소아외과환자에서의 영양지원

박 준 범

충남대학교병원 소아외과

Nutrition Support for Pediatric Surgical Patients

Jun Beom Park, M.D., Ph.D.

Division of Pediatric Surgery, Department of Surgery, Chungnam National University Hospital, Daejeon, Korea

Pediatric patients have characteristics such as a low capacity for storing energy/nutrients and high energy metabolism as compared those of adults. Because of the inherent characteristics that they are continually growing, supplying both rapid and adequate nutrition is of the utmost importance. In the case of children undergoing surgery (and particularly gastrointestinal surgery), there is a high possibility of a restricted supply of nutrition, and so active intervention to supply sufficient nutrition must be carried out. Of course, enteral nutrition is preferred, but continuous monitoring of nutrition is of paramount importance; thus, parenteral nutrition should be provided when necessary. Nutritional support requires continuous monitoring when and if complications arise. The complications of parenteral nutrition have yet to be overcome, so further research on this topic is certainly warranted. (Surg Metab Nutr 2019;10:9-14)

Key Words: Child nutrition disorders, Nutrition support, Enteral nutrition, Parenteral nutrition, Complications

서 론

신생아를 비롯한 소아환자의 경우 영양 불균형에 노출되면 신체적인 성장이나 신경계 발달에 중대한 영향을 미치게 된다. 더욱이 소아의 특성상 성인에 비해 에너지의 저장능력이 적고, 기초대사량이 많아서 성인에 비해 많은 영양공급을 요하고 있는데,[1] 특히 선천적 원인에 의한 위장관계 수술을 시행한 경우 장관의 미성숙이 동반되고 영양흡수능력이 상당부분 저하되어 있어 이에 대한 대비가 무엇보다 중요하다.

이에 본 종설에서는 소아환자의 영양에 대한 특성을 살펴보고 수술을 받은 소아 환자에서 필요한 영양지원 방법 및 주의 사항에 대해 정리해 보고자 한다.

본 론

1. 소아의 영양요구

만삭아로 태어난 신생아의 경우 내인성 지방(endogenous fat)을 약 600 g 정도 가지고 태어난다. 이때문에 수 일정도(약 20일)의 영양공급이 부족한 환경에서도 생존은 가능하다. 그러나 제태연령 24주 정도의 미숙아에서는 글리코겐 및 지방의 양이 현저하게 적어 약 2일 정도의 에너지 저장량을 가지고 있게 되는데, 이러한 경우 조속한 영양공급이 이루어 지지 않으면 저장된 에너지는 순식간에 고갈되어 버린다. 따라서, 가능한 빨리 충분한 영양공급(기본적인 요구량을 상회하는 영양공급)을 시행하는 것이 중요하다. 또한 연령대에 따라 나이가 어릴수록 기초대사량의 증가로 인한 영양요구량이 증가 하므로 나이가 어릴수록 적극적인 영양공급이 필요하다(Table 1).[2,3]

Received June 20, 2019. Accepted June 22, 2019.

Correspondence to: Jun Beom Park, Division of Pediatric Surgery, Department of Surgery, Chungnam National University Hospital, Chungnam National University College of Medicine, 282 Munhwa-ro, Jung-gu, Daejeon 35015, Korea
Tel: +82-42-280-7175, Fax: +82-42-257-8024, E-mail: jbpark@cnu.ac.kr

© 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.

Copyrights © The Korean Society of Surgical Metabolism and Nutrition

Table 1. Target caloric intake in infants and children

Age of child	Target caloric intake (kcal/kg/d)	
	Males	Females
Premature	110~120	110~120
0~1 month	113	107
1~3 months	100	97
3 months~1 year	80	80
1~4 years	82	78
5~8 years	73	70
9~13 years	64	58
14~18 years	53	47

소아에서 가장 이상적인 영양공급 경로는 당연히 입을 통한 장관영양공급이다. 그러나 경구 영양공급이 불가능한 경우 인공적 장관영양(Artificial Enteral Feeding)이나 정맥영양(Parenteral Nutrition)을 고려해야 한다. 이러한 인공적인 영양공급을 시행하게 되는 경우에는 각 환자의 상태에서 가장 생리적인 환경(Gastric feed > Jejun feeds; Enteral feeds > Parenteral feeds)에 맞추어 영양공급경로를 선택하는 것이 바람직하다.

2. 소아의 성장관리

경구 영양공급이 정상적으로 시행되는 경우나, 혹은 경구 영양식이의 불가능으로 인공경장영양이나 정맥영양을 시행하게 되는 경우 소아에서 영양공급의 효율성을 평가하는 것은 매우 중요하며, 가장 좋은 지표는 환자의 성장상태이다. 우리나라에서는 우리나라 소아 성장에 맞는 한국소아성장곡선을 많이 사용하고 있다.[4]

3. 인공적 경관장관영양(Artificial Enteral Tube Feeding)

1) 적응증(Indication)

미숙아를 비롯한 신생아에서 장관기능의 미성숙으로 인한 삼킴곤란 및 삼킴장애가 있는 경우 가급적 빠른 시기부터 적극적인 경관급식을 시행하여야 하며, 이외에 위배출 지연, 위-식도 역류, 장관의 운동장애, 크론병, 신경학적 장애, 중환자실에서 인공환기를 시행하고 있는 경우 적응증이 될 수 있다.

2) 주입경로(Route)

통상적으로 사용 되는 인공적 경관장관영양은 비위관(naso-gastric tube), 구위관(orogastric tube), 비-공장관(nasojejunal tube), 위장루(gastrostomy), 위-공장루(gastro-jejunos-tomy), 공장루(jejunos-tomy)등이 사용된다. 가능하면 우리 신체의 생리적 소화기능을 많이 유지 할 수록 좋은데, 침이나 위액의 효소, 위산의 항균효과, 설사나 덤핑증후군의 빈도를 감소시킬 수 있는 장점이 있어 가능하면 위장을 통한 영양공급을 유지하는

것이 공장을 통한 영양공급보다 유리하다. 흡인 위험이 크거나 수술로 인해 변화된 해부학적 구조로 위장을 통한 급식이 어려울 경우 유문을 지나서 급식을 시행하기도 하는데 이 경우에는 continuous feeding이 요구된다. 신생아의 경우 코를 통해서만 호흡이 이루어지는 경우가 많아 비위관 보다는 구위관이 선호되나, 삼입의 용이성은 비위관이 더 좋다. 이런 이유로 만일 비위관 삼입을 하게 되는 경우 기도폐쇄의 증상이 발생하는지 유심히 관찰할 필요가 있다.

장기간(6~8주이상) 경관급식이 예상되는 경우에는 위루술을 고려해야한다. 위루술은 개복, 복강경, 내시경을 이용해서 시술이 가능하며, 심한 위-식도 역류가 있는 경우 위루술 수술시 항역류술(Anti-reflux procedure: Fundoplication)을 동시에 시행하는 것을 고려한다.[5] 최근 위-공장루(Gastro-jejunos-tomy)를 시행하는 것이 위루술과 항역류술을 동시에 시행하는 것보다 좋은 결과를 보고하는 연구도 있으나 아직 이에 대한 증거가 충분히 제시되고 있지는 않은 상태이다.[6]

3) 제제의 선택(Selection of enteral feeds)

모유는 자체적으로 항균작용을 가지며, 분유에 비해 위장관 성숙과 신경발달을 촉진시키는 것으로 알려져 있다.[7] 따라서, 신생아를 비롯한 유아의 경우 모유가 가장 이상적인 제제이다. 그러나 모유 이용이 어려울 경우에는 미숙아, 만삭아, 유아용 분유를 각각 사용할 수 있으며, 흡수장애가 동반된 환자의 경우 특수 분유(disaccharide 흡수장애: soy-based disaccharide free 분유, 지방흡수장애: MCT 분유, 단장중후군이나 신생아 과사성 장염으로 인한 심한 흡수장애: elemental 혹은 semi-elemental 분유)를 사용하기도 한다.

4) 주입방법(Administration of enteral feeds)

경관경장급식은 Bolus, Continuous, Intermittent한 방식으로 급식을 시행할 수 있다. Bolus한 급식방법이 생리적으로 정상적인 수유와 비슷하여 장관의 운동, 담즙산의 장-간 순환 및 담낭의 수축을 촉진시킬 수 있어 가장 이상적이라 할 수 있다.[8] 만일 bolus한 급식이 불가능한 경우(위장운동저하 및 공장 영양을 하는 경우)에는 continuous한 급식방법을 고려해야 하나 주입펌프의 사용이 필요하다.

5) 경장경관영양의 합병증(Complication of enteral tube feeding)

경장경관영양은 급식에 관을 사용하기 때문에 이와 연관되어 영양액의 누출, 관의 폐쇄, 영양 급식관의 이탈, 드물지만, 급식관에 의한 장관의 천공까지도 발생할 수가 있어 이에 대한 모니터링이 매우 중요하다. 또한 급식용 장루부위의 감염을 비롯하여, 급식관에서의 세균의 증식에 의한 장염 등의 감염성

합병증이 발생 할 수도 있으며, 급식과정에서 발생할 수 있는 역류(위-식도 역류)와 이와 연관된 흡인성 폐렴에 대한 모니터링 및 대비가 매우 중요하다고 할 수 있다.[9]

무엇보다 위장관 수술을 시행한 신생아의 경우에는 수술 후에도 장관의 기능이 원활하지 못하는 경우가 흔히 발생한다. 이 경우 장관을 통해 공급하는 영양의 부족으로 영양공급부족이 발생하기도 한다. 이러한 경우 보조적인 정맥영양을 통해서 요구량에 맞춰 영양공급을 하는 것이 매우 중요하다. 만일 장의 운동이 시작되고, 장관의 흡수능이 향상 되는 경우 이에 맞춰 정맥영양의 공급을 줄이고 장관영양으로 이행해야 한다. 환자에 따라 정맥영양공급을 상당한 시간 동안 공급하는 경우도 적지않게 발생한다.

장루를 가지는 환자의 경우, 특히 근위부에 위치할 수록 나트륨에 대한 모니터링이 중요하다. 나트륨은 아이의 성장에 많은 영향을 미치게 되는데, 혈중 나트륨 농도가 정상이라도 환자의 나트륨 공급이 충분하지 못하는 경우도 있다. 이러한 경우 소변의 나트륨 농도의 파악이 중요하며, 혈중 나트륨이 정상범위에 있더라도 소변의 나트륨 농도가 낮아지면, 나트륨의 공급을 고려해야 한다.[10]

장관의 기능이 원활하지 않은 경우, 또는 위의 잔류량이 많은 경우 정맥 영양을 근간으로 최소 장관 급식(Minimal enteral feeding; Trophic enteral feeding; 1~3 ml/hr continuous feeding)을 시도해 볼 수 있다. 이는 장관의 위축을 방지하고, 장관의 혈류량을 증가시키고, 소화효소의 활성을 증가시켜 장관기능의 회복을 촉진시킬 수 있다.[11,12]

이외에도 영양공급 속도 증가에 의한 설사, 덤핑증후군, 공장루를 가지는 환자의 경우 공장루가 원인이 되어 근위 장관, 또는 원위 장관의 폐쇄가 발생하는 경우도 있다.[13]

4. 정맥영양(Parenteral Nutrition)

1) 적응증

정맥영양은 주로 장관영양이 불가능하거나, 불충분할때 사용한다. 가능한 짧은 기간 동안 사용하며, 장관영양이 가능하면 장관영양으로 바로 이행되어야 한다. 소아의 에너지 비축량은 연령대에 따라 다양한데, 만삭아에서 장관으로 에너지를 공급하지 못하는 경우 환자가 가지는 에너지 비축량은 약 3~4일 정도이며, 소아의 경우 에너지 비축량은 약 7일 정도이다.[2] 이를 고려하여 기간 내에 장관을 통한 에너지 공급이 불가능한 모든 환자에서 정맥영양은 적응증이 된다.

외과적 영역의 환자에서 가장 흔한 적응증은 선천적 원인의 위장관 기형에 의한 장관의 폐쇄이다. 이외에 장마비, 괴사성

장염, 단장증후군등이 적응증에 해당된다. 다만, 위장관 기형으로 수술한 경우라 할지라도 식도폐쇄나 십이지장 폐쇄의 경우에 문합부의 원위부까지 급식관을 삽입하고 급식이 원활히 이루어지는 경우 장관영양이 충분하면 정맥영양을 시행하지 않기도 한다.

2) 주입경로

소아에서 시행되는 정맥영양은 주로 중심정맥(Eg. H-cath, Perm-cath, Hickman catheter, chemo-port, PICC, Umbilical vein catheter)을 통해 영양을 공급한다.

3) 정맥영양의 구성요소(Component of parenteral nutrition)

정맥영양의 주된 에너지원은 탄수화물과 지방이다. 단백질의 경우 에너지 소스 보다는 성장에 필요한 중요한 요소로 간주된다. 따라서 이상적인 정맥영양의 조성은 단백질의 대사 및 조직의 성장을 위한 충분한 아미노산의 공급과 에너지를 위한 단백질의 이화작용을 최소화 할 수 있는 충분한 칼로리의 공급이라 할 수 있다.

① 필요 수액량(fluid requirements) (Table 2)

신생아의 경우 수액공급에따른 세포외액의 수액조성의 변화는 매우 빠르게 일어난다. 수술을 시행한 신생아의 경우에는 이러한 변화가 수술 시작과 동시에 일어나며, 정맥영양을 시행하는 경우 정맥영양을 시행하는 동시에 일어난다. 따라서, 이러한 환자의 경우에 의도하지 않게 수액을 과도하게 공급하는 경우가 많은데, 이러한 이유로 정맥영양을 시행하는 환자에서는 상태가 안정될 때까지 매일 환자의 필요수액량을 산정하고, 체중변화 및 전해질 변화를 관찰해야 한다. 과도한 수액의 공급은 폐부종, 동맥관 폐쇄부전등을 유발할 수 있으며, 반대로 수액의 제한은, 특히 요구량에 비해 현저히 적은 수액의 공급은 영양공급의 부족으로 이어지기도 하므로 주의해야 한다.

② 탄수화물(up to 18 g/kg/d in infants < 10 kg, up to 12 g/kg/d in older children)

탄수화물은 우리몸의 세포에서 주된 에너지 공급을 담당하고 있다. 정맥영양의 경우에도 일차적인 에너지원으로 간주되며, 비 단백질 칼로리의 60~70%를 담당하고 있다. 영아의 경

Table 2. Daily fluid requirements for pediatric patients

Body weight	Amount
<1500 g	130~150 mL/kg
1500~2000 g	110~130 mL/kg
2~10 kg	100 mL/kg
>10~20 kg	1000 mL for 10 kg+50 mL/kg for each kg>10
>20 kg	1500 mL for 20 kg+20 mL/kg for each kg>20

우 주입 속도는 4~8 mg/kg/min으로 시작하며, 혈당을 모니터링 하면서 속도를 조절하게 된다. 신생아의 경우 공급량이 부족한 경우 미숙한 간기능으로 쉽게 저혈당이 발생하게 되므로, 영양 목표량에 도달할 때 까지 하루에 2 mg/kg/min씩 올려서 공급한다.

③ 지방(up to 3 g/kg/d)

지방은 탄수화물과 함께 등장성의 높은 에너지를 공급하며, 필수지방산의 결핍을 방지하고, 지용성 비타민의 공급을 촉진한다. 탄수화물과 지방을 함께 공급하는 경우, 탄수화물만 공급할 때 보다 대사율(metabolic rate)과 이산화탄소 발생율을 낮추고 에너지 이용의 효율성을 증대시킨다(Metabolic advantage).[14,15] 일반적으로 영유아의 경우에 1 g/kg/day의 공급량으로 시작하여 하루에 1 g/kg씩 늘려 최대 3 g/kg/day까지 공급할 수 있다.

④ 아미노산(up to 3 g/kg/d in infants, and 1.5~2.0 g/kg/d in older children)

일반적인 건강한 성인이 neutral nitrogen balance를 보이는 반면, 소아의 경우에는 성장과 발달을 위한 positive nitrogen balance를 보이게 된다.[16] 특히 미숙아의 경우 탄수화물만 공급받게 되는 경우 급격한 단백질의 소실이 관찰되게 되는데(1~2% body protein/day), 이러한 미숙아의 경우 적절한 장관영양을 시행하지 않는 경우 적어도 1~1.5 g/kg/d 이상의 아미노산을 정맥으로 공급 받아야 한다. 신생아나 영아의 경우 1 g/kg/d로 처음 주입하기 시작하며 목표량까지 2~3일에 걸쳐서 증량하는 것이 좋다.

⑤ 전해질, 비타민, 미량원소(Table 3, 4)

나트륨, 칼륨등의 주요 전해질 뿐 아니라, 염소, 칼슘, 인, 등의 전해질은 환자의 임상경과와 밀접한 연관이 있기 때문에 환자의 임상양상에 따라 공급량을 조절해야 한다. 비타민(지용성 - A, D, E, K; 수용성 - B, C, Pantothenate, biotin)은 주로 복합제를 사용하며, 하루 필요량에 따라 영양수액제에 첨가하여 공급하며, 미량원소(Fe, Zinc, Copper, Manganese, Selenium, Fluoride, Iodide)또한 장기간 정맥영양을 시행하는 경우 하루 필요량에 따라 영양수액제에 첨가하여 공급할 수 있다.

4) 정맥영양의 합병증

정맥영양의 합병증은 기계적 합병증, 대사적 합병증, 감염, 간 담도계 합병증까지 다양하게 나타날 수 있어 이에 대한 모니터링이 무엇보다 중요하다. 기계적 영양주입관의 합병증으로는 영양제의 혈관의 누출이 흔한 합병이며, 이 경우, 비록 삼투압이 낮더라도 혈관의 자극이 일어날 수 있고, 이로 인해 염증과 주변 조직의 괴사까지 나타날 수 있다. 또한 정맥관은 혈전의 형성, 칼슘의 침전, 지방의 침착으로도 막힐 수 있고, 카테터의 위치 변화 등이 나타날 수 있다.[17] 대사적 합병증으로는 고혈당, 저혈당, 고지질혈증 및 전해질의 변화가 나타날 수 있으며 수액공급이 과다할 경우 폐부종 및 동맥관 폐쇄부전등을 유발할 수 있다.[18] 수술을 받고 경관 영양을 시행하는 환아에서 적어도 한번의 패혈증이 발생하는 것으로 보고되고 있으며, 이중 30% 정도는 적어도 한번 이상에서 혈액내 균이 배양되는 것으로 보고된다.[19] 카테터 감염은 충분한 주의를 기울이면 예방이 가능하므로, 매우 주의 깊게 모니터링 해야 한다.

Table 3. Daily electrolyte and mineral requirements for pediatric patients

Electrolyte	Preterm neonate	Infants/Children	Adolescents
Sodium	2~5 mEq/kg	2~5 mEq/kg	1~2 mEq/kg
Potassium	2~4 mEq/kg	2~4 mEq/kg	1~2 mEq/kg
Calcium	2~4 mEq/kg	0.5~4 mEq/kg	10~20 mEq
Phosphorus	1~2 mmol/kg	0.5~2 mEq/kg	10~40 mmol
Magnesium	0.3~0.5 mEq/kg	0.3~0.5 mEq/kg	10~30 mEq

Table 5. Clinical factors contribute to the development PNAC

✓ Prematurity	✓ Septicemia
✓ Low birth weight	✓ Failure to implement enteral nutrition
✓ Duration of PN	✓ Short bowel syndrome due to resection
✓ Immature entero-hepatic circulation	✓ The number of laparotomies
✓ Intestinal microflora	✓ Gastroschisis or jejunal atresia

Table 4. Daily parenteral trace element requirements (A.S.P.E.N)

Age group	Zinc	Copper	Manganese	Chromium	Selenium
Adults (mg/d)	2.5~5	0.3~0.5	0.06~0.1	0.01~0.015	0.02~0.06
Adolescents >40 kg (mg/d)	2~5	0.2~0.5	0.04~0.1	0.005~0.015	0.04~0.06
Preterm infants <3 kg (μg/kg/d)	400	20	1	0.05~0.3	1.5~2
Term infants 3~10 kg (μg/kg/d)	50~250	20	1	0.2	2
Children 10~40 kg (μg/kg/d)	50~125	5~20	1	0.14~0.2	1~1

Table 6. Etiology of PNAC/IFALD: remains unclear

✓ The toxicity of components of PN	✓ Host factor
✓ Lack of enteral feeding	✓ Infection and sepsis
✓ Continuous non-pulsatile deliver of nutrients	

담즙정체는(PN associated cholestasis or PNAC) 정맥영양을 시행하는 환아에서 발생하는 가장 흔한 간담도계 합병증이다. 이러한 담즙정체가 지속되면 intestinal failure associated liver disease (IFALD)가 발생할 수 있으며, 이로 인해 사망에 이르거나, 간이식이 필요한 경우가 발생할 수 있다.[18] 이러한 담즙정체의 발생률은 정맥영양을 받는 기간에 영향을 받으며, 2달 이상 정맥영양을 받은 환아의 60%에서 발생하는 것으로 알려져 있다.[20,21] 담즙정체를 시사하는 적절한 표지자는 없어 직접 진단은 어려우며, 다른 빌리루빈이 증가할만한 질환(eg. Inborn error of metabolism, biliary atresia, choledochal cyst)들을 배제함으로써 진단한다. 정맥용 영양제의 지방성분과 관련이 있는 것으로 알려져 있어 이를 방지하기 위해 지방의 주입량을 감소시키거나, 10% fish oil의 지방제제나, LCT와 MCT의 혼합물이 섞여 있는 지방제제, 혹은 soybean, MCT, olive and fish triglyceride등의 혼합 지방제제등을 사용함으로써 담즙정체의 발생을 줄여 보고자 노력하고 있다 (Table 5, 6).

정맥영양을 받는 환아는 모니터링이 매우 중요하다. 특히 정맥영양이 공급되는 초기가 더욱 중요한 시기이다. 발생 가능한 합병증에 대한 철저한 대비와, 환아의 임상상태, 검사결과, 장관영양의 공급 등 환아 개개인의 특성 및 상태에 맞는 적절한 영양공급이 외과적 질환을 가지고 있는 소아환자에서 최상의 임상경과를 보여줄 수 있을 것이다.

결 론

소아외과환자의 영양은 “소아”라는 특성때문에 다소 복잡한 면이 있다. 불충분한 영양공급이나 공급의 불균형은 향후 여러 문제를 야기할 수 있으며, 수술 후 임상경과를 악화시킬 수 있어 수술초기 부터 적극적인 영양지원이 필요하다.

지속적인 영양공급의 발전 및 다학제적인 접근을 통해 점차 발전적인 영양지원이 이루어지고 있지만, 감염에 의한 패혈증, 담즙 정체등의 복잡한 합병증은 아직 극복하지 못한 과제이다. 향후 이러한 합병증에 대한 연구가 시급하다.

소아의 영역이 청소년기 까지 확대 되고 있는 현실이지만,

본 종설에서 기술한 내용은 주로 신생아와 영유아를 위주로 기술되었다. 좀더 성장한 소아나 청소년기의 영양 또한 중요한 부분이 있으나, 성인의 경우와 중복되는 부분이 많아 생략되었다. 향후 이에 대한 기술의 기회를 기대해 보겠다.

REFERENCES

- Pierro A, Eaton S. Metabolism and nutrition in the surgical neonate. *Semin Pediatr Surg* 2008;17:276-84.
- Denne SC, Leitch CA, Ernst JA, Lemons PK, Lemons JA. Nutrition and metabolism in the high-risk neonate. In: Fanaroff AA, Martin RJ, Walsh MC, eds. *Fanaroff and Martin's neonatal-perinatal medicine*. 8th ed. Philadelphia, PA: Mosby Elsevier, 2006:661-93.
- Mirtallo J, Canada T, Johnson D, Kumpf V, Petersen C, Sacks G, et al.: Task Force for the Revision of Safe Practices for Parenteral Nutrition. *Safe practices for parenteral nutrition*. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2004;28:S39-70.
- Moon JS. Application of 2007 Korean National Growth Charts: growth curves and tables. *Korean J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2009;12(Suppl 1):S1-5.
- Chowdhury MM, Pierro A. Gastrointestinal problems of the newborn. In: Guandalini S, ed. *Textbook of pediatric gastroenterology and nutrition*. London: Taylor & Francis, 2004: 579-98.
- Wales PW, Diamond IR, Dutta S, Muraca S, Chait P, Connolly B, et al. Fundoplication and gastrostomy versus image-guided gastrojejunal tube for enteral feeding in neurologically impaired children with gastroesophageal reflux. *J Pediatr Surg* 2002;37:407-12.
- Pittard WB 3rd. Breast milk immunology. A frontier in infant nutrition. *Am J Dis Child* 1979;133:83-7.
- Jawaheer G, Shaw NJ, Pierro A. Continuous enteral feeding impairs gallbladder emptying in infants. *J Pediatr* 2001;138: 822-5.
- Bastow MD. Complications of enteral nutrition. *Gut* 1986;27 Suppl 1:S1-5.
- Mansour F, Petersen D, De Coppi P, Eaton S. Effect of sodium deficiency on growth of surgical infants: a retrospective observational study. *Pediatr Surg Int* 2014;30:1279-84.
- Moore FA, Feliciano DV, Andrassy RJ, McArdle AH, Booth FV, Morgenstein-Wagner TB, et al. Early enteral feeding, compared with parenteral, reduces postoperative septic complications. The results of a meta-analysis. *Ann Surg* 1992;216:172-83.
- Aunsholt L, Qvist N, Sangild PT, Vegge A, Stoll B, Burrin DG, et al. Minimal enteral nutrition to improve adaptation after intestinal resection in piglets and infants. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2018;42:446-54.
- McCann C, Cullis PS, McCabe AJ, Munro FD. Major complications of jejunal feeding in children. *J Pediatr Surg* 2019;54: 258-62.
- Nose O, Tipton JR, Ament ME, Yabuuchi H. Effect of the energy source on changes in energy expenditure, respiratory quotient, and nitrogen balance during total parenteral nutrition in children. *Pediatr Res* 1987;21:538-41.
- Van Aerde JE, Sauer PJ, Pencharz PB, Smith JM, Swyer PR. Effect of replacing glucose with lipid on the energy metabolism of newborn infants. *Clin Sci (Lond)* 1989;76:581-8.
- Ziegler EE, O'Donnell AM, Stearns G, Nelson SE, Burmeister LF, Fomon SJ. Nitrogen balance studies with normal children. *Am J Clin Nutr* 1977;30:939-46.
- Reitzel RA, Rosenblatt J, Chaftari AM, Raad II. Epidemiology of infectious and noninfectious catheter complications in patients receiving home parenteral nutrition: a systematic review and

- meta-analysis. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2019. doi: 10.1002/jpen.1609. [In press].
18. Calkins KL, Venick RS, Devaskar SU. Complications associated with parenteral nutrition in the neonate. *Clin Perinatol* 2014; 41:331-45.
19. Bishay M, Retrosi G, Horn V, Cloutman-Green E, Harris K, De Coppi P, et al. Chlorhexidine antiseptics significantly reduces the incidence of sepsis and septicemia during parenteral nutrition in surgical infants. *J Pediatr Surg* 2011;46:1064-9.
20. Lauriti G, Zani A, Aufieri R, Cananzi M, Chiesa PL, Eaton S, et al. Incidence, prevention, and treatment of parenteral nutrition-associated cholestasis and intestinal failure-associated liver disease in infants and children: a systematic review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2014;38:70-85.
21. Carter BA, Shulman RJ. Mechanisms of disease: update on the molecular etiology and fundamentals of parenteral nutrition associated cholestasis. *Nat Clin Pract Gastroenterol Hepatol* 2007;4:277-87.