

생체전기임피던스 측정법을 이용한 외과 중환자의 체성분 변화 양상

박석래¹ · 이승환¹ · 김경식¹ · 이호선² · 홍태화¹ · 이재길¹

¹연세대학교 의과대학 외과학교실, ²세브란스병원 영양팀

Sequential Changes in Body Composition Using Bioelectrical Analysis during the Metabolic Response in Critically Ill Surgical Patients

Seok Rae Park, M.D.¹, Seung Hwan Lee, M.D.¹, Kyung Sik Kim, M.D., Ph.D.¹, Hosun Lee, M.S., R.D.², Tae Hwa Hong, M.D., Ph.D.¹, Jae Gil Lee, M.D., Ph.D.¹

¹Department of Surgery, Yonsei University College of Medicine, ²Department of Nutrition and Dietetics, Nutritional Support Team, Severance Hospital, Seoul, Korea

Purpose: Assessment of sequential changes in body composition during the metabolic response in critically ill surgical patients is essential for optimal nutritional support and management. Bioelectrical impedance analysis (BIA) is an easy, portable, and quick way to assess body composition. Thus, the aim of this study was to evaluate the sequential changes in body composition and the validity of Direct segmental Multi-frequency BIA in critically ill surgical patients.

Materials and Methods: Twenty-three patients admitted to the intensive care unit (ICU) after major surgery were measured for body composition by multiple-frequency BIA after intensive care unit admission as well as 3 and 7 days later. Repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was used to detect significant changes over time.

Results: The average length of intensive care unit stay was 4.3 days. Total body water, extracellular water, skeletal muscle mass (SMM), soft lean mass, and fat-free mass (FFM) increased during the first 72 h of intensive care unit admission, after which they decreased slightly. On the other hand, fat mass decreased during the first 72 h of intensive care and then increased. However, arm circumference (AC), arm muscle circumference (AMC), and waist circumference (WC) gradually decreased by day 7 ($P < 0.001$).

Conclusion: In this study, AC, AMC, WC, and direct segmental Multi-frequency BIA were less affected by initial resuscitation in the intensive care unit (ICU). Therefore, segmental BIA may be useful for critical ill patients in altered hydration states. (*Surg Metab Nutr* 2017;8:13-16)

Key Words: Body composition, Bioelectrical impedance analysis, ICU

서론

수술 후 중환자에서 대사반응에 의한 체성분의 변화를 연속적으로 평가하는 것은 환자의 영양지원과 관리에 있어서 필수

적이다. 특히 급격한 체단백 분해는 호흡근을 약화시켜 인공호흡기 사용일수를 증가시킨다. 현재 수술 후 환자에서 흔히 발생하는 체액불균형으로 인해 정확한 근육소실 또는 체단백 감소 등의 평가에 한계가 있는 실정이며 이러한 한계를 극복하기 위

Received January 15, 2017. Accepted June 4, 2017.

Correspondence to: Jae Gil Lee, Department of Surgery, Yonsei University College of Medicine, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea
Tel: +82-2-2228-2127, Fax: +82-2-313-8289, E-mail: jakii@yuhs.ac

This abstract was presented at the 15th European Congress of Trauma & Emergency Surgery & 2nd World Trauma Congress, which was held May 25-27, 2014 in Frankfurt, Germany.

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 여러 가지 방법에 대한 연구가 이루어 지고 있는데, 그 중의 하나가 생체전기저항분석법(bioelectrical impedance analysis, BIA)이다.[1] BIA는 조직내의 전기적 특성에 따른 저항 값을 이용하여 체 성분을 산출하는 방법으로 이동가능하며, 쉽고 빠르고 비침습적으로 이용할 수 있는 장점이 있다.[2] 1871년, Hermann에 의해 조직내의 전기적 특성이 밝혀졌고, 1962년 Thomasset의 연구에서 처음으로 전기저항을 사용하여 체내수분량(Total body water)의 지표로 사용하였다.[1] 1990년대에 들어서 다양한 주파수를 사용하여 세포내수분량(intracellular water)과 세포외수분량(extracellular water)로 구별하여 체수분을 측정할 수 있는 다중주파수 BIA (multi-frequency BIA)가 사용되어왔다. 최근에는 인체를 사지와 몸통으로 나누어 각 부위의 저항 값을 측정할 수 있는 부위별 BIA (segmental BIA)가 개발되었다.[3] 이 방법으로 인체 중 50%의 제지방량(fat-free mass)를 차지하고 있는 몸통의 저항 값 반영비율이 10% 정도로 낮은 단점을 보완할 수 있게 되었다.[1] 이에 본 연구에서는 위 두 방식이 결합된 형태인 부위별 직접 다주파수 측정법(direct segmental multi-frequency BIA)을 사용하여 수술 후 중환자에서 체성분의 연속적 변화를 측정하고, 분석하여 BIA의 유용성을 평가하고자 하였다.[3,4]

대상 및 방법

본 연구는 2013년 5월부터 7월까지 단일 기관에서 대수술(Major surgery)을 받은 후 수술 후 관리를 위해 중환자실에 입실한 환자를 대상으로 하였다.

Direct Segmental Multiple-Frequency BIA (InBodyS10, Biospace, Seoul, Korea)을 사용하여 중환자실 입실 직후, 3일 후, 7일 후 총체내수분양(total body water), 세포내수분양(intracellular water), 세포외수분양(extracellular water), 지방량(body fat), 골격근량(skeletal muscle mass), 근육량(soft lean mass), 제지방량(fat-free mass), 부위별 체액량, 부위별 근육량, 상완둘레, 상완근육둘레, 허리둘레를 측정하였다. 본 연구의 통계분석은 IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였고, 반복 측정 분산분석(Repeated-measures analysis of variance)을 사용하여 유의미한 변화를 분석하였다.

결 과

대상자는 총 23명으로 평균연령은 56.8세였으며 남자는 17

Table 1. Baseline characteristics of patients

	Total (n=23)
Sex (M:F)	17 (73.9%):6 (26.1%)
Age, years	56.8±17.7
Body weight, kg	64.2±15.2
Height, cm	167.8±9.9
APACHE II score	12.9±4.2
Diagnosis, n (%)	
Healthy liver donor	5 (21.7)
Pancreatic cancer	4 (17.4)
Gastrointestinal tract perforation	3 (13.0)
Hepatocellular carcinoma	3 (13.0)
Stomach cancer	2 (8.7)
Intestinal obstruction	2 (8.7)
Thyroid cancer	2 (8.7)
Common bile duct cancer	1 (4.3)
Liver metastasis	1 (4.3)
Operation, n (%)	
Hepatectomy	9 (39.1)
Pancreatic resection	5 (21.7)
Gastrectomy	2 (8.7)
Thyroidectomy	2 (8.7)
Colectomy	1 (4.3)
Small bowel resection	1 (4.3)
Small bowel primary repair	1 (4.3)
Adhesiolysis	1 (4.3)
Other	1 (4.3)

명, 여자는 6명이었다. 간 절제술(39.1%)을 시행 받은 환자가 가장 많았으며(Table 1), 평균 중환자실 재원기간은 4.3일이었다. 총체내수분양(Total body water), 세포내수분양(Intracellular water), 세포외수분양(extracellular water), 골격근량(skeletal muscle mass), 근육량(soft lean mass), 제지방량(fat free mass)은 중환자실 입실 후 72시간 동안 증가하였고, 그 후 다소 감소하였으나, 통계학적으로 유의미한 결과를 보이지는 않았다(Table 2). 반면에 지방량(Body fat)은 72시간동안 감소하다가 이후 증가하였다. 상완 둘레(arm circumference), 상완 근육둘레(arm muscle circumference), 허리둘레(waist circumference)는 7일간 점차 감소하였다(P<0.001). 부위별 체액량 분석, 근육량분석을 하였을 때 몸통과 양쪽 팔에서 감소하였고 유의미한 결과를 보였다(P<0.001). 부위별 BIA (Segmental BIA)의 결과를 보았을 때 segmental lean analysis의 경우 통계학적으로 유의미하게 몸통과 상지는 감소하고 하지는 증가하는 양상을 보였으며 segmental water analysis의 경우도 유사한 양상을 보였다(Fig. 1).

고 찰

본 연구는 수술 후 중환자의 대사반응의 결과로 인한 체성분

Table 2. Results of body composition measurements over a 7-day period

		Day 0	Day 3	Day 7	P-value
TBW (L)		37.6±8.4	38.6±9.3	38.2±8.8	0.123
ICW (L)		22.9±5.4	23.6±5.8	23.3±5.6	0.204
ECW (L)		14.7±3.1	15.0±3.6	14.9±3.6	0.408
Body fat (kg)		12.9±7.3	11.2±6.9	11.7±6.3	0.103
SMM (kg)		27.9±7.0	28.8±7.6	28.4±7.3	0.221
SLM (kg)		48.1±10.8	49.5±11.9	49.0±11.4	0.126
FFM (kg)		51.3±11.5	53.0±12.7	52.5±12.2	0.103
Segmental water (L)	Trunk	17.3±3.9	15.9±3.6	14.1±3.8	<0.001
	Rt. arm	2.1±0.6	1.9±0.6	1.6±0.7	<0.001
	Lt. arm	2.1±0.6	1.9±0.6	1.5±0.6	<0.001
	Rt. leg	5.8±1.8	7.0±2.3	7.6±2.3	<0.001
	Lt. leg	5.8±1.8	7.1±2.3	7.7±2.3	<0.001
Segmental lean (kg)	Trunk	22.1±4.9	20.4±4.5	18.1±4.8	<0.001
	Rt. arm	2.7±0.8	2.4±0.8	2.0±0.9	<0.001
	Lt. arm	2.7±0.8	2.4±0.8	2.0±0.8	<0.001
	Rt. leg	7.4±2.3	9.0±3.0	9.9±3.0	<0.001
	Lt. leg	7.4±2.3	9.0±3.0	9.9±3.0	<0.001
AC (cm)		28.7±3.6	27.1±3.6	25.3±4.1	<0.001
AMC (cm)		24.1±2.9	22.6±2.8	20.6±3.0	<0.001
WC (cm)		80.5±12.6	74.8±11.5	72.8±11.3	<0.001

TBW = Total body water; ICW = Intracellular water; ECW = Extracellular water; SMM = Skeletal muscle mass; SLM = Soft lean mass; FFM = Free fat mass; AC = Arm circumference; AMC = Arm muscle circumference; WC = Waist circumference.

의 변화를 생체전기저항분석법(BIA)을 사용해 연속적 변화를 측정하고, 유용성을 평가하기 위해 시행하였다.

기본적인 체구성 성분에서 총체내수분양은 세포내수분양과 세포외수분양으로 나눌 수 있다.[5] 또한 세포외수분양 또는 세포외수분양/총체내수분양 비율의 증가는 영양불량의 지표로 여겨지고 있다.[6] 다만 단일 주파수 BIA를 사용하면 수분축적 상태를 민감하게 반영하지 못하여 총체내수분양과 세포외수분양 측정이 부정확할 수 있어 다중주파수 BIA 사용이 권고되고 있는 실정이다.[6] 수술 후 환자들에서는 체액의 재분포(Fluid shifting) 및 제 삼공간 소실(third space loss)에 의한 체액불균형으로 조직의 관류장애가 올 수 있다.[6] 따라서 중환자실 입실 초기에 수액소생법을 시행하게 되는 경우가 흔한데 이러한 영향으로 다중주파수 BIA로 측정된 본 연구의 측정값에서 체내수분양이 증가하게 되어 이와 연관된 체성분 지표들이 중환자실 입실 3일째에 상승하는 것으로 생각된다. 이러한 다중주파수 BIA가 가지는 체수분 측정의 민감성은 수술 후 중환자의 영양상태평가에 있어서 오류를 나타낼 수는 있지만 반대로 수액요법의 적절성을 평가하는 데에 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 상완근육둘레(arm muscle circumference)는 LBM (Lean body mass)과 상관성을 가지는 것으로 알려져 있고,[7] 허리둘레는 BMI와 상관성이 있으며 영양상태를 나타내는 신체계측 지표 중 하나로 알려져 있다.[8] 본 연구에서 상완둘레, 상완 근육둘레, 허리둘레는 중환자실 입원기간 중 지속적

으로 감소하는 양상을 보이며($P < 0.001$) 이는 중환자실에서의 초기 수액소생법에 의한 영향을 적게 받기 때문인 것으로 보인다. 이와 마찬가지로 부위별 BIA를 사용하여 수분량과 근육량을 측정하였을 때 몸통과 양측 팔에서 점차 감소하는 결과를 나타내었는데 이 또한 초기 수액소생법의 영향을 적게 받는 것으로 생각되며, 이를 근거로 상기 지표를 수술 후 중환자의 영양상태 지표로 쓰일 수 있을 것으로 판단된다. 반면에, 양 다리에서 측정된 수분량 및 근육량은 점차 증가하는데, 이는 중환자실에서의 수액요법에 따라 공급된 수분이 다리에 저류되는 것을 의미하는 것으로 생각되며, 이를 감별키 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구는 측정된 환자 표본이 적어 환자가 받은 수술의 종류나 수술시간에 따른 중환자실에서의 수액요법의 영향을 정확히 평가하기가 어려운 점이 있다. 하지만 부위별 BIA (몸통 및 상지)의 결과가 초기 수액소생법에 의한 영향을 적게 받는 것으로 나타난 것은 본 연구의 중요한 의의로 생각되며 추가 연구를 통해 기존에 사용되고 있는 영양학적 지표와의 상관 관계를 조사하여 그 유용성을 입증하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서도 BIA가 수술 후 초기 수액소생법에 의한 영향을 받는 것으로 나타났으며, 기존의 영양상태평가 방법인 상완둘레(arm circumference), 상완 근육둘레(arm muscle circumference), 허리둘레(waist circumference)와 일치하지 않은 결과를 보였으나 특정 부위의 부위별 BIA의 결과는 초기

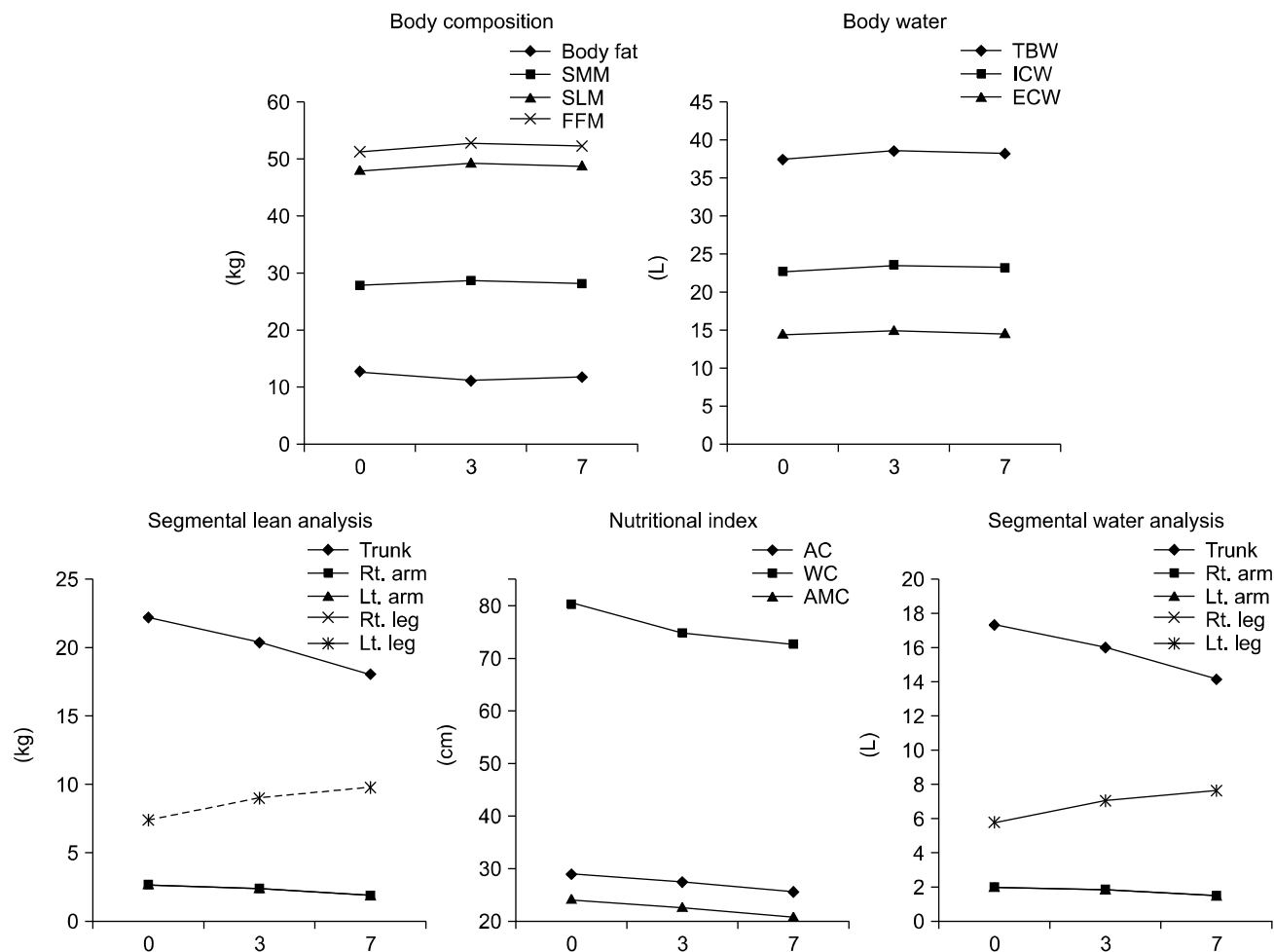


Fig. 1. Change of body composition during a 7 day period.

수액소생법에 의한 영향을 적게 받는 것으로 나타나 앞으로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Lee YH, Lee JM. Use of bioelectrical impedance analysis for nutritional treatment in critically ill patients. *J Clin Nutr* 2015; 7:9-14.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gómez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004;23:1430-53.
- Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985;41:810-7.
- Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3-19 y. *Am J Clin Nutr* 2000;72:490-5.
- Malbrain ML, Huygh J, Dabrowski W, De Waele JJ, Staelens A, Wauters J. The use of bio-electrical impedance analysis (BIA) to guide fluid management, resuscitation and deresuscitation in critically ill patients: a bench-to-bedside review. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2014;46:381-91.
- Strunden MS, Heckel K, Goetz AE, Reuter DA. Perioperative fluid and volume management: physiological basis, tools and strategies. *Ann Intensive Care* 2011;1:2.
- Noori N, Kopple JD, Kovesdy CP, Feroze U, Sim JJ, Murali SB, et al. Mid-arm muscle circumference and quality of life and survival in maintenance hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol* 2010;5:2258-68.
- Lee Y, Kwon O, Shin CS, Lee SM. Use of bioelectrical impedance analysis for the assessment of nutritional status in critically ill patients. *Clin Nutr Res* 2015;4:32-40.