

호흡부전 환자에서 성공적인 인공호흡기 제거를 위한 영양공급

왈레스기념 침례병원 일반외과

정성엽 · 봉진구 · 이윤식 · 박진현

Nutritional Support for Successful Ventilator Weaning in Patients with Respiratory Insufficiency

Seong Yeob Jeong, M.D., Jin Gu Bong, M.D., Yun Sik Lee, M.D. and Jin Hyun Park, M.D.

Consideration of the nutritional status of patients with acute respiratory failure and mechanical ventilation is important for effective patient assessment and management. Patients with acute respiratory failure are at a high risk for developing malnutrition. High glucose intakes given during the administration of total parenteral nutrition (TPN) have been demonstrated to increase CO₂ production. The workload imposed by the high CO₂ production may precipitate respiratory distress in patients experiencing compromised pulmonary function.

The authors report a case of successful weaning from mechanical ventilation in patient with post-operative ARDS by proper nutritional support and by changing the proportion of calories derived from carbohydrates and fats. Substitution of fat calories for carbohydrate in TNA solutions can reduce CO₂ production and help wean patients from mechanical ventilation.

Conclusively, the TNA (total nutrients admixture) system is more beneficial to patients with acute respiratory failure due to less CO₂ production and surfactant production than TPN. For patients with hypercapnia, providing 25% to 30% of calories as carbohydrate and 50% to 55% of calories from fat may be beneficial. (*J Korean Surg Soc* 2001;61:203-207)

Key Words: Hypercapnia, Nutritional support, Fat, TNA (total nutrients admixture)

중심 단어: 고탄산혈증, 영양공급, 지방, TNA

Department of Surgery, Wallace Memorial Baptist Hospital, Busan, Korea

책임저자 : 정성엽, 부산시 금정구 남산동 374-75
☎ 609-340, 왈레스기념 침례병원 일반외과
Tel: 051-580-1288, Fax: 051-583-7114
접수일 : 2001년 6월 26일, 게재승인일 : 2001년 7월 11일

서 론

패혈증 및 이에 따른 급성 호흡 곤란 증후군(ARDS: Acute respiratory distress syndrome)은 수술 후 사망의 중요한 원인이 되고 있으며 급성 호흡 곤란 증후군으로 인한 호흡 부전과 폐 환기 장애로 인한 이산화탄소의 저류로 기계호흡 치료를 받고 있는 환자들을 임상에서 자주 접하게 된다. 기계호흡 치료를 받고 있는 환자들에서 적절한 영양공급은 필수적이며,⁽¹⁾ 장관을 통한 영양섭취가 어려울 경우 정맥을 통한 고영양 수액 요법이 필요하다.

TPN (Total parenteral nutrition)시 과량의 당분을 투여하면 체내에서 이산화탄소의 생성도 증가된다고 알려져 있으며,⁽²⁾ 과생산된 이산화탄소는 호흡기능이 약화된 환자의 폐 환기에 부담이 될 것으로 예상된다. 이에 저자들은 수술 후 호흡곤란 증후군으로 장기간 기계 호흡 치료를 시행한 후 인공호흡기의 제거가 어려웠던 환자에게 TNA (total nutrients admixture) system으로 적절한 영양공급과 더불어 영양소의 열량 조성에서 탄수화물의 비는 낮추고 지방의 비를 증가시킴으로써 성공적으로 인공호흡기를 제거하였던 증례 1예를 치험하고 문헌고찰과 더불어 보고하는 바이다.

증 례

1) 병력 및 이학적 검사

환자는 약 5일간의 간헐적인 상복부 동통을 주소로 내원한 27세 여자환자로 키 153 cm, 체중 53 kg이었다. 과거력상 3년 전 우측 난소 종양으로 난소절제술을 시행받은 병력이 있었으며 입원 당시 극심한 복부 통증과 복부 팽만, 호흡곤란 등의 증세를 호소하였고, 혈압은 정상이었으나 빈호흡, 빈맥, 발열 등의 활력증후와 이학적 검사상 복부팽만, 복부 압통 및 반발통 등의 소견을 보였다. 방사선학적 검사로 복부 단순 촬영상 기계성 장폐색을 의심할 수 있는 다층의 공기-액체 음영을 보였으며 복강내 유리 공기 음영은 관찰되지 않았다. 혈액검사상 백혈구 증가증의 소견을 보였다.

2) 진단 및 수술

응급수술을 시행하였다. 수술 후 진단은 천공을 동반한

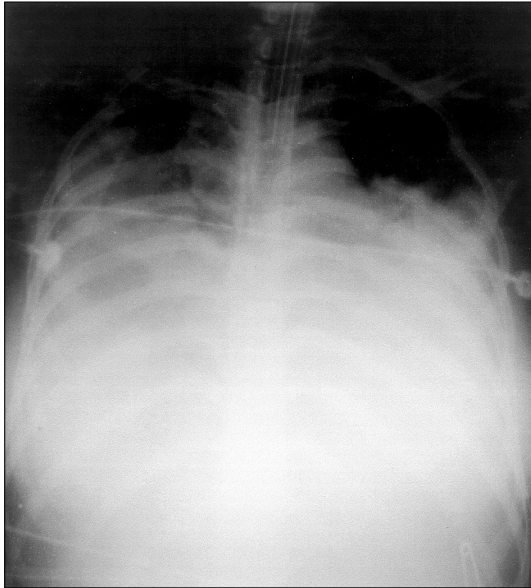


Fig. 1. Chest AP view at Post-op 2nd day. Diffuse bilateral alveolar infiltration and both pleural effusion were seen.

감둔성 회장 폐색이었으며 회장의 구역절제술, 단단문합술 및 유착박리술을 시행하였다.

3) 수술 후 경과

수술 후 환자는 약하지만 비교적 안정된 호흡을 하였고 활력증후도 비교적 안정되어 있었으나 술 후 2일째 환자는 호흡곤란을 호소하면서 호흡수 증가, 빈맥 등의 증세를 보였다. 흉부 X-선에서 양측 폐저부의 미만성 폐포침윤(diffuse bilateral alveolar infiltrates)과 흉막 저류(pleural effusion)소견을 보였으며(Fig. 1) 진혈 검사에서 백혈구 증다증, 동맥혈 가스 검사에서 저산소혈증(PO_2 75.4 mmHg), 고이산화탄소혈증(PCO_2 57.1 mmHg) 등을 나타내어 폐부종 및 급성 호흡곤란 증후군의 양상을 나타내었다. 이에 즉시 기관 삽관 및 기계호흡 치료를 시작하면서 양측 흉강에 흉관 삽관술, 그리고 적절한 영양공급을 위하여 TPN (total parenteral nutrition)을 시작하였다.

술 후 10일째 환자는 기계호흡(CMV: continuous mandatory ventilation) 중으로 동맥혈 검사에서 여전히 고이산화탄소혈증(PCO_2 50.4 mmHg)을 보이고 있었다. 이때부터 TPN 대신 TNA (total nutrients admixture) system으로 바꾸어 투여하기 시작하였으며 이후 환자는 보존적 치료에 악화와 호전을 거듭하면서 천천히 호전되었다.

4) 기계환기기의 제거(Weaning from mechanical ventilation)

술 후 32일째 환자는 간헐적으로 기계호흡기의 보조(IPPV: intermittant positive pressure ventilation)를 받고 있으

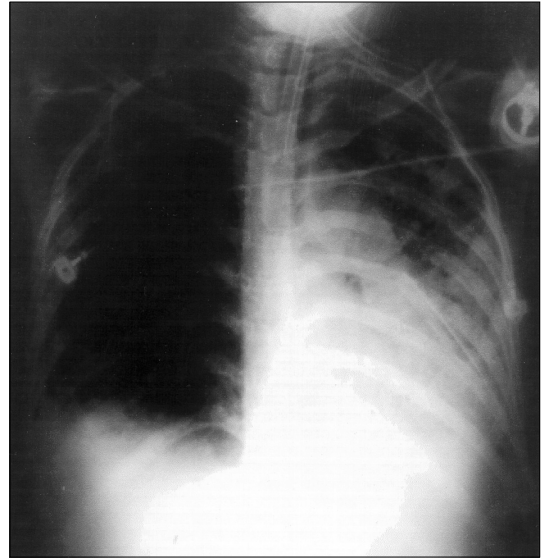


Fig. 2. Chest AP View at post op 32nd day

Table 1. The cause of hypercapnia in this patient and management

Cause	
1.	Ventilation-perfusion mismatch due to pneumonia and secretion in the tracheo-bronchial system
2.	Respiratory muscle weakness due to long term mechanical ventilation
3.	Over-production of CO_2 by carbohydrate oxidation due to glucose-rich formula administration
Management	
1.	Frequent suction of secretion and physio-therapy (chest percussion etc)
2.	Encourage deep breathing and exercise of chest wall muscle
3.	Change the calorie distribution (decrease glucose calorie and increase fat calorie)

며 환자의 의식은 명료하였고 활력증후도 안정되었다. 흉부 X-선 소견도 상당히 호전된 양상을 보였으며(Fig. 2) 동맥혈 가스 분석은 각 항목이 모두 정상범위 내로 정상화되었으며 혈액 검사는 정상 백혈구 수치를 나타내었다. 이에 저자들은 전통적인 방법으로 기계호흡기의 제거(weaning off mechanical ventilator)를 시도하였으나 호흡곤란, 호흡횟수의 증가 등 호흡부전 증상과 함께 동맥혈 가스 검사에서 이산화탄소 분압이 80 mmHg 이상까지 증가되어 실패하였다. 저자들은 환자의 고이산화탄소 혈증의 원인을 분석하고 이에 대한 적절한 처치와 더불어 TNA system의 영양소 열량 조성을 변화시켰다(Table 1).

술 후 35일째부터 환자가 호흡곤란을 느끼지 않는 범위 내에서 최대한 보조호흡의 횟수를 낮추었으며 TNA 용액

Table 2. Components and calorie distributions of nutrients in TNA formula

	Dextrose (gm/L)	Protein (gm/L)	Fat (gm/L)	Total Cal (kcal/L)	CHO (%)	Protein (%)	Fat (%)
TNA-C1*	150	50	20	930	54.8	21.5	23.6
TNA-C2 [†]	150	50	40	1110	45.93	18	36
TNA-C3 [‡]	125	50	50	1125	37.8	17.8	44.4

*TNA-C1 = TNA formula prior to weaning from mechanical ventilation; [†]TNA-C2 = TNA formula at early period of weaning; [‡]TNA-C3 = TNA formula at late period of weaning

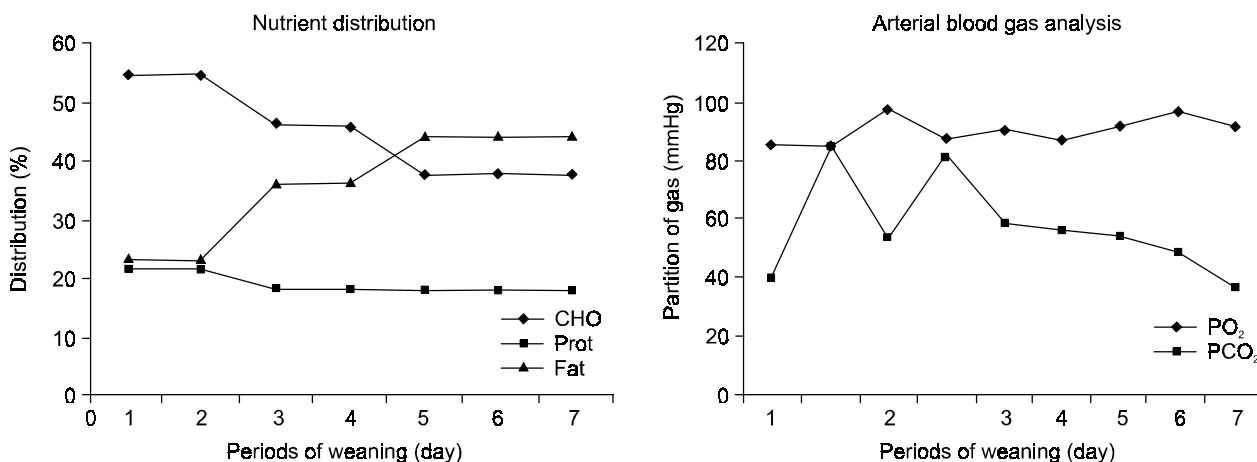


Fig. 3. Calorie distributions of nutrients and arterial partition pressure of oxygen and carbon dioxide during weaning periods.

의 조성 중 지방의 함량을 점차 늘려 투여하였다(Table 2). 탄수화물의 열량비율이 낮아짐에 따라 점차적으로 동맥혈의 이산화탄소 분압이 감소되는 양상을 보였다(Fig. 3). 술 후 39일째 성공적으로 인공호흡기를 제거할 수 있었다. 제거 후 환자는 호흡에 특별한 어려움을 호소하지 않았으며 동맥혈 이산화탄소 분압은 55 mmHg 이하에서 유지되었다.

고 찰

급성 호흡부전(Acute respiratory failure) 환자는 생리적 스트레스나 해부학적 혹은 기능적 변화 그리고 기계환기 치료동안에는 음식을 섭취할 수 없기 때문에 영양결핍(malnutrition)에 빠지기 쉽다. 급성 호흡부전 환자의 약 50%에서 영양결핍이 생긴다고 보고되고 있으며 기존의 폐 질환 및 만성질환을 앓고 있는 환자 뿐만 아니라 이전에 건강하던 사람도 급성 호흡부전 기간동안에 급속히 영양결핍이 초래된다.(3)

호흡부전환자는 장기간 기계환기 치료를 받고 있는 동안 호흡근은 수동적 운동만 하게 되어 위축되며 이런 환자들에서 단백질과 열량(calorie)을 포함한 영양이 결핍되면 호흡근 근력이 저하되고 surfactant 생성이 감소되어 폐

의 조직탄성압(tissue elastic recoil pressure)이 감소되며 hydroxyproline, elastin과 같은 폐의 결합조직 성분이 변화되어 분간환기(minute ventilation)가 감소된다. 또한 albumin과 같은 visceral protein이 감소되어 폐부종이 유발되고 면역저하와 기도-기관 점막(tracheo-bronchial mucosa)의 세균성 감염에 대한 저항 등 폐 방어기전의 장애를 초래하므로 호흡부전에서 회복되기가 더욱 어렵게 된다.(3-6)

Mattar 등(7)은 기계환기 치료 중인 환자들에게 적절한 영양공급을 해준 경우 86%에서 보조환기기를 제거할 수 있었지만 그렇지 않은 경우에는 22%만이 제거할 수 있었다고 보고했으며, Bassili 등(1)도 적절한 영양공급을 해준 환자 중 92.8%에서 보조 환기기를 제거할 수 있었지만 단백질과 영양분이 결여된 수액만 투여해준 환자들은 54.5%에서만 제거할 수 있었다고 보고하였다.

기계환기 중인 환자들에게 적절한 영양공급을 해주기 위해서는 에너지와 단백질 필요량의 평가를 포함한 완전한 영양평가가 필요하다. 기초에너지 소비량보다 적은 열량을 주면 이산화탄소 생성이 적어 보조호흡기 제거에는 도움을 주지만 영양결핍이 초래되어 위에서 기술한 합병증이 생기게 된다. 또한 소비량 이상의 열량을 주는 것도 폐환기에 나쁜 영향을 끼치게 된다. 그 이유는 첫째, 이산화탄소는 산화되는 전체 열량에 비례하여 생성되므로 과

량의 열량은 대사작용의 속도를 증가시켜 불필요한 이산화탄소를 생성하게 되며, 둘째, 과량의 탄수화물 열량은 호흡계수가 매우 높은 지방의 합성(lipogenesis: RQ=8.0)에 이용되어 더욱 많은 이산화탄소를 생성하기 때문이다.(1, 3, 8, 9)

본 증례의 경우 저자들은 휴식기 에너지 소비량(REE: resting energy expenditure)은 Harris-Benedict 공식을 이용하여 기초에너지 소비량(BEE: basal energy expenditure)을 계산하고 이에 스트레스 인자(stress factor)로 1.2를 곱한 값으로 산출하였으며 단백질 필요량은 임상상황에 따라 필요열량의 15~25%를 투여하였다. 본 증례에서는 환자에게 총열량 1,942 kcal/24 hr와 단백질 100 gm/24 hr를 투여하였다.

인체는 탄수화물과 지방 단백질 등 흡수된 영양소를 산화시켜 에너지를 얻는 과정에 산소를 필요로 하고 이산화탄소와 수분을 생성하게 된다. 같은 양의 에너지를 얻기 위하여 호흡계수(RQ: respiratory quotient)가 높은 탄수화물(RQ=1.0)은 지방(RQ=0.7)과 단백질(RQ=0.8)에 비하여 더욱 많은 이산화탄소가 발생하게 되므로 비-단백 열량의 대부분을 탄수화물로 주면 폐를 통하여 배출되어야 하는 이산화탄소의 양은 지방에 비하여 더 많이 생성되고 이는 폐환기에 더욱 부담을 가중시키게 된다.(8, 9)

고이산화탄소혈증을 나타내는 호흡부전 환자에게는 이산화탄소의 생성을 감소시키기 위하여 열량원으로 탄수화물 대신 지방을 주는 것이 인공호흡기 치료중과 인공호흡기의 제거 단계에서 유리하다.(10) Herve 등(11)은 인공호흡기 치료를 받고 있는 환자들을 대상으로 glucose TPN을 시행한 군에서 lipid TPN을 시행한 군보다 유의하게 체내 이산화탄소의 생성(VCO_2)과 동맥혈 이산화탄소 분압($PaCO_2$)은 증가되고 산도(pH)는 감소하였다고 보고했으며, Askanazi 등(2)도 glucose system을 투여한 환자들이 lipid system보다 이산화탄소 생성이 유의하게 높았다고 보고하였다(179 vs 147 ml/min · m₂; P < 0.01).

본 증례에서 환자는 보조환기(Assist ventilator)를 제거(weaning)하면 호흡곤란과 고이산화탄소혈증을 보였다. 그 이유는 첫째, 급성 호흡 곤란 증후군의 후유증으로 폐포환기(alveolar ventilation)가 완전히 회복되지 않았고 기도-기관계(tracheo-bronchial system)내의 분비물 저류에 의한 환기-관류 부조화(ventilation-perfusion inequality) 때문이며, 둘째, 장기간의 기계환기에 의한 호흡근 약화에 의한 분간 환기량(minute ventilation)이 감소되어 있고, 셋째, 탄수화물 등 영양소 산화에 의해 체내 이산화탄소의 과생산 때문이다. 이에 대해 저자들은 기관내 분비물 흡인, 호흡근 강화를 위해 능동적 운동 및 심호흡 독려 등 물리적 치료와 더불어 생성되는 이산화탄소의 부담을 줄여주기 위해 투여하는 영양소 조성 중 탄수화물은 54.8%에서 37.8%로 줄이고 지방을 23.6%에서 44.4%로 늘려 투여하였다

(Table 1).

지방유제를 아미노산, 과당 미세영양물 등과 함께 한 용기 안에 혼합하여 투여하는 TNA system은 1972년 프랑스의 Solassol 등이 도입한 이래 비교적 안전하고 편리한 경정맥 영양 요법으로 입증되었고 점차 대중화되고 있는 추세이다.(10) TNA system의 장점은 첫째, 탄수화물에 비해 고열량이고, 둘째, 필수 지방산과 지용성 비타민의 공급할 수 있으며, 셋째, 지방유제의 특성인 등장성으로 말초정맥을 이용할 수 있고, 넷째, 임상적으로 조성이 정상 식이와 비슷해서 체내에서 더욱 효과적으로 대사될 수 있다는 것이다. 또한 지방을 매일 투여함으로써 비단백 열량원으로 탄수화물만을 사용하는 TPN system의 문제점이던 인슐린 저항성, 대사율의 증가, 이산화탄소 축적같은 호흡기 문제, 간기능 이상 등을 개선할 수 있는 방법으로 인식되어지고 있다.(10, 12, 13)

과거에 지방을 급속히 투여하였을 때 고지혈증과 관련되어 동맥혈 산소분압(PO_2)이 감소하는 등 폐기능 이상을 보인다는 연구보고들이 있었다.(14) 그러나 또 다른 연구에서는 동맥혈 산소분압이 감소하는 것은 지방유제와 관련된 prostaglandin (PG) 생성의 증가로 호흡기 혈관운동 상태(pulmonary vasomotor tone)가 변화되어 환기관류 부조화(ventilation/perfusion inequalities)가 일어난 때문으로 병적 상태는 아니며 오히려 PG의 항염증 효과와 surfactant 생성으로 폐질환에 유용하다는 보고가 있으며 현재 여러 가지 폐질환에서 지방유제의 영향을 연구하는 중에 있다.(15-17) TNA system은 지방유제를 24시간동안 일정한 속도로 균등하게 투여하므로 고지혈증 및 PG 생성의 변화에 따른 영향에 대한 우려는 TPN system에 간헐적으로 지방유제를 추가해 주는 방법보다 상대적으로 적다고 할 수 있으며 또한 호흡부전 환자의 영양공급시 TPN system보다 이산화탄소 생성이 적은 지방을 투여하고 surfactant 생성에 도움이 되므로 더 유용한 경정맥 영양요법이라고 사료된다.

이상의 결과와 문헌고찰을 통하여 저자들은 호흡부전 환자의 영양공급시 유용한 지침들을 다음과 같이 요약하였다.

첫째, 에너지와 단백질 필요량의 평가를 포함한 완전한 영양관정을 시행하여야 한다.

둘째, 급성 호흡장애 혹은 인공호흡기로부터 제거단계(weaning from mechanical ventilation) 동안 에너지 요구량은 주요한 물리적 스트레스가 없는 경우에는 기초 에너지 소비량(basal energy expenditure)의 1.2배를 주고 감염이나 손상이 있는 경우라도 1.5배를 초과하지는 말아야 된다. 기초 에너지 소비량만큼이나 그 이하를 주면 인공호흡기의 제거에는 도움이 되지만 2일 이상 감량하지는 말아야 하며 catabolic patients에는 피해야 된다. 셋째, 안정되고 운동이 가능한 환자에서 체중증가를 목적으로 영양공급 할

때는 호흡기능의 장애가 되지 않는 범위 안에서 기초에너지 소비량의 2배까지 줄 수 있다.

넷째, 혈중 이산화탄소 분압이 높지 않은 환자에게는 탄수화물 50~60%, 지방 20~30%, 단백질 15~20%의 전통적인 열량조성으로 투여하는 것이 유리하다.

다섯째, 고이산화탄소혈증이나 이로 인해 인공호흡기 제거에 어려움이 있는 환자에게는 탄수화물을 25~30%, 지방을 50~55%로 열량 조성을 변화시켜 투여하는 것이 유리하다고 사료된다.(3)

결 론

호흡부전환자에게 영양공급은 필수적이며 이때 에너지와 단백필요량을 포함한 완전한 영양평가를 시행한 후 적절한 영양소를 적절하게 투여하는 것이 중요하다. TNA system은 고농도의 탄수화물만을 투여하는 TPN system에 비하여 호흡계수가 낮은 지방을 균등한 속도로 증량하여 투여할 수 있으므로 호흡부전환자들에게 유용한 경정맥 영양요법이라고 사료되며, 고이산화탄소 혈증을 보이는 환자들에서 특히 기계호흡기의 제거단계에 있는 환자들에게는 전통적인 영양소 조성보다는 탄수화물의 열량을 25~30%로 하고 지방의 열량을 50~55%로 하는 영양소 조성의 변화가 성공적인 기계환기의 제거에 도움이 되리라 사료된다.

REFERENCES

- 1) Bassili HR, Deitel M. Effect of nutritional support on weaning patients off mechanical ventilators. *J Parenter Enteral Nutr* 1981;5:161-3.
- 2) Askanazi J, Nordenstrom J, Rosenbaum SH. Nutrition for the patient with respiratory failure: glucose vs fat. *Anesthesiology* 1981;54:373-7.
- 3) Weinsier RL, Heimburger DC, Butterworth CE Jr. *Handbook of clinical nutrition*, ed 2, Mosby; 1989. p.325-9.
- 4) Weissman C, Hyman AI. Nutritional care of the critically ill patients with respiratory failure. *Crit Care Clin* 1987;3:185-9.

- 5) Law DK, Dudrick SJ, Abdou NI. Immunocompetence of patients with protein calorie malnutrition. *Ann Intern Med* 1973;79:545-50.
- 6) McCarthy MC. Nutritional support in the critically ill surgical patient. *Surg Clin Nor Am* 1991;71:831-41.
- 7) Matter JA, Valasco IT, Esgaib AS. Parenteral nutrition (PN) as a useful method for weaning patients from mechanical ventilation (MV). *J Parenter Enteral Nutr* 1978;2:50-3.
- 8) Askanazi J, Carpentier YA, Elwin DH, Nordenstrom J, Jeevanandam M, Rosenbaum SH, et al. Influence of total parenteral nutrition on fuel utilization in injury and sepsis. *Ann Surg* 1980;191:40-6.
- 9) Askanazi J, Rosenbaum SH, Hyman AI, Silverberg PA, Milic-Emili J, Kinney JM. Respiratory change induced by the large glucose loads of total parenteral nutrition. *JAMA* 1980;243:1444-7.
- 10) Skeie B, Askanazi J, Rothkopt MM, Rosenbaum SH, Kvetan V, Thomashow B. Intravenous fat emulsions and lung function: A review. *Crit Care Med* 1988;16:183-94.
- 11) Herve P, Simonneau G, Girard P, Cerrina J, Mathieu M, Duroux P. hypercapnic acidosis induced by nutrition in mechanically ventilated patients: glucose vs fat. *Crit Care Med* 1985;13:537-40.
- 12) Russel B, Robert AQ, Robert S. Total nutrients admixture: A review. *J Parenter Enteral Nutr* 1986;10:650-8.
- 13) Lee SS, Lee YS, Sands CD. The application of total nutrients admixture system in surgical patients. *J Korean Surg Soc* 1996;51:612-21.
- 14) Greene HL, Hazlett D, Demaree R. Relationship between intralipid-induced hyperlipidemia and pulmonary function. *Am J Clin Nutr* 1976;29:127-33.
- 15) Hageman JR, McCulloch K, Gora P, Olsen EK, Pachman L, Hunt CE. Intralipid alterations in pulmonary prostaglandin metabolism and gas exchange. *Crit Care Med* 1983;11:794-9.
- 16) Mckeen CR, Brigham KL, Bowers RE, Harris TR. Pulmonary vascular effects of fat emulsion infusion in unanesthetized sheep. *J Clin Invest* 1978;61:1291-5.
- 17) Hageman JR, Hunt CE. Fat emulsions and lung function. *Clin Chest Med* 1981;6:503-12.