B 예측식 평균값은 1335.9±177.8 Kcal로 유의한 차이를 보였으나(P=0.017) 이 군의 여자만을 비교했을 때 1126.4±146.0 Kcal와 1167.2±109.3 Kcal로 유의한 차이를 보이지 않았다.(P=0.279) (Table 3)

BIA로 측정된 건강한 성인군과 환자군의 기초대사량을 비교할 경우 1392.5±304.0 Kcal와 1325.9±250.7 Kcal로 유의한 차이가 없었다.(P=0.1869) 그러나, H-B 예측식으로 산정한 기초대사량은 건강한 성인군과 환자군에서 1384.1±215.2 Kcal와 1270.1±176.9 Kcal로 유의한 차이를 보였다.(p=0.00167)(Table 6)

BIA로 기초대사량을 산정하는데 영향을 주는 인자를 살펴본 결과 기초대사량은 키(r=0.75), 총 체액량(r=0.98), 몸무게(r=0.88)와 높은 상관관계를 보였다. 또한 나이와는 역(-) 상관관계를 보였다.(Table 7) 따라서 BIA로 측정된 기초대사량도 H-B 예측식과 마찬가지로 키, 몸무게는 (+)로 나이에는 (-)의 상관관계를 보였다.

고 찰

적절한 영양 공급은 세포의 기능과 유지, 재생에 관

여하며, 외부에 대한 방어 기능과 면역 체계를 향상시키므로 일반 및 기회 감염을 줄인다. 영양 결핍이 일어나면, 상처 치유 지연 및 생명 유지 기능 등 인체에 영향을 미치므로, 개개인의 영양 상태 및 신체적 조건 등을 고려해서 영양을 공급해야 한다. 그러므로 이러한 영양 공급을 위해서는 개개인의 영양 상태 및 신체적 조건에 부합되는 열량 요구량 결정은 그만큼 중요하다. 이러한 열량 요구량을 결정하는데 있어서 여러 가지 방법이 사용되고 있으며 그 변수도 다양하다.

H-B 예측식은 1919년에 기초대사량을 간접 열량 측정법을 사용하여, 136명 건강한 성인 남자와 103명의 건강한 성인 여자를 대상으로 산정하였다. 오늘날 이 예측식은 다양한 평가를 거치면서 열량 요구량 산정에 가장 빈번히 사용되고 있으며, 총 열량 요구량은 환자의 활동성과 질병 상태에 따라서 그 필요량이 감소되어 투여되고 있다. 여러 연구자들은 H-B 예측식과 비교하여 열량 필요량을 평가하는데, 직접 열량 측정법은 복잡하고, 환자 적응이 필요하므로, 임상적 적용이 어려워 간접적 측정법으로 실시하여 다양한 결과를 얻었다. Stewart 등의 연구에 의하면, 호흡기를 부착한 중환자와 정상인에게 간접 측정법의 한종류인 Douglas bag technique으로 열량 소비량을 측정하여 비교했는데, 20명의 정상인은 측정치와 예측치의 차이가 없었다. 그러나, 10명의 환자에서는 예측치가 측정치보다 18% 정도 낮게 예측되었다.²⁰⁾ Knox 등은

Table 6. The comparison of basal energy expenditure values in normal healthy volunteers and TPN patients by BIA and H-B

	Normal Mean±SD	TPN Patients Mean±SD	p-Value
BIA (Means±SD)	1392.5±304.0(966.5-2265.0)	1325.9±250.7(864.0-1969.0)	0.1869
H-B (Means±SD)	1384.1±215.2(1064.0-2044.6)	1270.1±176.9(968.6-1871.0)	0.00167*

*Significantly different (p<0.05)

Table 7. Correlations (r-values) between BEE values and the characteristics of the subjects

	Fat	LBW	Age	Height	Sex	TBW	Weight
BEE	0.1107	1.0000	-0.0855	0.7544	-0.6714	0.9780	0.8883

200명 암환자를 대상으로 예측치와 측정치를 비교했을 때 82명의 환자에 있어서는 예측치와 비슷한 것으로 보고했다.²¹⁾ 또 다른 Feurer 등의 연구에 의하면, 200명의 암환자와 72명의 건강한 사람을 대상으로 간접 열량 측정법으로 측정된 열량을 H-B식으로 비교한 결과 환자의 40% 정도와 건강인의 20% 정도가 H-B식의 예측치보다 10% 높거나 낮게 측정되었다.²²⁾ Carlsson 등의 연구에 의하면, 인공 호흡기를 부착한 감염 및 외상 환자에 있어서도 측정치가 예측치의 70-126% 정도로 유사한 결과가 나타났다.²³⁾ Weissman 등의 연구에 의하면 인공 호흡기를 부착한 중환자에 있어서 간접 열량 측정법으로 측정된 열량은 예측치의 70-140% 었음을 나타냈고, 이런 환자의 대사에는 수분의 과다투여, 많은 양의 진정제 및 근육 이완제 투여, 영양 불균형, 임상적 조건 등 여러가지 인자가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기초대사량 측정치 분포가 이렇듯 넓은 범위를 갖는 것은 여러 인자들이 환자의 대사에 영향을 주기 때문이라고 했다.²⁴⁾ Knox 등과 Lindmark 등은 기초대사량 예측치와 측정치 비교 결과를 정상 대사(normometabolism), 과잉 대사(hypermetabolism), 과소 대사(hypometabolism)이다.^{21,25)} H-B식 초기 논문에 의하면 정상인의 88%가 측정치 $\pm 10\%$ 내에 들었고, 95%는 $\pm 14\%$ 내에 들었다.²²⁾ Boothby 등의 연구에서는 정상인 92%가 예상치의 $\pm 10\%$ 내에 있었으며 99%는 $\pm 15\%$ 내에 있었다. 따라서 환자의 열량 요구량이 예상된 기초대사량이 $\pm 15\%$ 를 벗어났다면 아마도 질병 또는 치료 중이거나, 체구성(body composition) 또는 대사의 변화 때문일 것이라 했다.^{26,27)}

본 연구는 총 인원을 과 BIA 측정식과 H-B예측식으로 비교했을 때 각각 1360.8 Kcal와 1329.9 Kcal로 유의한 차이를 보이지 않았다. 건강한 성인군과 환자군에서도 예측치와 측정치는 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 같은 regimen으로 영양의 균형을 이룬 후 측정을 했고 대부분 환자가 임상적으로 안정한 상태였기 때문이라고 생각된다. 그러나 본 연구에 참가한 사람 중 건강한 성인군에서 65명 중 47명(72.3%), 환자군에서 59명 중 36명(61.0%)만이 예측치가 측정치의 $\pm 10\%$ 내에 들었지만, 건강한 성인군에서 65명 중 59명(90.8%), 환자군에서 59명 중 53명(89.8%)이 $\pm 15\%$ 내에 들었다. 그러나 $\pm 15\%$ 범위를 벗어난 환자군과 건강한 성인군은 다른 양상을 보여주고 있었다. 건강한 성인군은 예측치가 측정치보다 더 큰 값을 나타낸 경우가 6명 중 5명이었고, 환자군의 경우는

6명 중 1명이었다. 예측치보다 측정치가 더 큰 값을 나타내어 더 많은 열량 공급이 필요한 경우가 건강한 성인군에서는 6명 중 1명 뿐이었지만, 환자군의 경우는 6명 중 5명에 달해 더 많은 열량 공급이 필요함을 보여주고 있다.

BIA로 측정된 기초대사량과 H-B식으로 예측한 열량은 총 인원 중 남자군(건강한 성인군+환자군)에서 1546.6 Kcal와 1428.0 Kcal이고, 여자군(건강한 성인군+환자군)에서는 1169.0 Kcal와 1228.5 Kcal로 유의한 차이를 보였는데 이는 환자군과 건강한 성인군의 남녀 구성비가 다르기 때문으로 생각된다. 총 인원 124명 중 남자가 65명이고, 여자가 61명으로 남녀 비율은 비슷하지만, 남자는 건강한 사람이 42.8%(63명 중 27명)였고, 여자는 62.2%(61명 중 38명) 였다. 또, 남자군 보다는 여자군이 변수 중 몸무게와 체지방을 제거한 몸무게에 대한 영향이 더 많음을 알 수 있었다. 남자군은 평균 몸무게에 대한 체지방을 제외한 몸무게의 비율이 1.2 정도이고, 여자군은 1.4로 높았다.

총 인원중 남자군(건강한 성인군+환자군)을 BIA 측정식과 H-B 예측식으로 비교했을 때 그 변수가 키, 몸무게, 나이, 총 체액량, 지방, 체지방을 제외한 몸무게(LBW) 등이 있는데, 가장 중요한 변수는 몸무게와 체지방을 제외한 몸무게(LBW)이다. 평균 몸무게는 62.8 kg이고 체지방을 제외한 몸무게는 50.9 kg였다. BIA로 측정된 기초대사량은 평균 1546.6 Kcal이고 H-B 예측식으로는 평균 1428.0 Kcal였다. 이들은 유의한 차이를 보였고, 기초대사량이 H-B 예측식 보다 BIA측정이 더 많음을 보였다.

총 남자 63명 중 환자군이 36명이고, 건강한 남자는 27명이어서 결과에 환자군이 더 많은 영향을 준 것이라고 생각된다. 따라서 각 남자군을 살펴보면, 건강한 남자군에서 BIA 측정식과 H-B 예측식으로 산정한 기초대사량을 비교할 때 1670.7 Kcal와 1550.9 Kcal로 유의한 차이가 없었으나, 남자 환자군에서는 1453.5 Kcal와 1335.9 Kcal로 유의한 차이가 있었다. 이는 건강한 남자군과 남자 환자의 차이를 보이는 총 체액량(TBW)과 체지방을 제외한 몸무게(LBW)로 건강한 남자군은 평균 39.0 l와 54.9 kg이고 남자 환자군은 평균 35.8 l와 48.1 kg이었고, 남자 환자군이 나이도 많았다. 그러나 두 군 모두 H-B 예측식보다 BIA 측정 이 더 많은 기초대사량을 보여 총 인원의 남자군과 같은 양상을 보였다. 또한 총 인원의 여자군(건강한 성인군과 환자군)을 BIA 측정식과 H-B 예측식을 비교해 보면 1169.4 Kcal와 1228.5 Kcal로 유의한 차

이를 보였다. 총 여자 61명 중 건강한 여자군이 38명이고, 환자가 23명이었다. 따라서 건강한 여자군이 결과에 더 많은 영향이 있었으리라 사료된다. 총 여자군의 평균 몸무게는 52.7 kg이고 체지방을 제외한 몸무게는 38.4 kg으로 남자군에 비해 가벼웠고, 총 체액량이 27.4 l로 적었으며 체지방은 26.5%로 훨씬 많았다. 총 인원의 여자군이 체지방을 제거한 몸무게(LBW)가 적고, 몸무게에서 지방이 차지하는 비율이 높음을 간접적으로 보여주고 있다. 그러므로 BIA 측정보다 H-B 예측식이 더 많은 기초대사량을 보였으리라 생각되며, 실제로 열량 요구량 및 약용량 산정에 많은 고려를 해야 할 것으로 생각된다. 각 군을 살펴보면, 건강한 여자군에서 BIA 측정식과 H-B 예측식으로 산정한 기초대사량을 비교시 1194.8 Kcal와 1265.6 Kcal로 유의한 차이를 보였고, 여자 환자군에서 BIA 측정과 H-B 예측식으로 산정한 기초대사량은 유의한 차이가 없었으나, 역시 H-B 예측치가 BIA 측정치보다 높게 나타났다. 두 군 모두가 체지방의 비율이 높고, 체지방을 제외한 몸무게가 적고 총 체액량이 적었지만, 여자 환자군에서는 유의한 차이가 없었다. 이는 나이가 많고, 검사에 참여한 환자 수가 적었기 때문인 것으로 추정되므로 더 많은 인원수와 나이별 분포를 고르게 해본다면 다른 결과가 나올 수도 있으리라 생각된다. 그러나 두 군 모두 BIA 측정치보다 H-B 예측치가 더 많은 기초대사량을 보여 총 인원의 여자군과 같은 양상을 보였다.

BIA 측정식으로 건강한 성인과 환자군에서 비교할 때 1325.9 Kcal와 1392.5 Kcal로 유의한 차이가 없었다. 이는 BIA에 영향을 주는 인자 즉 키, 몸무게, 총 체액량(TBW), 체지방을 제외한 몸무게가 비슷했기 때문이다. 그러나 H-B식으로 건강한 성인군과 환자군의 기초대사량을 예측할 때 영향을 주는 인자는 키, 몸무게, 나이로 키와 몸무게는 (+) 방향으로 작용하고 나이는 (-) 방향으로 작용한다. BIA로 측정할 때와 마찬가지로 (+) 방향으로 작용하는 평균 키와 몸무게는 비슷하나, (-) 방향으로 작용하는 나이가 건강한 성인군에서는 평균 37.5세였고, 환자군에서는 54.9세였다. 따라서 건강한 성인군에서 H-B 예측식으로 나온 기초대사량은 1384.1 Kcal이고, 환자군은 1270.1 Kcal로 유의한 차이를 보였다.

본 연구는 기초대사량 산정에 있어 건강한 성인과 TPN을 투여받는 임상적으로 안정한 환자를 대상으로 했다. 따라서 좀더 다양한 질병을 앓는 환자들과 수술 전 후의 환자, 비만한 성인군과 환자군 등을 대상으로

다양한 연구가 필요할 것이다. 특히 중환자실의 입원 환자에 대해서도 환자 질병의 개선 및 회복, 건강을 유지하기 위한 적절한 영양 설계 연구가 필요하리라 본다. BIA는 인체에 약한 전류를 흘려 보내는 방법으로 검사를 하고 있어 EKG를 달고 있는 환자에게는 사용할 수 없었다. 또한 몸무게가 적은 경우(예: IBW의 57%) BIA 방법으로는 측정할 수 없었다. 따라서 심하게 체중 감소가 일어난 일부 환자에게는 적용할 수 없다는데 그 한계가 있다. 또한 연구에 참여한 환자군은 대부분 암환자이고, 40대 이후의 환자였지만 연령층이 낮은 군을 포함시켜서 비교 연구해 본다면 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있으리라 생각된다.

일반적으로 기초대사량을 산정하는데 H-B식보다 간접적인 열량 측정법이 더 정확하다고 본다.²⁸⁾ 따라서 한국인을 대상으로 하여 Indirect calorimetry로 기초대사량을 측정할 연구가 필요하나 Indirect calorimetry를 갖고 있는 기관이 극소수여서 문제점으로 제시된다.

본 연구에서 사용했던 BIA와 H-B식을 Indirect calorimetry로 측정된 기초대사량과 비교함으로써 한국인에게 좀 더 편리하고 정확한 기초대사량을 산출할 수 있으리라 생각된다. 향후 한국인에 알맞는 기초대사량 산정을 위한 폭 넓은 연구가 필요하다고 생각된다.

결 론

환자의 열량 요구량을 결정할 때는 신체 계측치와, 현재 질병 상태 등 여러가지 인자들이 작용하여 열량 요구량 결정하는데 개개인의 기초대사량을 산정하는 일은 매우 중요한 일이다. 따라서 현재 기초대사량 산정에 보편적으로 사용하고 있는 H-B 예측식과 BIA로 환자의 기초대사량을 측정 비교한 결과는 BIA에 의한 기초대사량 측정방법은 H-B공식과 비교할 때, 비만과 저체중이 아닌 한국인 건강한 성인과 환자 대부분에서 H-B 예측치의 $\pm 15\%$ 이내에 들었다. 그러므로 H-B공식 혹은 BIA를 사용하여 기초대사량을 한국인에게 적용할 경우에 BMI 범위가 이상적이라고 할 수 있는 20-25인 사람에게 적용할 수 있다고 볼 수 있다. 그러나 이런 결과들은 Indirect calorimetry를 사용하여 한국인을 대상으로 재검토가 필요하리라 생각된다.

문 헌

1. 신완균, 김민정, 안혜원, 등. 임상 영양학 -임상영양

- 학을 위한 고영양수액 요법, 제2판. 서울대학교병원 약제부: 신일상사, 1996
2. Joseph T. Dipro, Robert L, Talbert, et al. Pharmacotherapy a pathophysiologic approach, 3rd edition: Elsevier Science Publishing Co. Inc, 1997
 3. Grant JP. Nutritional assessment in clinical practice. *Nutri clin pract* 1986; 1: 3-11
 4. Allam M Rosa, et al. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *Am J clin nutri* 1984; 40: 168-182
 5. Thomas R. Brown. Handbook of institutional pharmacy practice 3rd edition ASHP 1992
 6. D. Schroeder, PM Christie, GL Hill. Bioelectrical impedance Analysis for body composition: Clinical evaluation in General Surgical Patients. *JPEN* 1990; 14: 129-133
 7. Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1986; 4: 417-424
 8. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, et al. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985; 41: 810-817
 9. Lukaski NC, Bolonchuk WW, Hall CB, et al. Validation of tetra polar bioelectrical impedance method to assess body composition. *J Appl Physiol* 1986; 60: 1327-1332
 10. Meguid MM, Chen RD, Chung R, et al. Bioelectrical impedance method in body composition studies. *JPEN* 1987; 11(Suppl): 155
 11. Rombeau Caldwell. Clinical nutrition parenteral nutrition, 2nd edition: W.B. Saunders company, 1993
 12. Journal of parenteral and enteral nutrition. 1993; 17: 4-7
 13. Segal, Karen R, Bernard Gutin, et al. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. *J Appl Physiol* 1985; 58(5): 1565-1571
 14. Lin, K.H, et al. Reliability of body fat measurement. Skinfold, bioelectrical impedance analysis and infrared. *Journal of the physical therapy association of the republic of china*; September 1995; 102-108
 15. Irene D. Feurer, Lon O. Crosby, Gordon P. Buzby, et al. Resting energy expenditure in morbid obesity. *Ann Surg* 1983; 197: 17-21
 16. 시혜은, 안성숙, 신현택, 등. 한국인에 적합한 nutritional assessment의 기준치 설정에 관한 연구 (II). *Kor Sol Hosp Phar* 1986; 3(2): 37-42
 17. 윤태영. 한국인의 체위 기준값. *한국영양학회 추계 심포지움 초록*. 1994
 18. Harris J A, Benedict FG. Standard basal metabolism constants for physiologists and clinicians, a biometric studies of basal metabolism in man. Carnegie institute of Washington, Publication #279 Washington DC, 1919: 223-250
 19. Biodynamics Model 310. Body composition analyzer. User's guide, 4th version. Seattle, WA, USA: Biodynamics Corp, 1994
 20. Stewart S, Baker J, JeeJeeboy KN. Energy expenditure in the critically ill ventilated patient. *JPEN* 1981; 5: 562(Abstr)
 21. Knox LS, Crosby LO, Feurer ID, et al. Energy expenditure in malnourished cancer patients. *Ann Surg* 1983; 197: 152-62
 22. Feurer ID, Crosby LO, Mullen JL. Measured vs predicted resting energy expenditure in clinically stable patients. *Clin Nutr* 1984; 3: 27-34
 23. Carlsson M, Nordenstrom J, Hendstierna G. Clinical implications of continuous measurement of energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Clin Nutr* 1984; 3: 103-110
 24. Weissman C, Kemper M, Askanasi J, et al. Resting metabolic rate of the critically ill patient: Measured versus predicted. *Anesthesiology* 1986; 64: 673-679
 25. Lindmark L, Bennegard K, Eden E, et al. Resting energy expenditure in malnourished patients with and without cancer. *Gastroenterology* 1984; 87: 402-8
 26. Boothby W, Sandiford I. Summary of the basal metabolism data on 8614 subjects with especial reference to the normal standards for the estimation of basal metabolic rate. *J Bio Chem* 1922; 54: 783-803
 27. Boothby WM, Berkson J, Dunn HL. Studies of the energy expenditure of normal individuals: A standard for basal metabolism with a nomogram for clinical application. *Am J physiol* 1936; 3: 468-83
 28. Dickerson RN. Energy and protein requirements of hospitalized patients receiving parenteral nutrition. *Hosp pharm* 1987; 22:70-79