중증 화상 환자의 영양 지원

조용석

한림대학교한강성심병원 화상외과

Nutrition Therapy in Major Burns

Yong Suk Cho

Department of Critical Care and Burn Surgery, Hallym University Hangang Sacred Heart Hospital, Seoul, Korea

Major burns lead to a hypermetabolic response that is more dramatic than that identified in any other disease or injury. In addition, major burns increase the metabolic demands of the body, which can lead to severe weight body loss and an increased risk of mortality. The hyper-metabolic response is accompanied by severe catabolism and a loss of lean body mass as well as by a progressive decline of host defenses that impairs the immunological response. The protective functions of an intact skin are lost, leading to an increased risk of infection and protein loss. Therefore, adequate and timely provision of nutritional support is a vital component of the care of critically ill burn patients. In addition, nutrition therapy is important in burn care from the early resuscitation phase until the end of rehabilitation. A careful assessment of the nutritional state of burn patients is also important for reducing infection, recovery time, and long-term results. The nutritional therapy in severe burns has evidence-based specificities that help improve the clinical outcomes. The thumb 25 equation (25 kcal/kg of actual body weight) can be used as an alternative method to estimate the energy requirements of patients with major burns in cases where indirect calorimetry is unavailable or not applicable.

Key Words: Indirect calorimetry, Major burn, Nutrition

서론

중증 화상은 신체 항상성에 많은 변화를 유발하며, 단일 외상 중 사망률이 가장 높은 외상 중 하나이다. 에너지 소모량과 혈액 순환이 과도하게 증가하며, 시상하부의 체온 조절 점이 재조정되고, 면역기능의 이상 및 말초 인슐린 저항성의 증가, 골

격근의 이화작용 증가 등 전신 대사의 변화를 일으킨다.¹ 이러한 과대사적 반응으로 지방제외체중(lean body mass), 감소, 근육 약화, 면역성 저하 및 상처 치유 지연 등을 유발한다.² 이로 인해 충분한 영양 공급이 중요하며, 적극적인 영양 공급은 사망률 및 합병증을 감소시키고, 상처 재생을 원활하게 한다. 부족한 영양 지원은 상처 재생의 지연, 세포의 기능 장애, 감염에 대한 저항력 감소, 궁극적으로 사망에 이를 수 있으며, 이에 반해 과다한 영양 공급은 이산화탄소 생성 증가, 호흡 실패, 고혈당, 간기능 장애를 유발한다. 따라서 중증 화상 환자에게 적절한 영양 공급이 필요하며 정확한 요구량을 충족시키기 위한 방법 또한 필요하다. 현재 다양한 공식을 이용한 영양 요구량 산정 방법들이 제시 되었으나 그 정확성에 대한 의구심이 있으며 최근 간접휴식대사량 측정기(indirect calorimetry)를 이용한 여러 연구에서 대사량의 증가 비율이 과거 160%~200%에

Received Dec 5, 2019; Revised Dec 9, 2019; Accepted Dec 11, 2019

Correspondence to Yong Suk Cho <https://orcid.org/0000-0002-8828-3863>
Department of Critical Care and Burn Surgery, Hallym University Hangang Sacred Heart Hospital, 12 Beodeunaru-ro 7-gil, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07247, Korea
Tel: +82-2-2639-5442, Fax: +82-2-2678-4386, E-mail: maruchigs@hallym.or.kr

Conflict of interest: None.

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.

서 120%~150%로 여겨지고 있으며, 이러한 이유는 화상 치료의 발전에 기인한다고 볼 수 있다.³

본 론

1. Modern burn care and metabolic requirements

현재 화상 치료는 화상으로 유발된 과대사적 성질을 변화시키지는 못했지만 그 크기를 현저하게 감소시켰다. 적절한 주위 온도와 습도 조절로 20% 정도의 칼로리 소모량을 줄일 수 있으며, 적절한 항생제의 사용과 적극적인 조기 이식 수술(early excision graft)이 과대사적 반응을 조절할 수 있는 것으로 보인다. 또한 중증 화상 환자의 경우 화상 수술 시 화상 상처를 autograft, allograft 또는 합성 대체제로 커버함으로 인해 과대사적 반응 기간을 단축할 수 있다. 또한 인공호흡기, 적절한 통증 조절 및 진정제 사용이 에너지 요구량을 낮추는 데 도움을 줄 수 있다. 그러한 결과로 대사량이 정상 120%~150% 정도 증가된 것으로 보고되고 있지만,⁴ 환자의 상태에 따라 에너지 요구량이 변화하기 때문에 영양 공급 시 항상 고려해야 한다.

2. Assessment of nutritional needs

화상 환자의 치료에 있어 적절한 영양 공급은 필수적이며, 정확한 요구량의 산정이 중요하다. 이러한 목적으로 다양한 공식들이 개발 및 사용되어 왔으나, 그 정확성에 대해서는 여전히 의구심이 논의되고 있다. 이러한 이유로 간접휴식대사량 측정기가 golf standard로 여겨지고 있으며, 많은 연구 결과들이 보고되고 있다. Jeon 등⁵의 연구 결과에 의하면, 기존의 공식을 사용할 경우 overfeeding을 조장할 수 있으며, 간접휴식대사량 측정기를 사용할 수 없는 경우 rule of thumb (25 kcal/kg) 공식을 사용하도록 권고하고 있다. 간접휴식대사량 측정기는 가급적 환자가 안정상태에서 측정하는 것이 좋으며, 자발 호흡이 가능한 경우는 canopy를 사용하고, 인공호흡기를 사용하고 있는 환자는 인공호흡기에 직접 연결하여 측정하면 된다. 흡기시와 호기시의 가스를 채취하여 분당 산소소비량(VO_2)과 이산화탄소생성량(VCO_2)을 구하여 컴퓨터를 통해 호흡지수(respiratory quotient, VO_2/VCO_2)를 산출할 수 있다.⁶ 이를 통해 underfeeding 또는 overfeeding을 발견할 수 있으며, 환자의 대사량 및 특정 substrates의 사용을 평가할 수 있다.

3. Specific nutrient requirements

1) Carbohydrates

성인 및 소아 화상 환자에서 권고되는 탄수화물 공급량은 전체 에너지의 55%~60%를 넘지 말아야 하며, 5 mg/kg/min 이

하로 공급되어야 한다.⁷ 탄수화물 식이의 주요한 합병증인 당불내성으로 인한 고혈당이 생길 수 있으므로, 적극적인 혈당 조절은 환자 치료에 중요한 부분이다. 하지만, 화상 환자들은 치료의 특성상 자주 금식 상황에 놓일 수 있기 때문에 너무 적극적인 인슐린 치료는 저혈당을 유발할 수 있어 주의를 요한다. 소량의 지방을 같이 공급함으로써 탄수화물의 용량을 줄일 수 있고, 당불내성을 현저히 조절할 수 있다. 일부 환자에 있어 metformine 사용이 혈당을 내릴 수 있으나, lactic acidosis를 조장할 수 있기 때문에 주의해야 한다.⁸

2) Lipids

화상 환자의 경우 화상 상처에서 유발된 호르몬의 환경이 지방 분해를 억제시키고 에너지로의 이용이 제한적이기 때문에 대부분의 저자들은 non-protein calories의 30% (또는 1 g/kg/d)를 넘지 않도록 권고하고 있다.⁹ 지방 공급 시 지방의 양보다 지방의 조성이 더 중요하다. Linoleic acid와 같은 대부분의 지방제는 omega-6 fatty acids로 구성되어 있고, 이는 pro-inflammatory cytokines의 전구체로 작용하여 염증 반응을 조장할 수 있다. 하지만 fish oil은 omega-3 fatty acids를 풍부히 가지고 있고, 항염증작용의 전구체로 작용한다. 또한, fish oil은 면역반응을 개선시키며 환자의 예후에 긍정적인 영향을 주며 고혈당을 예방하는 효과도 있다.¹⁰

3) Protein

화상 후 호르몬의 변화는 단백 분해를 조장한다. 탄수화물이나 지방 공급은 단백 대사를 부분적으로 감소시킬 수는 있으나, 지방제외체중의 감소를 막을 수는 없다. 화상 환자의 상처 치유(wound healing), 효소, 면역기능을 위해 단백질 요구량이 증가한다. 에너지 공급이 제한되면 단백질이 에너지 소스로 사용된다. 하지만 필요한 양보다 많은 양을 공급할 경우 단백질 합성을 증가하기 보다는 overfeeding을 조장할 수 있다. 화상 환자의 단백질 대사는 150 g/d를 초과하며, 그 대부분은 골격근에서 유래된다. 단백질을 정상보다 과량 공급하는 것은 저장된 단백질의 분해를 감소시키지는 못하지만 단백질 합성을 촉진시키며, 음소질소평형(negative nitrogen balance)을 감소시킬 수 있다. 따라서 단백질 요구량은 1.5~2 g/kg/d 정도가 적당하다. 글루타민(glutamine, GLU)은 조건부 필수 아미노산으로 임파구 및 장 세포에 연료로 사용되며, 장 면역에 중요한 역할을 한다. 글루타민 공급에 관한 여러 연구에서(low-dose [<0.20 g/kg/d] vs. high dose [>0.20 g/kg/d] GLU, or parenteral vs. enteral administration) 글루타민 공급이 환자의 임상적 예후에 상반된 결과들과 함께 영향을 미치지 않는 것으로도 보고가 되고 있지

만, 화상 환자의 경우 25 g GLU/kg/d를 공급할 경우 감염 감소, 사망률 감소, 재원기간을 줄일 수 있다고 보고하였다.^{11,12}

4. Micronutrients: vitamin and trace elements

비타민과 미량 원소는 상처 치유와 면역기능에 중요한 역할을 한다. 하지만 화상 환자에 대한 임상적인 연구는 많이 부족한 상태이며, 제한적인 몇몇 연구에서 특정 비타민 공급이 유익할 것으로 보고되고 있다. 유익한 비타민의 권장 일일 수당 (recommended daily allowances, RDAs)은 아래와 같다.

- **Vitamin A:** 상처 치유와 상피 생장에 중요하며, 항산화제로 사용된다. 화상 수상 후에 비타민 A의 감소를 볼 수 있어, 추가적인 공급할 것을 권장하나 부작용이 나타날 수 있다.¹³
- **Vitamin C:** 비타민 C는 콜라겐 합성과 가교 결합에 필수적이며, 상처 치유에 중요한 역할을 한다. 또한 순환하는 항산화제로도 작용한다. 화상 환자에게는 권장되는 RDA는 1,000 mg/d 정도이다.¹³
- **Vitamin D:** 최근의 보고에 의하면, 화상 손상 후 뼈 흡수 (bone resorption) 및 골감소증(osteopenia)이 심각한 정도로 나타나며, 추가적인 공급을 하도록 권고하고 있다.¹⁴
- **Iron:** 철은 산소 운반 단백질의 구성에 필요하며, 많은 효소들의 보조 인자로 작용한다. 화상 환자는 부분적으로 혈액 손실로 인하여 철분 결핍이 생기기 쉽지만, 수혈은 상당한 양의 철분을 공급한다는 점도 기억해야 한다.
- **Zinc:** 아연은 많은 금속 효소(metalloenzymes)의 기능에 필요하다. 상처 치유의 여러 측면 및 DNA/RNA 복제 림프구 기능에 중요한 영향을 준다. 아연 결핍은 화상 수상 후 급격히 나타나며, RDA는 220 mg/d (15 times RDA)로 권고되고 있다.
- **Selenium:** 셀레늄은 림프구의 기능 및 세포 매개 면역에 중요한 역할을 한다. 화상의 손상된 피부를 통해 손실이 생기며, 셀레늄 부족 현상이 발생한다.

5. Methods of nutritional support

1) Route of nutrition: parenteral vs. enteral

Total parenteral nutrition (TPN) 사용은 이제 이론적 및 실용적인 이유로 경장 영양(enteral nutrition, EN)으로 대체되었다. EN은 직접 장 점막에 영양을 공급하며 이와 관련하여 일부 영양소(e.g., glutamine)가 특히 중요할 수 있다. 또한 장내 소량의 영양소의 존재는 장 세포의 기능을 자극하고 장내 미생물 및 정상 점막 기능을 유지하며 장의 정상적인 혈액 공급을 유지할 수 있다. 그리하여 이러한 효과는 박테리아 전이, 패혈증

을 감소시키며, 장 관련 면역기능을 유지하는 데 도움을 줄 수 있다.¹⁵ 반면, TPN은 tumor necrosis factor (TNF) 및 다른 염증 촉진인자의 분비를 촉진한다. TPN 제제 안에 지방은 염증 반응을 조장하고, 특히 폐기능 장애를 유발할 수 있다. 임상연구에서, 조기에 적극적인 EN은 외상 및 중환자실 환자의 감염과 연관된 합병증을 줄인다고 보고하였다.¹⁶ 화상 환자의 경우 장내 영양 보충제로서 TPN 사용이 사망률을 크게 증가시켰다는 보고도 있다.¹⁷ Gut integrity를 유지하는 것 외에도, EN은 간에 영양소를 1차 통과시켜(first pass), 고혈당증과 삼투압을 감소시킨다. 이러한 이유로, EN은 정상적인 장 기능을 가지고 있는 모든 화상 환자에 영양 지원의 route of choice로 여겨진다.

2) Early enteral feeding

조기 EN은 모든 연령대의 장내 영양소 섭취가 촉진된 ‘칼로리 결핍’을 감소시키고 질소 균형과 전반적인 영양 상태를 개선한다는 것이 분명해졌다. 십이지장 또는 공장 영양은 칼로리 목표의 달성을 용이하게 하고 흡인의 위험을 증가시키지 않으며 수술 중에도 계속될 수 있고, 또한 감염 등의 합병증을 감소시킬 수 있다.¹⁸ 이러한 이유로, 화상 수상 후 48시간 이내에 시작해야 하며, 처음에 시작할 때는 20~40 mL/h로 시작하여 환자의 상태에 따라 증량하도록 한다.

6. Non-nutritional management of hypermetabolism

조기 EN에 더하여, 화상 환자의 과대사적 반응을 줄이기 위해 몇 가지 방법이 제시되었다. 주위 환경을 28°C~30°C로 유지하고, 조기 절제 수술 및 피부 대체제의 발전 및 사용, 단백질 합성을 촉진시킬 수 있는 제제의 사용 등이 제시될 수 있다. 충분한 통증 조절 및 조기 재활치료 프로그램도 중요한 역할을 한다.

기저 심박수를 20% 감소시킬 수 있는 propranolol 사용은 cytokines 및 stress 호르몬 분비를 감소시켜 과대사 반응과 과이화 반응을 줄일 수 있다. Oxandrolone (10 mg/12 h) 사용으로 사망률 감소 및 재원 기간이 감소될 수 있으며, 여러 가지 좋은 효과들이 보고 되었다. Propranolol과 oxandrolone은 둘 다 비용 효과적인 약물 요법으로, 이 두 가지 병행 요법은 현재 연구 중에 있다.

재조합 인간 성장 호르몬(recombinant human growth hormone)의 사용은 성인 화상 환자에서 권고되고 있지 않다. 하지만, 소아 화상 환자의 경우 공여부 치료, 과대사반응 감소, 성장 장애에 도움이 된다고 보고되었다.

결론

중증 화상의 영양 지원은 지속적으로 진화하고 있지만 몇 가지 양상은 분명하다. 장내 영양과 고단백 식이는 중요하며, 각 개인마다 요구량이 다르며 치료 과정 전반에 걸쳐 변화한다. 따라서, 모든 팀 구성원은 지속적이고 체계적인 평가를 통해 모든 화상 환자들에게 최적의 영양을 공급해야 한다.

REFERENCES

1. Wolfe RR, Herndon DN, Jahoor F, Miyoshi H, Wolfe M. Effect of severe burn injury on substrate cycling by glucose and fatty acids. *N Engl J Med* 1987;317(7):403-8.
2. Jeschke MG, Barrow RE, Mlcak RP, Herndon DN. Endogenous anabolic hormones and hypermetabolism: effect of trauma and gender differences. *Ann Surg* 2005;241(5):759-67; discussion 767-8.
3. García de Lorenzo y Mateos A, Ortiz Leyba C, Sánchez Sánchez SM; Spanish Society of Intensive Care Medicine and Coronary Units-Spanish Society of Parenteral and Enteral Nutrition (SEMICYUC-SENPE). [Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient. Update. Consensus of the Spanish Society of Intensive Care Medicine and Coronary Units-Spanish Society of Parenteral and Enteral Nutrition (SEMICYUC-SENPE): critically-burned patient]. *Med Intensiva* 2011;35 Suppl 1:63-7. Spanish.
4. Tancheva D, Arabadziev J, Gergov G, Lachev N, Todorova S, Hristova A. Comparison of estimated energy requirements in severely burned patients with measurements by using indirect calorimetry. *Ann Burns Fire Disasters* 2005;18(1):16-8.
5. Jeon J, Kym D, Cho YS, Kim Y, Yoon J, Yim H, et al. Reliability of resting energy expenditure in major burns: comparison between measured and predictive equations. *Clin Nutr* 2019;38(6):2763-9.
6. Ireton-Jones CS, Turner WW Jr. The use of respiratory quotient to determine the efficacy of nutrition support regimens. *J Am Diet Assoc* 1987;87(2):180-3.
7. Prelack K, Dylewski M, Sheridan RL. Practical guidelines for nutritional management of burn injury and recovery. *Burns* 2007;33(1):14-24.
8. Gore DC, Herndon DN, Wolfe RR. Comparison of peripheral metabolic effects of insulin and metformin following severe burn injury. *J Trauma* 2005;59(2):316-22; discussion 322-3.
9. Demling RH, Seigne P. Metabolic management of patients with severe burns. *World J Surg* 2000;24(6):673-80.
10. 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(9):1202-8.
11. Zhou YP, Jiang ZM, Sun YH, Wang XR, Ma EL, Wilmore D. The effect of supplemental enteral glutamine on plasma levels, gut function, and outcome in severe burns: a randomized, double-blind, controlled clinical trial. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2003;27(4):241-5.
12. Garrel D. The effect of supplemental enteral glutamine on plasma levels, gut function, and outcome in severe burns. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2004;28(2):123; author reply 123.
13. 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(4):365-8; discussion 364.
14. Gottschlich MM, Mayes T, Khoury J, Warden GD. Hypovitaminosis D in acutely injured pediatric burn patients. *J Am Diet Assoc* 2004;104(6):931-41, quiz 1031.
15. Magnotti LJ, Deitch EA. Burns, bacterial translocation, gut barrier function, and failure. *J Burn Care Rehabil* 2005;26(5):383-91.
16. Moore FA, Moore EE, Jones TN, McCroskey BL, Peterson VM. TEN versus TPN following major abdominal trauma--reduced septic morbidity. *J Trauma* 1989;29(7):916-22; discussion 922-3.
17. Herndon DN, Barrow RE, Stein M, Linares H, Rutan TC, Rutan R, et al. Increased mortality with intravenous supplemental feeding in severely burned patients. *J Burn Care Rehabil* 1989;10(4):309-13.
18. Jenkins ME, Gottschlich MM, Warden GD. Enteral feeding during operative procedures in thermal injuries. *J Burn Care Rehabil* 1994;15(2):199-205.