

중환자에서 생체전기 임피던스 분석의 임상적 적용

김성훈^{1,2} · 이재길^{1,2} · 조형원^{1,2} · 김형일^{1,2} · 김정식^{1,2} · 김충배^{1,2}

¹연세대학교 의과대학 외과학교실, ²세브란스병원 영양집중지원팀

The Clinical Application of Bioelectrical Impedance Analysis in Patients with Critical Illness

Sung Hoon Kim, M.D.^{1,2}, Jae Gil Lee, M.D.^{1,2}, Hyoun Won Cho, M.D.^{1,2}, Hyoun-II Kim, M.D.^{1,2}, Kyung Sik Kim, M.D.^{1,2}, Choong Bai Kim, M.D.^{1,2}

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

Purpose: Accurate assessments of body fluid balance and nutritional status in patients with critical illness are challenging to clinicians. Because existing parameters have some limitations, this study was designed to evaluate the usefulness of bioelectrical impedance as an assessment tool for body fluid balance and nutritional status.

Materials and Methods: We retrospectively reviewed the medical records of 17 patients treated in surgical intensive care units, which included 16 patients for postoperative care and one patient for medical treatment. Body water status, basal metabolic rate, body cell mass, and fat free mass were examined serially by bioelectrical impedance. Based on body mass index and mortality, we determined whether there were differences among the measured results.

Results: There were 3 mortality cases. According to body mass index, the underweight, normoweight, overweight, and mild obese groups included 2, 7, 2, and 6 patients, respectively. The mixed effects model revealed significant differences within individual extracellular water/total body water (ECW/TBW) ($P=0.009$), total body water ($P=0.025$), extracellular water ($P=0.033$), and intracellular water ($P=0.022$). The variation of ECW/TBW revealed there was a significant difference between the survival and non-survival patients ($P=0.034$). Basal metabolic rate (BMR), fat free mass (FFM), and body cell mass (BCM) were directly proportional to arm muscle circumference with high Pearson's coefficient ($BMR, r=0.727$; $FFM, r=0.727$; $BCM, r=0.651$).

Conclusion: Bioelectrical impedance analysis is a noninvasive and simple bedside method to assess changes in body fluid balance and nutrition status. Future research should prospectively investigate more patients and compare bioelectrical impedance analysis results with classical assessment tools to validate these results. (SMN 2010;1:30-35)

Key Words: Body fluid, Nutrition status, Bioelectrical impedance analysis

서 론

체내 수분 상태를 평가하기 위하여 혈압, 맥박, 소변량 그리고 중심 정맥압 등 여러 가지 항목들이 사용되어 왔으나 정확하게 체내 수분 상태를 평가하는 데는 한계가 있다.(1) 특히 중환자에 있어서는 질병 자체의 영향뿐만 아니라 적극적으로

시행되는 많은 치료 약제 등에 의해 신체 구성 성분의 변화를 정확히 평가하는 것은 어려우며, 수술적 스트레스나 질병 자체의 영향으로 인해 체내 수분 균형이 깨져 있는 것이 특징이다.(2) 중환자실 처치를 필요로 하는 대부분의 중환자들은 심한 이화 작용(catabolic status) 상태를 보이고 있다.(3) 이런 환자들은 대부분이 영양 부족 상태를 보이며, 특히 외과 및 중양 환자에서 영양 부족은 수술 및 처치 후 합병증 발생 위험을 높이는 것으로 알려져 왔다.(4) 영양 상태 평가를 위하여 여러 가지 생화학적 지표들이 적용되었으며 많은 평가표들이 발달되어 왔으나, 여러 인자들의 영향으로 정확한 평가에 어려움이

접 수 일: 2010년 11월 15일, 게재승인일: 2010년 11월 21일
책임저자: 김경식, 서울시 서대문구 신촌동 134
☎ 120-752, 연세대학교 의과대학 외과학교실
Tel: 02-2228-2125, 2100, Fax: 02-313-8289
E-mail: kskim88@yuhs.ac

많다.(5,6) 영양 상태를 잘 반영하는 경우에도 영양 요법에 대한 반응을 정량적으로 평가하거나 추적하는 데는 문제가 있다.(7,8)

그러므로, 본 연구는 생체전기 임피던스(bioelectrical impedance) 분석을 통하여 체내 수분 및 영양 상태를 평가할 수 있는지를 확인하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상 환자(Patients)

2010년 2월부터 2010년 5월까지 내외과적 질환으로 중환자실에 입실하여 치료를 받는 과정에서 생체전기 임피던스 측정 받은 환자는 31명이었다. 이 중 측정을 3회 이상 연속적으로 시행한 17명의 환자를 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 환자 군은 체질량지수(body mass index)와 생존 유무에 따라 분류하였다.

2. 생체전기 임피던스 측정(Bioelectrical impedance analysis)

생체전기 임피던스 분석기(InBody s10, [주] 바이오스페이스, 서울, 한국)를 이용하여 측정하였다. 측정 방법은 4극 8점 탈부착 전극법을 이용하여 6가지 주파수 대역(1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1,000 kHz)에서 각각 5가지 부위별(오른팔, 왼팔, 몸통, 오른다리, 왼다리)로 30가지

임피던스를 측정하였다. 분석 결과로는 전신 및 부위별 수분비율(extracellular water/total body water), 체수분량(total body water), 세포외액(extracellular water), 세포내액(intracellular water), 제지방량(fat free mass), 체세포량(body cell mass), 기초 대사량(basal metabolic rate)을 이용하였다.

3. 신체 체수분 및 영양 상태 분석(Body fluid and nutrition status analysis)

생체전기 임피던스 분석 결과를 체질량 지수 그룹별 및 사망 유무에 따른 소변량의 변화와 비교 분석하여 신체 체수분 상태의 반영 정도를 확인하였다. 영양 상태는 본원에서 시행하고 있는 표준 체중 백분율에 의한 비만도(%IBW, % ideal body weight), 환자의 진단명, 현재 식이 처방 그리고 생화학적 검사 중 알부민 수치를 이용한 분류(nutrition status)와 상완의 근육 둘레, 체질량 지수 그리고 생체전기 임피던스 분석 결과를 비교하였다.

4. 통계 분석(Statistical analysis)

모든 분석은 SPSS v 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 연속 변수 값은 중앙값(범주)으로 표현하였다. 연속 측정값들의 개인 간에 그리고 그룹 간의 차이는 mixed effect model을 이용하여 통계학적 의미를 분석하였으며, 상완 근육 둘레와 생체전기 임피던스의 영양 지표들과의 관계는

Table 1. Clinical and operative characteristics

No	Age	Sex	Diagnosis	Operation name
1	71	M	Ruptured HCC	Rt. hemihepatectomy
2	20	F	APBDU, CBD stone	Segmental resection of CBD, Roux-en-Y hepaticojejunostomy
3	73	M	Strangulation of intestine	Segmental resection of small bowel, large bowel, end ileostomy
4	68	F	Malignant IPMN, HCC	PPPD, wedge resection of liver
5	77	M	Distal CBD cancer	PPPD
6	59	M	HCC	Central bisectionectomy of liver
7	75	M	Intracranial hemorrhage, pneumonia	Conservative management
8	55	M	Stomach cancer with liver metastasis	Rt. Inferior sectionectomy of liver
9	60	M	HCC	Segmentectomy of liver (Sg 5,6,7)
10	46	F	HCC	Extended Lt. hemihepatectomy
11	68	M	Malignant GIST, hemoperitoneum	Distal pancreatectomy, splenectomy, segmental resection of T-colon, jejunum
12	47	M	Klatskin tumor	Rt. hemihepatectomy, segmental resection of bile duct, Roux-en-Y hepaticojejunostomy
13	73	M	Distal CBD cancer	PPPD
14	55	F	Klatskin tumor	Rt. hemihepatectomy, segmental resection of bile duct, Roux-en-Y hepaticojejunostomy
15	40	F	Spleen laceration, multiple fracture	Open reduction and internal fixation
16	63	F	CBD cancer	Segmental resection of CBD, Roux-en-Y hepaticojejunostomy
17	45	M	HCC	Rt. hemihepatectomy

HCC = hepatocellular carcinoma; APBDU = anomalous of pancreatobiliary duct union; CBD = common bile duct; IPMN = intraductal papillary mucinous neoplasm; PPPD = pylorus preserving pancreaticoduodenectomy.

pearson 상관분석을 실시하였고, $P < 0.05$ 를 통계적 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결 과

1. 임상적 및 수술적 특징(Clinical and operative characteristics)

16명의 환자는 응급 수술 및 예정 수술을 시행 받고 중환자실에서 치료를 받은 환자였으며, 1명은 두 개내출혈(intracranial hemorrhage)과 폐렴으로 치료를 받은 환자였다. 환자 나이의 중앙값은 60세였으며, 여성이 6명(35.3%), 남성이 11명(64.7%)이었다. 진단명은 담도암이 7명(41.2%)으로 가장 많았으며, 간세포암이 6명(35.3%)이었다. 가장 많이 시행된 수술은 간 절제술로 9명(52.9%)에서 시행되었으며, 보존적 치료를 받

은 1명을 제외한 모든 환자는 수술 후 치료를 위해 중환자실에 입실하였다(Table 1).

2. 신체 체수분 평가(Body fluid assessment)

생체전기 임피던스로 측정된 전신 및 부위별 수분비율, 체수분량, 세포외액 그리고 세포내액을 반복 측정함에 따른 평균의 패턴이 체질량 지수 그룹 간에 차이를 보이는지 살펴본 결과 전신 및 부위별 수분비율($P=0.286$), 체수분량($P=0.223$), 세포외액($P=0.25$) 그리고 세포내액($P=0.968$) 모두에서 통계학적인 차이를 보이지는 않았다(Fig. 1). 하지만 각 체질량 지수 그룹내에서는 반복 측정함에 따른 평균의 변화가 통계학적으로 의미있게 나타났다(Fig. 1). 생존유무에 따른 전신 및 부위별 수분비율의 반복 측정 값의 평균 패턴은 통계학적으로 의미 있는 차이를 보였다(Fig. 2). 또한 전신 및 부위별 수분비율의 변

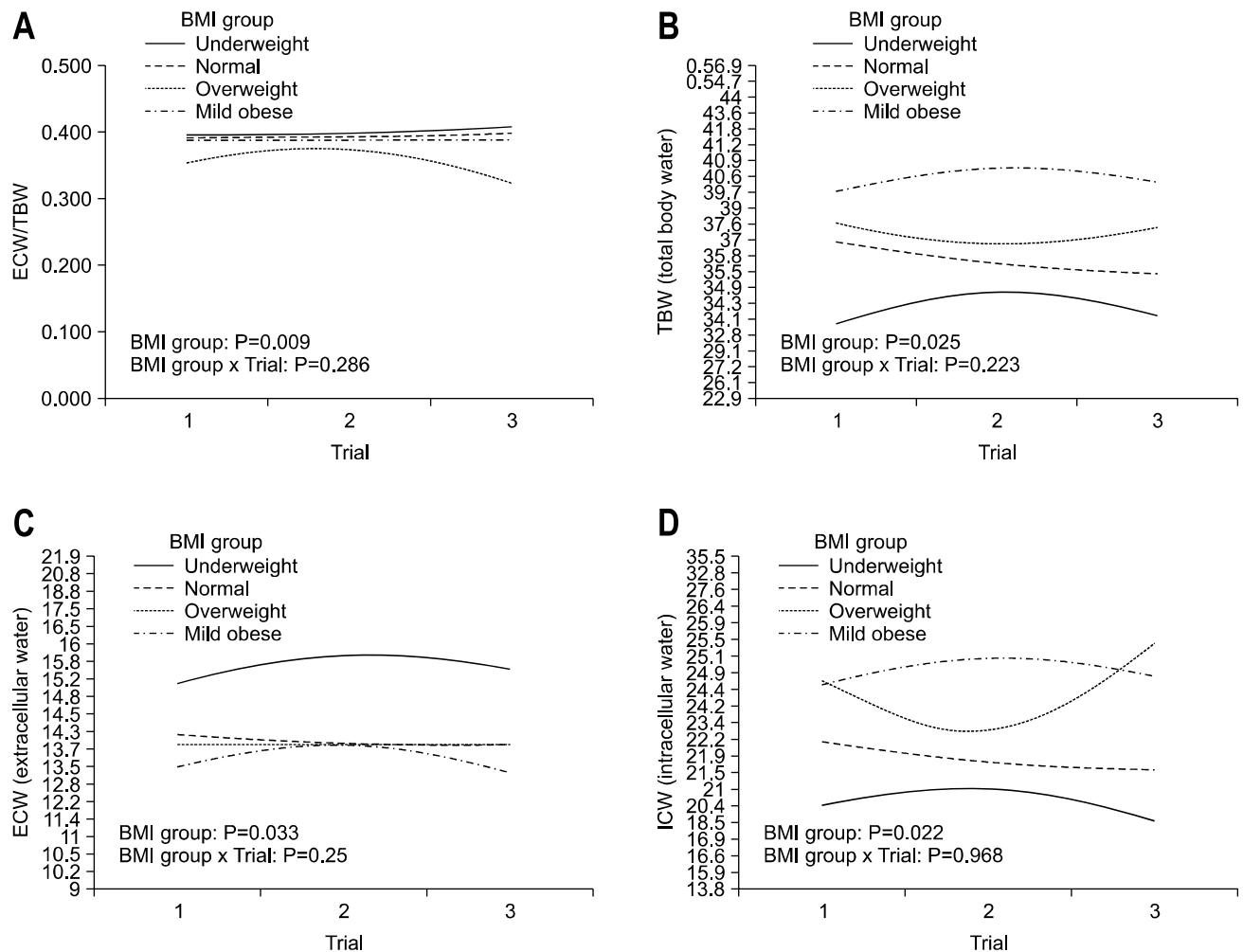


Fig. 1. Difference in ECW/TBW (A), TBW (B), ECW (C) and ICW (D) between each BMI groups. Mean difference between each trial of all variables is not significant between each BMI groups, but within each BMI group.

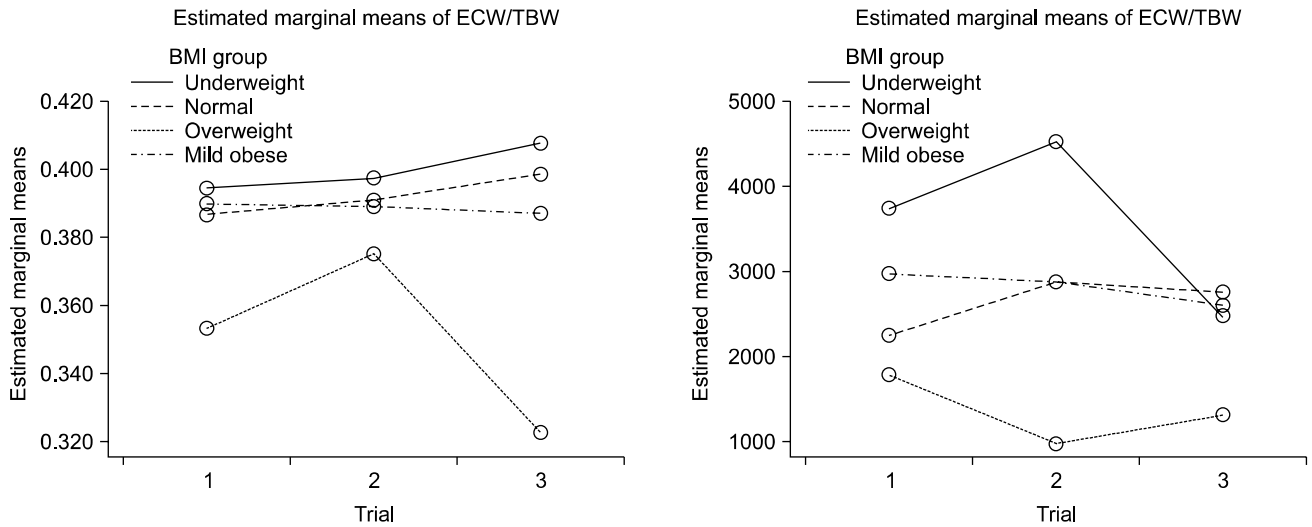


Fig. 2. In survival and non-survival group, mean difference between each trials of ECW/TBW is statistically significant ($P=0.034$). As ECW/TBW increases, Urine output decreases. But, fluid input is not controlled.

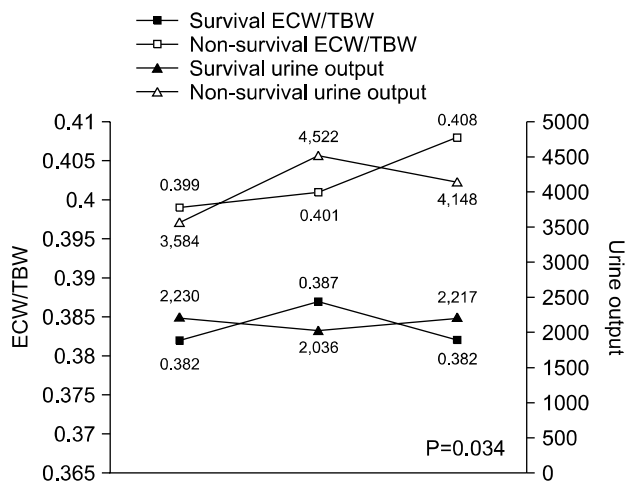


Fig. 3. In each BMI groups, as ECW/TBW changes, urine output relative inversely changes.

화와 소변량의 변화는 통계학적으로 상관관계가 높지는 않았지만, 역의 관계를 보여주었다(Fig. 3).

3. 영양 상태 평가(Nutrition status assessment)

인체 측정학(anthropometry) 지표인 상완 근육둘레 값과 본원에서 시행하고 있는 영양 상태 분석은 통계적으로 유의한 관계를 보이지 못했으나($P=0.368$), 체질량 지수에 따른 분류와는 통계학적으로 유의한 관계를 보였다($P=0.046$). 하지만 생체전기 임피던스 분석 값들과 통계학적으로 유의한 관계를 보이는 분류는 없었다(Table 2).

상완 근육둘레 값과 생체전기 임피던스 분석 값들과는 제지 방량과 기초 대사량은 각각 $r=0.727$ 그리고, 체세포량과는 $r=$

0.651로 통계학적으로 유의한 상관관계를 보여주었다(Fig. 4).

고 찰

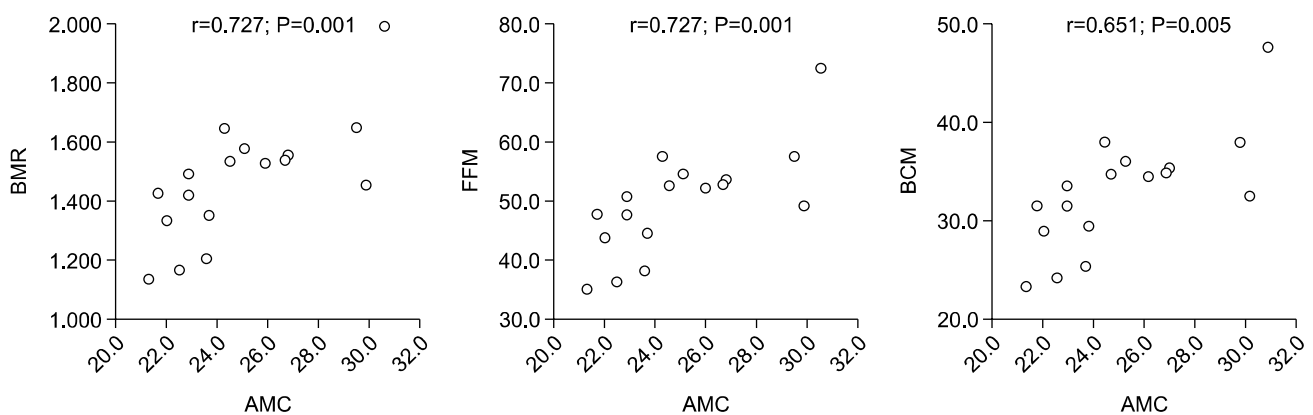
수술 환자 및 중환자에서 정맥 수액 요법은 주요 처치 중의 하나이다. 정맥 수액 요법의 지표로 사용되는 체내 수분 상태에 대한 평가로는 혈압, 맥박, 소변량, 중심 정맥압 그리고, 폐동맥 췌기압 등이 이용되어 왔다.(1) 하지만, 혈압 및 맥박은 혈액량 그리고, 마취 및 수술 자극에 의해 영향을 받기 때문에 정확한 지표가 될 수 없는 것으로 알려져 있다.(9) 소변량도 혈장량에 따라 변화되지만, 수술적 자극에 의한 신경 호르몬계의 반응에 의해서도 변화하여 일반적으로 혈장량에 상관없이 수액 정체를 유발하게 된다.(10) 중심 정맥압과 폐동맥 췌기압의 경우는 수술 중과 중환자실에서 신체 수분 상태를 평가하기 위해 많이 사용되고 있는 지표이다. 하지만, 이들도 심장 충만압(cardiac filling pressure), 확장기말 용적(end-diastolic volume) 그리고, 내인성 혈관 수축 긴장도(endogenous vasopressor tone) 등이 복합적으로 작용하기 때문에 정확한 지표로는 제한이 있다.(11,12) 이처럼 정확하게 신체 수분 상태를 반영할 수 있는 지표가 없는 상황에서 많은 병원에서 수액 균형의 원칙에 대한 이해 부족과 부적절한 처치로 인해 많은 환자에서 합병증이 발생하고 있다.(13-15)

생체전기 임피던스 분석은 비침습적이고 안전하며 저렴한 이유로 신체 조성에 대한 분석에 지난 수십 년간 널리 이용되어 왔다. 또한 그 검사 방법에 대한 연구 논문은 1990년 이후 1,600개 이상이 발표되었다.(16) 초창기 연구는 생체전기 임피

Table 2. AMC, BMR, FFM and BCM according to nutrition status and body mass index group

		AMC	BMR	FFM	BCM
Nutrition status	Low risk	24.5 (21.3~30.6)	1,527 (1137~1991)	53.6 (35.5~75)	34.7 (22.8~49.5)
	Moderate risk	22.8 (22~23.7)	1,344 (1336~1353)	45.1 (44.7~45.5)	29 (28.5~29.5)
	P value	0.368	0.235	0.228	0.228
Body mass index	Underweight	22.8 (22~23.7)	1,344 (1336~1353)	45.1 (44.7~45.5)	29 (28.5~29.5)
	Normal	22.9 (21.3~26.8)	1,493 (1137~1648)	52 (35.5~59.2)	33.6 (22.8~39)
	Overweight	23.4 (21.7~25.1)	1,502 (1426~1578)	52.4 (48.9~55.9)	34.8 (33.6~36)
	Mild obese	28.1 (23.6~30.6)	1,533 (1205~1991)	53.9 (38.7~75)	35.8 (23.9~49.5)
	P value	0.046	0.452	0.47	0.452

AMC = arm-muscle circumference; BMR = basal metabolic rate; FFM = fat free mass; BCM = body cell mass.

**Fig. 4.** BMR, FFM and BCM are directly proportional to AMC with high pearson's correlation coefficient.

턴스를 이용하여 신체 수분 상태의 변화를 확인하는데 그쳤지만, (2,17) 최근 발표 연구에는 수분 공급의 지표를 제시하는데 이용하고 있다. (18) 본 연구에서도 반복 측정된 신체 수분 상태 지표 값의 평균 변화는 체질량 지수 그룹 간에는 차이가 없었지만, 그룹 내에서는 의미 있게 변화하였다(Fig. 1). 또한 측정 시기와 수액 주입량을 통일화시키지 못한 제한점에도 불구하고 통계학적인 의미는 없지만 전신 및 부위별 수분 비율이 소변 배출량과 역의 관계를 보여주었다. 즉, 생체전기 임피던스 결과 값을 수액 요법의 지표로 사용할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. Shime 등(19)의 연구에서와 같이 생존군과 사망군에서는 측정값들이 통계학적으로 의미 있게 차이를 보여, 질병의 심각도를 정량적으로 나타낼 수 있는 예측인자로써의 가치를 보여주었다.

수술 환자 및 중환자에서 흔히 접하게 되는 또 하나의 문제점은 영양 부족 상태로, 병원에 입원하는 외과 환자 중 많게는 60%에서 영양 부족 상태가 관찰되는 것으로 보고되고 있다. (20,21) 영양 부족 환자는 합병증 발생률 및 사망률 발생이 높은 것으로 알려져 있다. (22,23) 환자들의 영양 부족 상태를 조기에 발견하기 위해 여러 가지 방법들이 개발되어 왔으나,

아직 표준 지표로 인정된 방법은 없다. (24) 체질량 지수는 체중과 신장을 측정하여 쉽게 계산할 수 있는 지표로 널리 사용되어 왔다. 하지만, 성장기 어린이, 청소년 및 노인에서는 유용성이 떨어지는 것으로 알려져 있다. Subjective global assessment (SGA)는 영양 상태의 객관적 평가에 대한 여러 가지 제한점으로 인해 개발되었으며, 미국 경정맥 영양 학회(American Society for Parenteral and Enteral Nutrition, ASPEN)는 입원 환자에서 영양 부족의 빈도를 발견하기 위해 SGA를 사용할 것을 제시해왔다. (25) 하지만, SGA는 간경화 환자에서 합병증이 존재할 경우 예후 예측 능력이 떨어지고 영양 부족 상태에 대한 민감도가 저하되는 한계를 보였다. (7,26,27) Nutritional Risk Screening 2002 (NRS-2002)는 유럽 경정맥 영양 학회(European Society for Parenteral and Enteral Nutrition, ESPEN)에서 권고하는 평가 방법으로, (25) SGA와 영양 부족으로 인한 위험 환자를 발견하는데 큰 차이를 보이지 않는다고 보고되고 있으나 일부 연구에서는 NRS-2002가 예측력이 낮게 나타났으며 영양 요법의 장점에 대한 통계학적인 차이를 보여주지 못하였다. (28,29) 생체전기 임피던스 분석을 영양 평가에 사용하기 위한 연구는 오래 전부터 지속되었으며, (30) 기존의

분석 방법들과 유사한 결과를 보여주고 있다.(7,31) 본 연구에서는 신체 측정학 지표 중 상완 근육 둘레 값과의 비교만을 시행하였지만, 기존 영양 평가와 유사한 결과를 보여주고 있다.

결 론

생체전기 임피던스 분석은 환자 옆에서 비침습적으로 신체 수분 상태 및 영양 상태를 평가할 수 있는 방법으로 여러 분야에서 그 효용성이 입증되고 있다. 신체 수분 및 영양 상태 평가에서도 생체전기 임피던스 분석은 기존의 방법들과 유사한 결과를 보여주고 있다. 하지만, 아직 분석 결과 중 어떤 값이 가장 정확한 평가 지표인가에 대해서는 논란의 여지가 있다. 생체전기 임피던스 분석 결과를 임상에 적용하기 위해서는 전향적 무작위 연구를 통해 정확한 평가 지표를 발굴 및 기존 지표들과의 유사성 혹은 우월성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Grocott MP, Mythen MG, Gan TJ. Perioperative fluid management and clinical outcomes in adults. *Anesth Analg* 2005; 100:1093-106.
- Jacobs DO. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of critical illness. *Am J Clin Nutr* 1996;64(3 Suppl):S498-502.
- Chang DW, DeSanti L, Demling RH. Anticatabolic and anabolic strategies in critical illness: a review of current treatment modalities. *Shock* 1998;10:155-60.
- Norman K, Pichard C, Lochs H, Pirlich M. Prognostic impact of disease-related malnutrition. *Clin Nutr* 2008;27:5-15.
- Brown R, Bancewicz J, Hamid J, Patel NJ, Ward CA, Farrand RJ, et al. Failure of delayed hypersensitivity skin testing to predict postoperative sepsis and mortality. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1982;284:851-3.
- Twomey P, Ziegler D, Rombeau J. Utility of skin testing in nutritional assessment: a critical review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1982;6:50-8.
- Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Post CL, Waitzberg DL, Heymsfield SB. Can bioelectrical impedance analysis identify malnutrition in preoperative nutrition assessment? *Nutrition* 2003;19:422-6.
- Barbosa-Silva MC, de Barros AJ. Subjective global assessment: Part 2. Review of its adaptations and utilization in different clinical specialties. *Arq Gastroenterol* 2002;39:248-52.
- Hamilton-Davies C, Mythen MG, Salmon JB, Jacobson D, Shukla A, Webb AR. Comparison of commonly used clinical indicators of hypovolaemia with gastrointestinal tonometry. *Intensive Care Med* 1997;23:276-81.
- Bundgaard-Nielsen M, Holte K, Secher NH, Kehlet H. Monitoring of peri-operative fluid administration by individualized goal-directed therapy. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007;51:331-40.
- Kumar A, Anel R, Bunnell E, Habet K, Zanotti S, Marshall S, et al. Pulmonary artery occlusion pressure and central venous pressure fail to predict ventricular filling volume, cardiac performance, or the response to volume infusion in normal subjects. *Crit Care Med* 2004;32:691-9.
- Marik PE, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest* 2008;134:172-8.
- Lobo DN, Dube MG, Neal KR, Allison SP, Rowlands BJ. Peri-operative fluid and electrolyte management: a survey of consultant surgeons in the UK. *Ann R Coll Surg Engl* 2002; 84:156-60.
- Lobo DN, Dube MG, Neal KR, Simpson J, Rowlands BJ, Allison SP. Problems with solutions: drowning in the brine of an inadequate knowledge base. *Clin Nutr* 2001;20:125-30.
- Neale G, Woloshynowych M, Vincent C. Exploring the causes of adverse events in NHS hospital practice. *J R Soc Med* 2001;94:322-30.
- 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.
- Hanaki N, Ishikawa M, Nishioka M, Kashiwagi Y, Miki H, Miyake H, et al. Bioelectrical impedance analysis to assess changes in body water compartments after digestive surgery. *Hepatogastroenterology* 2006;53:723-9.
- Tatara T, Nagao Y, Tashiro C. The effect of duration of surgery on fluid balance during abdominal surgery: a mathematical model. *Anesth Analg* 2009;109:211-6.
- Shime N, Ashida H, Chihara E, Kageyama K, Katoh Y, Yamagishi M, et al. Bioelectrical impedance analysis for assessment of severity of illness in pediatric patients after heart surgery. *Crit Care Med* 2002;30:518-20.
- McWhirter JP, Pennington CR. Incidence and recognition of malnutrition in hospital. *BMJ* 1994;308:945-8.
- Rasmussen HH, Kondrup J, Staun M, Ladefoged K, Kristensen H, Wengler A. Prevalence of patients at nutritional risk in Danish hospitals. *Clin Nutr* 2004;23:1009-15.
- Sungurtekin H, Sungurtekin U, Balci C, Zencir M, Erdem E. The influence of nutritional status on complications after major intraabdominal surgery. *J Am Coll Nutr* 2004;23:227-32.
- Windsor JA, Hill GL. Weight loss with physiologic impairment. A basic indicator of surgical risk. *Ann Surg* 1988;207:290-6.
- Velasco C, García E, Rodríguez V, Frias L, Garriga R, Alvarez J, et al. Comparison of four nutritional screening tools to detect nutritional risk in hospitalized patients: a multicentre study. *Eur J Clin Nutr*. 2010 Nov 17. [Epub ahead of print]
- Alberda C, Graf A, McCargar L. Malnutrition: etiology, consequences, and assessment of a patient at risk. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2006;20:419-39.
- Alvares-da-Silva MR, Reverbel da Silveira T. Comparison between handgrip strength, subjective global assessment, and prognostic nutritional index in assessing malnutrition and predicting clinical outcome in cirrhotic outpatients. *Nutrition* 2005; 21:113-7.
- Taniguchi E, Kawaguchi T, Itou M, Oriishi T, Ibi R, Torii M, et al. Subjective global assessment is not sufficient to screen patients with defective hepatic metabolism. *Nutrition* 2010. [Epub ahead of print]
- Anthony PS. Nutrition screening tools for hospitalized patients. *Nutr Clin Pract* 2008;23:373-82.
- Valero MA, Díez L, El Kadaoui N, Jiménez AE, Rodríguez H, León M. Are the tools recommended by ASPEN and ESPEN comparable for assessing the nutritional status? *Nutr Hosp* 2005;20:259-67.
- Robert S, Zarowitz BJ, Hyzy R, Eichenhorn M, Peterson EL, Popovich J Jr. Bioelectrical impedance assessment of nutritional status in critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 1993;57:840-4.
- Buffa R, Floris G, Marini E. Assessment of nutritional status in free-living elderly individuals by bioelectrical impedance vector analysis. *Nutrition* 2009;25:3-5.