

## 중환자에서 정맥영양 지원

연세대학교 의과대학 중환자 관리 및 외상외과, 외과학교실

이 재 길

### Parenteral Nutritional Support in Critical Patients

Jae Gil Lee, MD

Division of Surgical Critical Care and Trauma, Department of Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Understanding of principles of nutritional support is very important to manage the critically ill patients. We consider and remind the importance of nutritional support. When we start nutritional support, enteral nutrition is considered primarily. However we have to know the indication and practice of parenteral nutrition. Hereby I review the current guideline for parenteral nutrition and practical points.

J Neurocrit Care 2010;3 Suppl 2:S108-S114

**KEY WORDS:** Nutritional support · Parenteral · Critical ill.

## 서 론

중환자는 영양 불량이 흔히 발생하며, 그 예후와 밀접한 관련이 있다. 영양 불량이 동반된 환자는 감염의 위험성이 증가하며, 상처의 회복과 인공호흡 기간이 늘어나며, 사망률과 이환률이 높은 것으로 알려져 있다.<sup>1,2</sup> 따라서 중환자의 회복을 돕기 위해서는 영양 지원이 필수적이며, 이에 대한 명확한 이해가 필요하다.

본 글에서는 중환자의 영양 지원과 정맥 영양(parenteral nutrition)에 대해 알아보하고자 한다.

### 영양 지원시 고려해야 할 사항

영양 지원을 시행하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- 1) 영양 지원의 필요성(적응증)
- 2) 영양 지원의 경로: 경장(enteral) 또는 정맥 영양

- 3) 영양 공급량의 결정: 에너지 소비량의 예측
- 4) 영양소의 구성: 탄수화물(포도당), 단백질(아미노산), 지방, 비타민, 미량원소 등
- 5) 영양 지원의 합병증  
위의 내용을 중심으로 정맥 영양 지원 방법과 현재까지 발표되어 있는 권고안 등을 설명하고자 한다.

### 영양 지원의 적응증

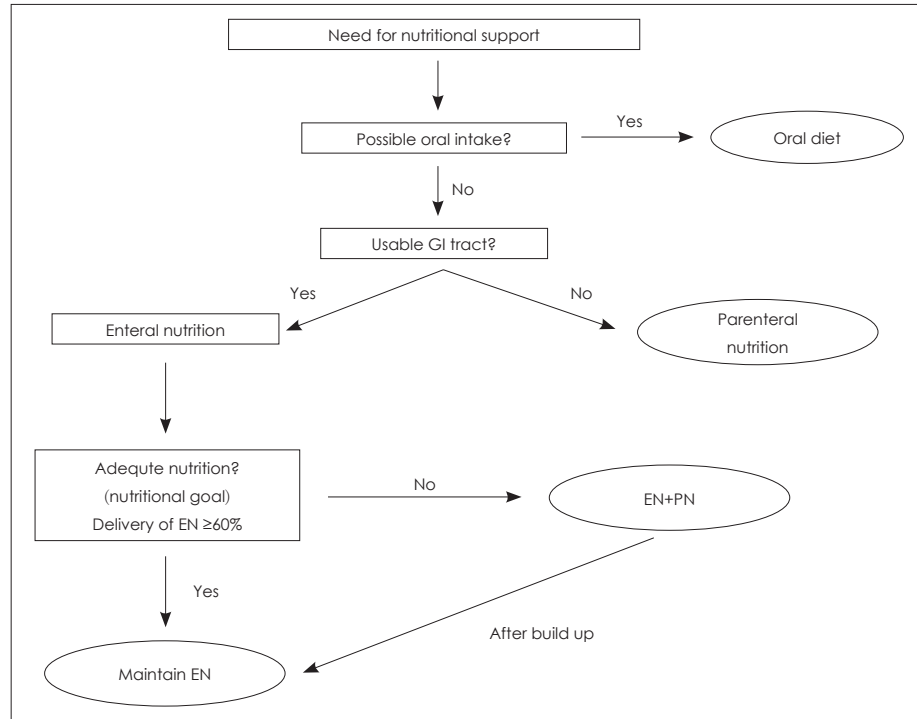
중환자에서 영양 지원이 필요한 환자는 경구 또는 경장 투여를 먼저 고려해야 한다. 영양 지원이 필요한 환자는 중환자실에서 치료받는 환자는 거의 모두 해당된다고 볼 수 있으며, 정리하면 다음과 같다.

- 1) 영양불량이 동반된 환자
- 2) 3~4일 이상 경구 섭취가 불가능하거나 금식 중인 환자
- 3) 중증 외상 및 화상 환자
- 4) 중환자: 인공호흡 적용 환자
- 5) 광범위한 장절제를 시행한 환자

### 영양 지원 경로

영양 지원은 장관을 이용하거나(경장 영양)과 정맥을 이용(정맥 영양)하여 시행한다. 경장 영양은 정맥 영양에 비해 많은 장점을 가지고 있으며, 정맥 영양은 감염의 위험성을 높이며,

**Address for correspondence:** Jae Gil Lee, MD  
Division of Surgical Critical Care and Trauma, Department of Surgery,  
Yonsei University College of Medicine, 250 Seongsan-ro,  
Seodaemun-gu, Seoul 102-752, Korea  
Tel: +82-2-2228-2127, Fax: +82-2-313-8289  
E-mail: jakii@yuhs.ac



**FIGURE 1.** Algorithm of nutritional support for critically ill patients. EN: Enteral nutrition, PN : parenteral nutrition.

**TABLE 1.** Indications of parenteral nutrition

1. Contraindications of enteral nutrition
  - 1) Hemodynamical instability (Shock)
  - 2) Gastrointestinal failure: perforation, obstruction, ischemia
  - 3) Extensive bowel resection (Short bowel syndrome)
  - 4) High-output fistula or stoma
  - 5) Severe peritonitis
2. Patients who not tolerate enteral nutrition (feeding)
 

Severe nausea, vomiting, diarrhea, abdominal distension, abdominal pain
3. Critically ill patients who cannot start enteral nutrition within 24 hours
4. Patients who cannot reach full enteral nutrition after 3days-supplementary parenteral nutrition

면역 억제 작용이 있고, 고혈당 및 간내 지방 축적 및 담즙 정체, 장 점막의 위축 및 면역 체계를 약화시키는 등 많은 불이익이 많은 상황이다. 따라서 영양 지원을 시작할 때 우선적으로 경장 영양을 고려해야 하며, 경장 영양은 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 1) 저렴한 가격
- 2) 장점막 세포를 유지 시킴
- 3) 장점막의 방어 기능을 유지 시킴
- 4) 장점막을 통한 장내 세균 전위(translocation)의 억제 따라서 위장관 기능이 유지되어 있으며, 사용이 가능하면 중환자실 입실 후 24~48시간 이내에 경장 영양을 시행한

다.<sup>3-8</sup> 경장 영양을 시작할 수 없거나, 경장 영양으로 충분한 영양 지원이 되지 않는 경우에 정맥 영양을 시행한다.<sup>3-5,7,9,10</sup> 영양 지원 방법을 선택하는 알고리즘은 다음과 같다(Fig. 1).

정맥 영양은 다음과 같은 상황에서 선택한다(Table 1). 그러나 영양 불량을 동반하지 않은 환자에서 정맥 영양의 시작 시기는 학회 마다 다르며, 일반적으로 5일 이상 경장 영양이 불가능한 경우에 정맥영양을 시작한다.<sup>7</sup>

## 영양 지원의 실제

### 에너지 공급량의 계산

영양 지원을 시작할 때 환자에게 필요한 에너지 소비량(energy expenditure)를 구하는 것이 중요하다. 간접 열량 측정법(indirect calorimetry)이 가장 좋은 측정법이지만 이용상 제한이 많아, 임상적인 제한이 많은 상태로 국내에서는 소수의 기관에서만 사용하고 있다.

에너지 소비량은 구하기 위해 여러가지 공식(Table 2)들이 사용되고 있지만,<sup>4,5,9</sup> 각각의 장단점이 있어서, 일반적으로 중환자의 에너지 소비량은 약 25 kcal/kg로 계산하여 공급한다.

### 영양소의 구성

영양소는 탄수화물, 지방과 단백질을 적절히 배합하여 사용한다. 또한 전해질과 미량 원소를 적절하게 공급해 주어야

**TABLE 2.** Methods for calculation of basal energy expenditure (BEE)

Harris-Benedict Equations (HBE): Calculation of Basal Metabolic Rate (BMR)	
Men:	$BMR=66+(13.7 \times \text{weight in kg})+(5 \times \text{height in cm})-(6.76 \times \text{age in years})$
Women:	$BMR=655+(9.6 \times \text{weight in kg})+(1.8 \times \text{height in cm})-(4.7 \times \text{age in years})$
Consider stress factor	
Fever:	$BEE \times 1.1$ (for each °C above the normal body temperature)
Mild stress:	$BEE \times 1.2$
Moderate stress:	$BEE \times 1.4$
Severe stress:	$BEE \times 1.6$
Mifflin-St. Jeor Equations	
Men:	$BMR=(10 \times \text{weight in kg})+(6.25 \times \text{height in cm})-(5 \times \text{age in years})+5$
Women:	$BMR=(10 \times \text{weight in kg})+(6.25 \times \text{height in cm})-(5 \times \text{age in years})-161$
Ireton-Jones Equation for ventilated patients	
Energy expenditure=	$1925-[(10 \times \text{age in years})+(5 \times \text{weight in kg})+(281 \times \text{gender})+(292 \times \text{trauma})+(851 \times \text{burn})]$
Rule of thumb	
	20-30 kcal/kg

한다.

**탄수화물(Carbohydrate)**

액체 형태의 탄수화물은 1 g 당 3.4 kcal의 에너지를 만들어 낸다. 탄수화물은 비단백 에너지(non-protein energy)의 60~70%를 공급하며, 최소 2 g/kg/day, 100~120 g/day를 투여 하며, 최대 7 g/kg/day를 넘지 않도록 한다.

고농도의 탄수화물 공급은 고혈당을 유발할 수 있다. 고혈당은 감염의 위험성을 높이고, 신기능 장애, 신경병증 등을 유발 하고, 인공호흡기간도 늘리는 것으로 알려져 있다. 따라서 고농도의 탄수화물 공급시에 혈당을 자주 체크하여야 하며, 정상 혈당으로 (80~140 mg/dL) 유지하기 위해 적극적인 인슐린 치료가 필요하다.<sup>11</sup>

**지방(Lipids)**

지방 제제는 1 g 당 9 kcal의 에너지를 공급할 수 있다. 그러나 실제 임상에서 사용하는 10% 농도의 지방 제제는 1 g 당 11 kcal를 공급하며, 20% 농도의 제제는 1 g은 10 kcal의 에너지를 공급하게 된다. 지방 제제는 대두유(soybean oil), 중쇄중성지방(Medium chain triglyceride: MCT), 올리브 오일(Olive oil), 어유(Fish oil) 및 혼합제제 등이 있다.

지방은 적은 용량으로 높은 에너지를 공급하므로 중요한 에너지 원으로 활용 되고 있으며, 필수 지방산과 eicosanoids의 전구체를 공급하게 된다.

정맥 영양을 시행할 때 지방은 비단백에너지 공급량의 30~40%를 공급하지만, 환자의 상태, 기저질환 등에 따라 공급량을 조절한다. 지방은 고혈당을 유발하지 않으면서 높은 에너지를 공급할 수 있어서, 당뇨 환자나 포도당 불내성이 있는 환자에서 탄수화물의 공급량을 줄이기 위해서도 사용한다.

**TABLE 3.** Daily Requirements for vitamins and trace elements

	Enteral dose	Parenteral dose
Vitamin		
Vitamin A	1,000 µg	3,300 IU
Vitamin B <sub>12</sub>	3 µg	5 µg
Vitamin C	60 mg	100 mg
Vitamin D	5 µg	200 IU
Vitamin E	10 mg	10 IU
Vitamin K	100 µg	10 mg
Thiamine (B <sub>1</sub> )	2 mg	3 mg
Riboflavin (B <sub>2</sub> )	2 mg	4 mg
Pyridoxine (B <sub>6</sub> )	2 mg	4 mg
Pantothenic acid	6 mg	15 mg
Biotin	150 µg	60 µg
Folate	400 µg	400 µg
Trace elements		
Chromium	200 µg	15 µg
Copper	3 mg	1.5 mg
Iodine	150 µg	150 µg
Iron	10 mg	2.5 mg
Manganese	5 mg	100 µg
Selenium	200 µg	70 µg
Zinc	15 mg	4 mg

**단백질(Protein)**

중환자의 체내에서는 활발한 단백질 대사가 일어나며, 급성기 단백질의 합성과 근육내 단백질의 분해가 활발하게 일어나며 질소 평형이 감소하게 된다. 따라서 질소평형을 유지 하고, 단백질 대사를 원활하게 만들기 위해서는 적절한 양의 단백질은 공급해 주어야 한다.

단백질은 아마노산의 형태로 공급하며, 일반적으로 0.8~1.5 g/kg/day를 공급해 준다. 그러나 공급된 아마노산은

**TABLE 4.** Summary of current guidelines for parenteral nutrition

	Canadian	ESPEN	ASPEN-SCCM
Starting methods	Enteral	Enteral	Enteral
Start timing	24~48 hr	24~48 hr	24~48 hr
Indications of PN	Do not use PN in patients with intact gastrointestinal tract	1) Patients who do not have normal nutrition within 3 days 2) If EN is contraindicated 3) if patients cannot tolerate EN	1) Previously healthy: after the first 7 days of hospitalization, when EN is not available 2) Protein-calorie malnutrition: EN is not feasible, start PN as soon as possible 3) Use of PN ≥7 days
Timing of PN		Within 24~48 hr, if PN is indicated	Above description
Calorie requiremtn	Indirect calorimetry 25 kcal/kg/day	25 kcal/kg/day (increasing to target over 2~3 days)	Indirect calorimetry 25 kcal/kg/day (?)
Components of nutrients	Avoid lipid (soy-bean based lipid emulsion) (PN <10 days)	CHO: >2g/kg/day (100~120 mg/day) (maximum 5 mg/kg/min) Lipid: 0.7~1.5 g/kg/day Amino acids: 1.3~1.5 g/kg/day IBW)*	Permissive underfeeding: <80% of calculated calorie Avoid lipid (soy-bean based lipid emulsion) (PN <10 days))
Glycemic control	140 mg/dL (8 mmol/L)	<180 mg/dL	
Immuno-nutrient	Supply vitamin/trace elements Selenium (?) IV glutamine with PN	Supply vitamin/trace elements Glutamine: 0.2~0.4 g/kg/day Fish oil (Ω-3 fatty acid): decrease length of stay	Supply vitamin/trace elements IV glutamine with PN

혈중요질소(BUN)을 증가 시키고, 암모니아의 생성을 증가시킬 수 있어 간기능 장애가 있거나 신기능 장애가 있는 환자에서는 0.6~1.0 g/kg/day로 낮추어 공급한다. 아미노산이 적절히 공급되고 있는지 판단하기 위해서 질소평형을 측정하며, 정상적인 질소평형은 2~4 이며, 부족시에는 아미노산을 적절히 공급해 주어야 한다.

$$\text{질소 평형} = \text{질소 섭취량} - \text{질소 배설량} \\ = (\text{아미노산 섭취량} / 6.25) - (24\text{시간 요질소} + 4)$$

**비타민(Vitamine)과 미량원소**

비타민은 생체 대사에 관여하는 인자로, 대사가 활발히 일어나는 중환자에서 필요량이 증가하게 되므로, 적절히 공급하지 않으면 비타민 결핍증을 유발할 수 있다. 미량원소도 신체 대사에 중요한 역할을 하며, 정맥 영양시 충분히 보충해 주어야 한다. 비타민과 미량원소의 일일 요구량은 다음과 같다(Table 3).<sup>12</sup>

**정맥 영양의 지침**

세계 여러 학회에서 정맥영양의 권고안을 개발하여 사용중에 있으므로, 각자에 맞는 방법을 선택하여 정맥 영양을 시행한다. 각 학회 지침에 대해 다음 표에 요약하였다(Table 4).<sup>3,5,8</sup>

**영양 지원의 합병증**

정맥 영양 지원시 발생 가능한 합병증은 다음과 같다(Table 5).<sup>2,13-14</sup> 이 중 고혈당과 재급식증후군(Refeeding syndrome)에 대해 간략히 알아보려고 한다.

**고혈당(Hyperglycemia)**

중환자는 기저 질환이나 활발한 대사 작용에 의해 간내 포도당 합성이 증가되고, 말초 조직에서 인슐린에 대한 저항성이 증가하며, 정맥 영양으로 공급되는 다량의 포도당에 의해

**TABLE 5.** Potential Complications of Parenteral nutrition

Catheter related	Catheter malposition Pneumothorax Sepsis Thrombosis
Metabolic complications	Hepatic dysfunction Steatohepatitis Hyperbilirubinemia Hyperglycemia Hypertriglyceridemia Refeeding syndrome
Gastrointestinal complications	Mucosal atrophy Bacterial translocation Acalculous cholecystitis

고혈당이 발생 할 수 있다. 고혈당은 내피세포와 상피세포 등에 직접적으로 독소 작용을 하고, 활성 산소의 생성을 증가시키며, 염증 반응을 활성화 시키면서, 면역 억제 등을 유도하여 중환자의 감염성 질환의 이환율과 사망률을 높이는 것으로 알려져 있다. 따라서 중환자는 적극적인 혈당 조절이 필요하다. 그러나 너무 엄격한 혈당 조절은 저혈당을 유발 할 수 있고, 저혈당이 유발된 환자의 생존율이 낮은 것으로 보고 되어 현재는 혈당을 80~140 mg/dL 정도로 유지하도록 권고하고 있다.<sup>11,15-18</sup>

**재급식 증후군(Refeeding syndrome)<sup>13,19,20</sup>**

재급식증후군은 오랫동안 금식 하였거나, 영양 상태가 불량한 상태에서 영양 지원을 시작할 때 일어나는 대사 반응으로, 영양 지원 시작 후 수일 내에 발생한다. 주된 증상은 다량의 설사 또는 오심, 구토 등이 유발될 수 있으며, 전해질 및 비타민 불균형에 의한 다양한 증상이 나타날 수 있다. 저인산혈증(hypophosphatemia)가 주된 작용을 하게 되며 대략적인 발생기전은 다음과 같다(Fig. 2).<sup>20</sup> 심한 경우 혼수 상태에 빠질 수 있으며, 심 부전증 등에 의해 사망까지 이를 수 있다.

따라서 영양 지원을 시작할 때 재급식증후군의 위험성에 대해 인지하여야 하며, 고위험 환자에서는 에너지 공급량을 처음부터 100%로 시작하지 않고 25~70% 정도에서 시작하

며, 4~7일에 걸쳐 서서히 증량 하여야 한다. 또한 영양 지원을 시작하기 전에 전해질 불균형(저인산혈증, 저칼륨혈증, 저마그네슘 혈증)을 교정하여야 하며, 부족한 전해질을 적절히 보충해 주어야 한다.

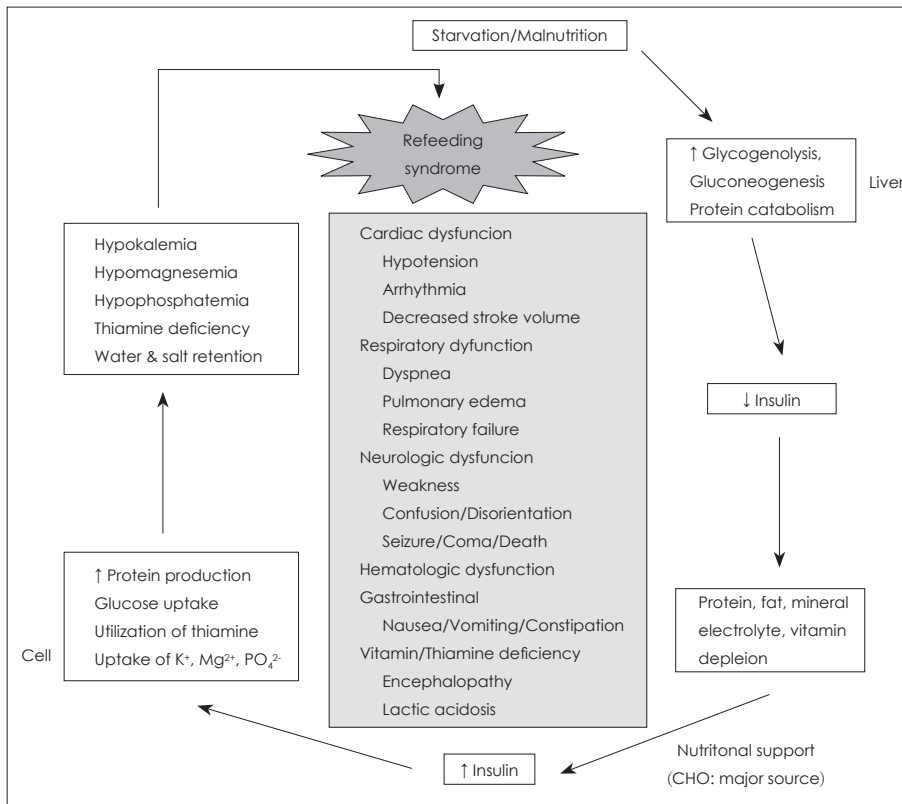
**면역 영양(Immuno-nutrition)**

중환자 및 패혈증 환자에서 면역 체계를 활성화 시켜, 회복을 도와 주고자 하는 노력들이 활발히 진행되고 있다. 이와 관련되어 많은 영양소 (아미노산과 지방)에 대한 연구가 있었으며, 현재는 글루타민과  $\omega$ -3 지방산이 어느 정도 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

**글루타민(Glutamine)**

영양 지원시 필수 아미노산은 반드시 공급해 주어야 하나, 글루타민은 필수 지방산에 포함되어 있지 않지만 중환자에서는 체내 사용이 급증하여 결핍증을 일으키게 된다. 글루타민은 장점막 세포의 주된 에너지원으로 부족시 장점막의 위축을 유발하여, 장내 세균의 전위를 유발할 수 있으며 이와 더불어 감염의 위험성을 높일 수 있다고 알려져 있다. 또한 글루타민은 면역 세포와 폐의 내피세포, 심근세포의 주된 에너지원으로 작용한다.

경장 영양을 시행하지 못하는 환자에서 글루타민을 투여하



**FIGURE 2.** Pathogenesis and clinical signs of refeeding syndrome.

면 감염의 위험성과 합병증, 인슐린 요구량을 감소시키며, 생존율 또한 높일 수 있다. 따라서 정맥 영양을 지속적으로 시행해야 하는 환자에서 글루타민 사용을 고려해야 한다.<sup>3,5,7,21-23</sup>

**ω-3 지방산**

지방산의 세포막을 형성하는데 이용되며, 아라키돈산의 전구체로 작용한다. Cyclooxygenase(COX)와 lipo-oxygenase(LOX)의 효소 작용에 의해 만들어지는 프로스타글란딘 (prostaglandin: PG)와 leukotriene(LT), 트롬복산(thromboxane: TX)는 염증반응을 매개하는 물질로 작용한다. ω-3 지방산에 포함되어 있는 docosahexaenoic acid(DHA)와 eicosapentaenoic acid(EPA)는 항염증작용을 가진 PG, LT와 TX를 만들어 내다(Fig 3).<sup>7,21,23,24</sup>

ω-3 지방산은 트리글리세라이드의 농도를 조절하며, 합병증과 재원 기간을 감소시키며, 급성 폐부전 환자에서는 사망률을 낮출 수 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서 현재 발표되어 있는 권고안들은 정맥영양을 시행하는 중환자에서 ω-3 지방산을 포함한 지방제제를 사용하도록 권고하고 있다.<sup>3,5,7,8</sup>

**결론**

중환자에서 영양지원은 반드시 필요한 것으로 경장 영양을 먼저 고려해야 하지만 정맥영양을 시행하는 경우도 흔히 접

할 수 있다. 따라서 정맥영양 지원 방법에 대한 이해와, 정맥 지원시 고려해야 할 사항에 대한 이해가 필요하다.

중환자에서 정맥영양을 시작하기 위한 일련의 과정을 요약하며 마무리 하고자 한다.

- 1) 영양 지원이 필요한가?
- 2) 영양 지원 방법은?
- 3) 에너지 요구량은?

25 kcal/kg/day (15~20 kcal/kg/day 로 시작하여 서서히 증량)

Refeeding syndrome 주의

- 4) 필요한 영양소는?

CHO: 60~70% of Non-protein calorie

Glycemic control: 80~140 mg/dL

Lipid: 30~40% of Non-protein calorie

Use of ω-3 fatty acid

Amino acid: 0.8~1.5 g/kg/day

Glutamine: Consider to use

Normal liver & kidney function: 1.2~1.5 g/kg/day

Liver failure/Cholestasis: 0.6~1.0 g/kg/day

Renal failure without renal replacement therapy:

0.6~1.0 g/kg/day

Renal failure with renal replacement therapy: 1.2~

2.0 g/kg/day

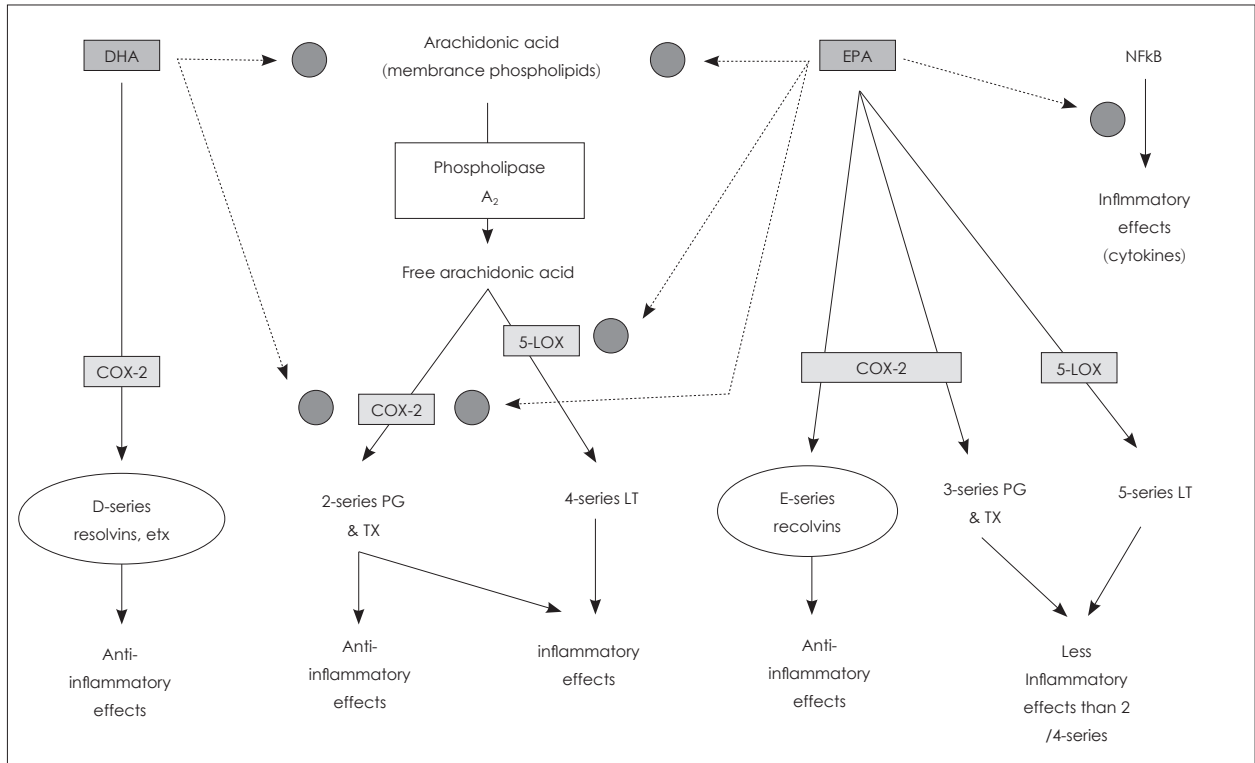


FIGURE 3. Anti-inflammatory effects of ω-3 fatty acids.

## REFERENCES

1. Heidegger CP, Darmon P, Pichard C. Enteral vs. parenteral nutrition for the critically ill patient: a combined support should be preferred. *Curr Opin Crit Care* 2008;14:408-14.
2. Ziegler TR. Parenteral nutrition in the critically ill patient. *N Engl J Med* 2009;361:1088-97.
3. Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW, Gramlich L, Dodek P. Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2003;27:355-73.
4. Kreymann KG, Berger MM, Deutz NE, Hiesmayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: intensive care. *Clin Nutr* 2006;25:210-23.
5. Singer P, Berger MM, Van den Berghe G, Biolo G, Calder P, Forbes A, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: intensive care. *Clin Nutr* 2009;28:387-400.
6. Wernerman J. Guidelines for nutritional support in intensive care unit patients: a critical analysis. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005;8:171-5.
7. Kreymann G, Adolph M, Druml W, Jauch KW. Intensive medicine-Guidelines on Parenteral Nutrition, Chapter 14. *Ger Med Sci* 2009;7:Doc14.
8. Martindale RG, McClave SA, Vanek VW, McCarthy M, Roberts P, Taylor B, et al. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition: Executive Summary. *Crit Care Med* 2009;37:1757-61.
9. Cook AM, Peppard A, Magnuson B. Nutrition considerations in traumatic brain injury. *Nutrition in clinical practice* 2008;23:608-20.
10. Oertel MF, Hauenschield A, Gruenschlaeger J, Mueller B, Scharbrodt W, Boeker D. Parenteral and enteral nutrition in the management of neurosurgical patients in the intensive care unit. *Journal of clinical neuroscience* 2009;16:1161-7.
11. Fahy BG, Sheehy AM, Coursin DB. Glucose control in the intensive care unit. *Crit Care Med* 2009;37:1769-76.
12. Marino PL, Sutin KM, eds. The ICU Book. 3rd ed: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
13. Hartl WH, Jauch KW, Parhofer K, Rittler P. Complications and monitoring-Guidelines on Parenteral Nutrition, Chapter 11. *Ger Med Sci* 2009;7:Doc17.
14. Ukleja A, Romano M. Complications of parenteral nutrition. *Gastroenterology clinics of North America* 2007;36:23-46, v.
15. Gunst J, Van den Berghe G. Blood glucose control in the intensive care unit: benefits and risks. *Seminars in dialysis* 2010;23:157-62.
16. Van den Berghe G, Wilmer A, Hermans G, Meersseman W, Wouters PJ, Milants I, et al. Intensive insulin therapy in the medical ICU. *The New England journal of medicine* 2006;354: 449-61.
17. Van den Berghe G, Wilmer A, Milants I, Wouters PJ, Bouckaert B, Bruyninckx F, et al. Intensive insulin therapy in mixed medical/surgical intensive care units: benefit versus harm. *Diabetes* 2006;55:3151-9.
18. van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, Verwaest C, Bruyninckx F, Schetz M, et al. Intensive insulin therapy in the critically ill patients. *The New England journal of medicine* 2001; 345:1359-67.
19. Fuentebella J, Kerner JA. Refeeding syndrome. *Pediatric clinics of North America* 2009;56:1201-10.
20. Stanga Z, Brunner A, Leuenberger M, Grimble RF, Shenkin A, Allison SP, et al. Nutrition in clinical practice-the refeeding syndrome: illustrative cases and guideline for prevention and treatment. *European journal of clinical nutrition* 2008;62:687-94.
21. Calder PC. Immunonutrition in surgical and critically ill patients. *Br J Nutr* 2007;98 Suppl 1:S133-9.
22. Jones NE, Heyland DK. Pharmaconutrition: a new emerging paradigm. *Curr Opin Gastroenterol* 2008;24:215-22.
23. Kudsk KA. Immunonutrition in surgery and critical care. *Annu Rev Nutr* 2006;26:463-79.
24. Stapleton RD, Martin JM, Mayer K. Fish oil in critical illness: mechanisms and clinical applications. *Critical care clinics* 2010;26:501-14, ix.