

# 화상환자의 영양치료

조 용 석 | 한림대학교 한강성심병원 화상외과

## Nutrition therapy for burn patients

Yong Suk Cho, MD

Department of Surgery, Burn Center, Hangang Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Seoul, Korea

Severe burns evoke a substantial metabolic response causing physiological derangement leading to a hyper-metabolic state. The hyper-metabolic response is accompanied by severe catabolism and a loss of lean body mass and also by a progressive decline of host defenses that impairs the immunological response. The protective functions of an intact skin are lost, leading to increased risk of infection and protein loss. Therefore, nutritional therapy is a cornerstone of burn care from the early resuscitation phase to the end of rehabilitation. Careful assessment of the nutritional state of the burn patient is also important to reduce infection and recovery time, and improve long-term outcomes. Evidence-based research has shown that nutritional therapy contributes to improved clinical outcomes.

**Key Words:** Burns; Nutrition therapy

### 서론

중증화상은 전 세계적으로 가장 큰 건강문제(health care problem) 중 하나이며, 단일 외상 중 사망률이 가장 높은 외상 중의 하나이다. 중증의 화상은 강력한 산화적 스트레스 및 염증반응을 유발하여 지속적으로 과대사적 반응 및 이화작용을 유발하며 이는 화상의 정도와 비례해서 증가한다. 이렇게 증가된 과대사적 반응은 다른 어떤 질환이나 손상보다 극적인 양상으로 나타난다[1]. 과거에는 대사율이 정상의 200% 이상이라고 보고하였지만 최근에는 정상의 120–150% 정도 증가된다고 보고되었고, 이는 화상 범위, 3도화상 범위, 나이, 흡

입손상, 가피절제술 시기에 영향을 받을 수 있다[2]. 화상으로 손상된 조직에서 다량의 카테콜아민, 코티졸, 여러 종류의 글루코코르티코이드가 분비되어 신체는 화상의 손상으로 부터 극복하기 위해 생리화학적 변화가 생기게 된다. 에피네프린 및 노르에피네프린은 30–40% 이상의 화상환자에서 손상 직후 10배 이상 분비되며[1], 이런 카테콜아민의 작용으로 과대사적 반응이 유발된다. 체질량 감소, 면역반응 저하, 창상치유의 지연이 이러한 과대사적 반응과 연관되며, 이는 입원기간, 유병률 및 사망률에 큰 영향을 준다. 이러한 과대사적 반응은 화상치유 후에도 지속되며 9–12개월 이상 지속된다고 알려져 있다[3,4]. 따라서, 중환 화상환자의 치료의 시작부터 재활치료의 종료 시까지 영양치료는 화상치유에 있어 가장 중요한 초석이 된다. 이러한 화상환자의 영양치료는 장벽의 기능(intestinal barrier function)을 유지하고[5], 세균전위(bacterial translocation)를 막고[6], 장 점막의 통합(bowel mucosal integrity)을 유지하는 등[7] 화상치료에 있어 가장 중요한 부분 중에 하나이다[8]. 이번 화상환자의 영양치료에 관한 내용은 중증의 성인 화상환자를 대상으로 하였다.

Received: April 28, 2014 Accepted: May 12, 2014

Corresponding author: Yong Suk Cho  
E-mail: maruchigs@hallym.or.kr

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 영양 요구량

### 1. Energy requirement

지난 20년 동안, 영양지원은 중환자 치료에 있어 필수적인 부분으로 대두되어 왔다. 이러한 영양지원은 단순히 칼로리 공급에 국한되어 지지 않고, 항산화제나 비타민, 미네랄 공급까지 의미한다. 그러나, 화상환자에게 적절한 칼로리 요구량을 측정하는 것은 여전히 논쟁 중에 있다. 일반적으로 화상환자의 대사율은 과거에는 2배 이상이라고 생각되어 졌지만 최근 연구결과에 의하면 화상환자의 경우 휴식대사량(resting energy expenditure)은 Harris-Benedict 공식으로 계산한 값에 1.3-1.5배 정도이며, 화상의 범위나 심한 정도 합병증에 영향을 받지만 수상 후 2-6주째에 최고조를 이르게 된다[9]. 따라서, 휴식대사량의 정확한 측정이 필요하다. 부족한 영양지원은 상처 재생의 지연, 세포의 기능장애, 감염에 대한 저항력 감소, 궁극적으로 사망에 이를 수 있으며, 이에 반해 과다한 영양지원은 이산화탄소 생성증가, 호흡실패, 고혈당, 간기능 장애를 유발한다. 휴식대사량은 나이, 성별, 체중, 화상범위와 깊이, 흡입화상, 화상 후 시간, 가피절제술과 피부이식, 패혈증 등에 영향을 받기 때문에, 휴식대사량을 추정하기 위해 공식들을 적용하는데 어려움이 있다. 이처럼 기존 공식들의 정확성에 의문점이 제기됨에 따라 간접 휴식대사량 측정기(indirect calorimetry, IC)가 등장하였고, 최근 중환자에 있어 칼로리 요구량을 측정하는데 gold standard로 여겨진다[10]. IC는 센서를 통해 흡기 및 호기시의 산소와 이산화탄소의 농도를 측정하여 산소소비량( $VO_2$ )과 이산화탄소 생산량( $VCO_2$ )을 바로 계산하여 호흡지수( $RQ=VO_2/VCO_2$ )를 산출 할 수 있다. 이렇게 측정된 값을 통해 영양공급의 적절성을 환자의 개개인이나 상태에 따라 정보를 얻을 수 있다.  $RQ$  값이 0.7에서 1.0인 경우 정상적인 mixed substrates의 흡수가 일어남을 의미하고, 반면  $RQ$  값이 0.7 이하인 경우 주 에너지 원을 지방으로 사용함을 의미하기 때문에 감식을 의미한다.  $RQ$  값이 1.0 이상인 경우 과잉공급으로 인한 여분의 탄수화물이 지방으로 합성됨을 의미하기 때문에 과잉공급을 의미한다[11]. 특히 중환자의 경우 과잉공급은 유해한 작용을 하며, 특히 이산화탄

소의 합성을 증가하여 인공호흡기를 적용한 환자에서 인공호흡기의 이탈을 힘들게 할 수 있다[12]. 따라서, 최적의 영양공급을 위해 중증 소아 화상환자, 인공호흡기 치료 중인 환자, 과급(overfeeding)이나 감식(underfeeding)의 임상증상이 있는 환자, 척수 손상 및 혼수상태에 있는 환자, 고도 비만인 중증 환자 같은 경우 IC 사용을 권고하고 있다. 하지만 화상환자에 있어 IC를 이용하여 칼로리 요구량을 측정하는 것이 예측된 공식을 이용하는 것보다 유용하지 않다는 보고도 있다[13]. 과잉공급은 근육의 합성을 의미하는 것이 아니라 지방의 축적을 의미하기 때문에 칼로리 요구량을 적정(titrating)하는 것은 매우 중요하다[14]. 흔히 사용되는 공식이 Harris-Benedict 공식이나 화상면적이 40% 이하인 경우는 적절하지 않을 수 있으며, 이러한 경우 Curreri formula ( $25 \text{ kcal/kg per day} + 40 \text{ kcal/\% TBSA per day}$ )를 이용하면 비교적 적절한 값을 구할 수 있으나, 이 또한 의문이 지속적으로 제기 되었다. 따라서, 중증 화상환자에서 IC를 이용하여 휴식대사량을 측정하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 만일 IC 사용이 불가능한 경우라면 보다 세심한 접근을 통한 에너지공급이 고려되어야 한다.

### 2. Proteins and specific amino-acids

영양공급의 목적은 장기의 기능을 개선시키고 protein-calorie malnutrition을 막는 데 있다. 또한 영양보충물(supplement)의 구성은 매우 중요하다. 화상 수상 후 인체 내 호르몬의 환경변화는 이화작용을 촉진시켜 지방이나 탄수화물을 공급하는 것은 부분적으로 단백질의 이화작용을 감소시키는데 도움을 줄 수 있다. 일정부분 체질량 감소는 불가피하며, 따라서 증가된 요구량을 충족하기 위해 단백질의 요구량이 증가된다. 중증 화상환자의 경우 전체 칼로리의 20-25%를 단백질로 공급하도록 권고하고 있으며[15], 1.5-2.0 g/kg/day의 단백질을 공급하여 calorie-to-nitrogen ratio를 100:1의 비율로 조절하도록 권고하고 있다[15].

글루타민(glutamine)은 화상환자에게 조건부 필수 아미노산으로 분류된다. 글루타민은 림프구나 소장세포에 주요한 에너지원이다. 따라서, 증가된 글루타민 공급은 단백질 합성

을 증가하여 창상치유를 촉진시켜 입원기간 감소를 유발할 수 있다[16]. 하지만 아직까지 글루타민 공급과 관련하여 low dose (<0.20 g/kg/day) vs. high dose (>0.20 g/kg/day) 공급, 정맥투여 vs. 장내공급에 대한 의견이 분분하다[17]. 현재까지 화상환자에 대해 정확한 용량이나 투여경로 및 그 결과에 대해 많은 보고가 있지만 아직까지 확립되어 있지는 않다. 따라서 이런 이슈에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

아르지닌(arginine) 또한 화상 후 대사에 중요한 영향을 주는 아미노산이며, T-lymphocytes를 자극하며, 자연살해 세포(natural killer cell)의 기능을 증가시킨다. 또한 산화질소(nitric oxide)의 합성을 촉진시켜 감염에 대해 저항성을 증가시킨다[18]. 경장영양에 아르지닌을 추가하는 것은 면역 반응을 개선시키며 창상치유를 촉진하는 것으로 알려져 있다[19]. 하지만 아직까지 화상환자에게 공급해야 할 용량 및 권고에 대한 합의는 없는 실정이다[20].

### 3. Carbohydrates and glycemic control

중증화상환자의 주 에너지원은 탄수화물이다. 글루코스는 창상치유에 우선시 되는 연료이나, 화상환자처럼 스트레스가 많은 환경에서의 탄수화물 공급은 포도당불내성을 유발한다. 따라서, 최적의 치료환경을 만들기 위해서 고혈당을 적극적으로 조절하는 것은 매우 중요하다. 외인 인슐린 공급은 고혈당을 낮추며, 화상손상의 단백질 이화작용을 개선시키는 효과가 있다[21]. 화상환자의 경우 인슐린 자체가 체질량을 증가시키며, 염증반응을 개선시키는 효과가 있다[22]. 메트포르민과 같은 경구용 혈당강하제는 고혈당을 줄이고, 단백질 이화작용을 예방하는데 도움을 줄 수 있다[23]. 하지만 권고되는 결정치(cut off value)는 아직까지 확립되어 있지는 않지만, 통상 일반적인 중환자에서 권고되는 100–150 mg/dL을 유지하도록 권고하고 있다. 또한 전체 칼로리 요구량 중에 약 60% 정도를 탄수화물로 공급하도록 권고하고 있다[24].

### 4. Lipid

지방은 그람당 9 kcal의 훌륭한 에너지원이다. 필수지방

산인 리놀레산(linoleic acid)은 세포막의 주요한 구성성분이며, 프로스타글란딘 합성에 중요한 성분이다[25]. 또 다른 중요한 지방산으로 오메가 3 지방산을 들 수 있다. 오메가 3 지방산은 면역작용과 관련되어 있으며 오메가 3 지방산이 풍부한 fish oil은 항염증작용의 사이토카인 전구체로 사용되어[26], 면역작용을 개선시켜 결과적으로 좋은 예후로 환자를 이끌 수 있다[27]. 또한 고혈당을 감소시키는 효과를 가지고 있다[28]. 하지만, 화상환자의 호르몬 환경이 지방분해를 억제시켜 지방이 에너지를 사용되는 데는 제한이 있다. 이러한 이유로, 대부분의 저자들은 non-protein calories의 30% 정도를 지방으로 공급하도록 권고하고 있으며 정맥으로 지방을 주입 할 경우에도 1 g/kg/day를 넘지 않도록 하고 있다[29]. 또한 화상환자에 대한 연구는 아직까지 미비하여 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

### 5. Micronutrient requirements

중증화상 환자의 경우 과대사적 반응과 창상치유 요구량 증가, 화상으로 손상된 피부에서의 손실로 소량영양소(micronutrients)의 요구량이 증가하게 된다. 그러나, 소량영양소의 요구량은 아직까지 확립되어 있지 않다. 몇 가지 중요한 소량영양소를 살펴 보면 다음과 같다.

비타민 A는 창상치유와 상피세포 성장에 중요한 역할을 한다. 또한 항산화제 역할을 하며 자유라디칼 손상으로부터 예방하는 효과가 있다. 따라서, 5,000 IU of vitamin A per 1,000 cal of enteral nutrition이 권고되고 있다[15]. 하지만 과잉공급으로 인한 독성을 유발할 수 있으므로 조심해야 한다.

비타민 C는 수용성 비타민으로 세포 외 공간에 주로 존재하고 폐에도 풍부하게 있는 것으로 알려져 있으며 산소 자유라디칼을 제거함으로 항산화작용을 하며, 콜라겐 합성과 교차결합을 촉진하여 창상치유에 도움이 되는 역할을 한다. 따라서, 화상환자에 있어 비타민 C 공급은 supplementation of up to 1,000 mg per day로 권고하고 있다[30]. 또한 중증 화상환자에 있어 고용량의 비타민 C를 보조적으로 투여함으로써 과산화지질 증가를 감소시키고, 화상 수상 초기 미세혈관에서의 체액 및 단백질 누출을 감소시켜 급성기 수액치료에서 요구되는 수액량을 감소시킬 수 있다[31].

비타민 D도 화상환자의 치료에 중요한 역할을 한다. 화상 비타민 D대사에 영향을 주는데 그 결과 25-hydroxy vitamin D 레벨이 낮아지며, 뼈 형성에 장애를 줄 수 있다[32]. 다양한 연구에서 화상환자에서 뼈 흡수에 지장을 주어 골감소증(osteopenia)을 유발할 수 있음이 밝혀 졌다[33]. 하지만 아직까지 칼슘 및 비타민 D 요구량에 대해 정확한 요구량은 알려지지 않았다.

다양한 미량원소 중에서 구리(Cu), 셀레늄(Se), 아연(Zn)이 면역반응과 창상치유에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 이 세 가지 미량원소의 다량이 화상으로 손상된 피부를 통해 삼출액으로 소실 되며, 이러한 반응 화상으로 손상된 피부가 닫히기 전까지 지속된다[34]. 거의 300가지의 효소들이 손상된 피부조직의 재생 및 치유와 연관이 있으며 이러한 효소의 활성도를 유지하기 위해 미량원소 중 하나인 아연이 필요하며, 또한 세포 증식 및 분화, DNA와 단백질 합성에도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. Supplementation of up to 220 mg/day까지 공급하도록 권고하고 있다[30]. 셀레늄은 임파구의 기능에 중요한 역할을 하며, 세포매개면역과 글루타티온과산화효소 활성화에 중요하다. 셀레늄 또한 손상된 피부를 통해 손실되어 화상범위가 넓어질수록 손상되는 양이 많기 때문에 조기에 적절한 공급이 중요하며, 조기에 셀레늄을 공급할 경우 지방과산화 감소, 항산화제 면역 증가, 감염률 감소로 창상치유를 증가시키고 중환자실 재원기간을 감소시킨다고 알려져 있다[35,36].

## 6. Route of feeding

중증화상 환자의 치료에 있어서 가장 중요한 치료는 가피절제술이나 피부이식술 등을 통한 창상치료가겠지만 적절한 영양공급이 창상치유에 이득이 된다는 것엔 이견이 없을 것이며, 또한 정맥투여보다는 경장영양이 환자의 소화기능의 빠른 복귀, 점막수축 완화, 장관 정상세균 및 면역력 유지, 패혈증 감소 등에 도움이 된다는 것도 많은 논문이나 연구들에 의해서 알려져 있다[37-39]. 조기 경장영양에 대해서 가능한 빨리 시작하라고 알려져 있지만 아직까지 정확한 시기에 대한 제시나 근거 등은 미흡한 실정이다. Mosier 등[40]은 153명의 중증화상환자를 대상으로 화상 수상 후 24시간

을 기준으로 조기와 지연 경장영양을 나누어 조기 경장영양이 장 마비, 스트레스성 궤양, 상처 감염을 줄이는데 도움이 되므로 24시간 이내 시작해야 한다고 가이드라인을 제시하고 있다. 하지만 조기경장 영양을 시작시기에 관해 Minard와 Kudsk [41]는 조기 경장영양으로 인해 장관 세균 및 독소 투과성 감소에 작용하는 장의 림프구에 의한 패혈증 관련 합병증 완화에 대해 효과를 제시하며 24시간 이내가 이상적이지만 48시간 이내에 시작하는 것도 괜찮다고 제안하고 있다. Sohn 등[42]에 의하면 조기 경장영양 지원이 환자의 영양 상태 호전과 중환자실 재원일수 감소 등 좋은 예후에 영향을 준다고 보고하였다. 따라서, 중증화상환자의 경우 혈액학적으로 안정하다면 조기에 경장영양을 시작하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

## 결론

화상치료에 있어 많은 발전이 있었지만 아직까지 이환율 및 사망률은 매우 높다. 이러한 화상환자의 치료에 적극적인 영양치료는 매우 중요한 부분이다. 아직까지 많은 이견이 있지만 가급적 경장영양을 통해 영양공급을 시작하고, 불가능할 경우 정맥영양을 고려해야 한다. 몸무게나 에너지 소비량은 가급적 매일 체크하도록 해야 하며, 3대 영양소 외에 미량원소의 적극적인 공급도 화상환자의 치료에 매우 중요함을 인식해야 한다. 물론 아직까지 연구가 미약하여 정확한 투여량에 대한 합의가 없지만 지속적인 연구를 통해 해결해야 할 것으로 생각된다.

## 찾아보기말: 화상; 영양 치료

## ORCID

Yong Suk Cho, <http://orcid.org/0000-0002-8828-3863>

## REFERENCES

1. Goodall M, Stone C, Haynes BW Jr. Urinary output of adrenaline and noradrenaline in severe thermal burns. *Ann Surg* 1957;145:479-487.



2. Hart DW, Wolf SE, Mlcak R, Chinkes DL, Ramzy PI, Obeng MK, Ferrando AA, Wolfe RR, Herndon DN. Persistence of muscle catabolism after severe burn. *Surgery* 2000;128:312-319.
3. Wilmore DW, Long JM, Mason AD Jr, Skreen RW, Pruitt BA Jr. Catecholamines: mediator of the hypermetabolic response to thermal injury. *Ann Surg* 1974;180:653-669.
4. Pereira C, Murphy K, Jeschke M, Herndon DN. Post burn muscle wasting and the effects of treatments. *Int J Biochem Cell Biol* 2005;37:1948-1961.
5. Saito H, Trocki O, Alexander JW, Kopcha R, Heyd T, Joffe SN. The effect of route of nutrient administration on the nutritional state, catabolic hormone secretion, and gut mucosal integrity after burn injury. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1987;11:1-7.
6. Maejima K, Deitch E, Berg R. Promotion by burn stress of the translocation of bacteria from the gastrointestinal tracts of mice. *Arch Surg* 1984;119:166-172.
7. Peng YZ, Yuan ZQ, Xiao GX. Effects of early enteral feeding on the prevention of enterogenic infection in severely burned patients. *Burns* 2001;27:145-149.
8. Williams FN, Jeschke MG, Chinkes DL, Suman OE, Branski LK, Herndon DN. Modulation of the hypermetabolic response to trauma: temperature, nutrition, and drugs. *J Am Coll Surg* 2009;208:489-502.
9. Hildreth MA, Herndon DN, Desai MH, Broemeling LD. Current treatment reduces calories required to maintain weight in pediatric patients with burns. *J Burn Care Rehabil* 1990;11:405-409.
10. Flancbaum L, Choban PS, Sambucco S, Verducci J, Burge JC. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 1999;69:461-466.
11. Shaw-Delanty SN, Elwyn DH, Askanazi J, Iles M, Schwarz Y, Kinney JM. Resting energy expenditure in injured, septic, and malnourished adult patients on intravenous diets. *Clin Nutr* 1990;9:305-312.
12. Hester DD, Lawson KM. Suggested guidelines for use by dietitians in the interpretation of indirect calorimetry data. *J Am Diet Assoc* 1989;89:100-101.
13. Liusuwan RA, Palmieri TL, Kinoshita L, Greenhalgh DG. Comparison of measured resting energy expenditure versus predictive equations in pediatric burn patients. *J Burn Care Rehabil* 2005;26:464-470.
14. Hart DW, Wolf SE, Herndon DN, Chinkes DL, Lal SO, Obeng MK, Beauford RB, Mlcak RT RP. Energy expenditure and caloric balance after burn: increased feeding leads to fat rather than lean mass accretion. *Ann Surg* 2002;235:152-161.
15. Mayes T, Gottschlich M, Scanlon J, Warden GD. Four-year review of burns as an etiologic factor in the development of long bone fractures in pediatric patients. *J Burn Care Rehabil* 2003;24:279-284.
16. Peng X, Yan H, You Z, Wang P, Wang S. Clinical and protein metabolic efficacy of glutamine granules-supplemented enteral nutrition in severely burned patients. *Burns* 2005;31:342-346.
17. Novak F, Heyland DK, Avenell A, Drover JW, Su X. Glutamine supplementation in serious illness: a systematic review of the evidence. *Crit Care Med* 2002;30:2022-2029.
18. Kirk SJ, Barbul A. Role of arginine in trauma, sepsis, and immunity. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1990;14(5 Suppl):226S-229S.
19. Barbul A, Lazarou SA, Efron DT, Wasserkrug HL, Efron G. Arginine enhances wound healing and lymphocyte immune responses in humans. *Surgery* 1990;108:331-336.
20. Yan H, Peng X, Huang Y, Zhao M, Li F, Wang P. Effects of early enteral arginine supplementation on resuscitation of severe burn patients. *Burns* 2007;33:179-184.
21. Gore DC, Herndon DN, Wolfe RR. Comparison of peripheral metabolic effects of insulin and metformin following severe burn injury. *J Trauma* 2005;59:316-322.
22. Thomas SJ, Morimoto K, Herndon DN, Ferrando AA, Wolfe RR, Klein GL, Wolf SE. The effect of prolonged euglycemic hyperinsulinemia on lean body mass after severe burn. *Surgery* 2002;132:341-347.
23. Gore DC, Wolf SE, Sanford A, Herndon DN, Wolfe RR. Influence of metformin on glucose intolerance and muscle catabolism following severe burn injury. *Ann Surg* 2005;241:334-342.
24. Pelaez J, Garcia de Lorenzo A, Denia R, Martinez Ratero S, Lopez Martinez J, Caparros T. Nutritional support for the large burn patient. *Nutr Hosp* 1997;12:121-133.
25. Gottschlich MM. Nutrition in the burn pediatric patient. In: Samour PQ, Helm KK, Lang CE, editors. *Handbook of pediatric nutrition*. 2nd ed. Gaithersburg: Aspen Publishers; 1999. p. 491-511.
26. Tredget EE, Yu YM. The metabolic effects of thermal injury. *World J Surg* 1992;16:68-79.
27. Alexander JW, Saito H, Trocki O, Ogle CK. The importance of lipid type in the diet after burn injury. *Ann Surg* 1986;204:1-8.
28. Huschak G, Zur Nieden K, Hoell T, Riemann D, Mast H, Stuttmann R. Olive oil based nutrition in multiple trauma patients: a pilot study. *Intensive Care Med* 2005;31:1202-1208.
29. Demling RH, Seigne P. Metabolic management of patients with severe burns. *World J Surg* 2000;24:673-680.
30. Mayes T, Gottschlich MM, Warden GD. Clinical nutrition protocols for continuous quality improvements in the outcomes of patients with burns. *J Burn Care Rehabil* 1997;18:365-368.
31. Tanaka H, Matsuda T, Miyagantani Y, Yukioka T, Matsuda H, Shimazaki S. Reduction of resuscitation fluid volumes in severely burned patients using ascorbic acid administration: a randomized, prospective study. *Arch Surg* 2000;135:326-331.
32. Wray CJ, Mayes T, Khoury J, Warden GD, Gottschlich M. The 2002 Moyer Award. Metabolic effects of vitamin D on serum calcium, magnesium, and phosphorus in pediatric burn patients. *J Burn Care Rehabil* 2002;23:416-423.
33. Gottschlich MM, Mayes T, Khoury J, Warden GD. Hypovitaminosis D in acutely injured pediatric burn patients. *J Am Diet Assoc* 2004;104:931-941.

34. Berger MM, Cavadini C, Bart A, Mansourian R, Guinchard S, Bartholdi I, Vandervale A, Krupp S, Chioloero R, Freeman J. Cutaneous copper and zinc losses in burns. *Burns* 1992;18:373-380.
35. Hunt DR, Lane HW, Beesinger D, Gallagher K, Halligan R, Johnston D, Rowlands BJ. Selenium depletion in burn patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1984;8:695-699.
36. Berger MM, Baines M, Raffoul W, Benathan M, Chioloero RL, Reeves C, Revelly JP, Cayeux MC, Senechaud I, Shenkin A. Trace element supplementation after major burns modulates antioxidant status and clinical course by way of increased tissue trace element concentrations. *Am J Clin Nutr* 2007;85:1293-1300.
37. Andel H, Rab M, Andel D, Horauf K, Felfernig D, Schramm W, Zimpfer M. Impact of duodenal feeding on the oxygen balance of the splanchnic region during different phases of severe burn injury. *Burns* 2002;28:60-64.
38. Magnotti LJ, Deitch EA. Burns, bacterial translocation, gut barrier function, and failure. *J Burn Care Rehabil* 2005;26:383-391.
39. McClave SA, Marsano LS, Lukan JK. Enteral access for nutritional support: rationale for utilization. *J Clin Gastroenterol* 2002;35:209-213.
40. Mosier MJ, Pham TN, Klein MB, Gibran NS, Arnoldo BD, Gamelli RL, Tompkins RG, Herndon DN. Early enteral nutrition in burns: compliance with guidelines and associated outcomes in a multicenter study. *J Burn Care Res* 2011;32:104-109.
41. Minard G, Kudsk KA. Is early feeding beneficial? How early is early? *New Horiz* 1994;2:156-163.
42. Sohn BH, Yang HT, Lim HJ, Kim D, Hur J, Chun W, Kim JH, Lee S, Yoon H, Cho YS. Effectiveness of early enteral feeding in major burn patient. *J Korean Burn Soc* 2013;16:104-108.

### Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 이환율 및 사망률이 높은 중증화상환자 치료에 있어서 영양치료의 필요성 및 치료방침에 대하여 기술한 논문이다. 영양 요구량 측정, 필수 영양소, 소량영양소 및 영양 투여시기 및 방법에 대하여 문헌 고찰을 체계적으로 기술하였다. 중증화상환자의 영양 치료에 있어서 중요한 지침을 제시했다는 점에서 의의가 있는 논문이란 판단된다.

[정리: 편집위원회]