

소아의 만성 혈액투석

연세대학교 의과대학 소아과학교실

이 재 승

Pediatric Dialysis

Jae Seung Lee, M.D.

Department of Pediatrics, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

환자의 선택

일반적인 지침으로 투석과 이식에 적합한 환아를 선택 하는데 목표를 두고 있다. 과거에는 2세미만 또는 체중 10 Kg 미만은 혈액투석을 꺼려했으나, 이제는 아주 작은 아이에서도 미소외과수술로 동정맥루의 형성이 가능하게 되었으며, 신이식을 기다리는 아이들의 CAPD 및 CCPD의 수도 증가하고 있다.

생후 1년내에 만성 신부전이 있는 아이에서는 성공적인 신경적, 지능적, 육체적 발달을 위하여 보존적 치료 보다는 투석 및 초기 이식을 택할수 있다. 심한 정신박약과 정신 및 정서적 불안정은 엄격한 식사와 약물치료에 심각한 장애물이 되며, 따라서 보존적인 치료를 할 경우에는 가족들이 이를 아는것은 물론 사회적, 정신적으로 뒷받침이 있어야 한다. 맹아, 농아, 이분척추를 포함한 4지마비도 분명한 중요 장애이지만 ESRD 치료의 절대적인 금기는 아니다. 전신감염, 신 및 신외성 악성 종양, 여러기관을 침범한 질환의 경우도 ESRD 치료의 금기는 아니며 오히려 신이식의 성공을 위하여 충분한 치료가 요구된다. 이식후에 재발의 가능성이 있는 신질환 즉 국소성 분절성 사구체 경화증, 막성 증식성 사구체 신염, 막성사구체신염도 투석 및 이식의 금기는 아니다. 수산증(oxalosis)는 이식신에서 재발의 빈도가 높으므로 절대적 금기의 질환이다.

치료 시설

생장과 발달에 관계되는 아동의 특수한 요구때문에 만

성투석은 소아과적 환경에서 이상적으로 이루어져야 하며, 여기에는 소아신장전문의, 식이요법사, 병원학교, 사회사업가, 아동정신상담의사, 분리된 소아병동이 포함된다. 이식계획에 적합한 소아 투석실이 있어야 한다.

거리가 먼 환자는 가까운 투석실에서 치료하거나, 가정투석을 고려하며, 이상의 치료가 어렵고 짧은 기간내에 신이식이 안될때는 CAPD 또는 CCPD로 치료해야 한다.

투석의 적응

투석시작의 적응은 혈청 생화학적 소견과 임상상태에 의한다. 아이가 비교적 잘 지낸다 하더라도 심한 합병증을 예방하기 위하여 사구체 여과율이 5 ml/min/1.73 m²(혈청크레아티닌치가 연장아 및 초기아동에서 <5 mg/dl)일 때 투석을 시작한다. 혈액요소질소(BUN)는 적절한 식사제한이 없이는 투석시작의 적응으로는 적합하지 않다. 치료되지 않는 심한 빈혈(혈색소 <6 g/dl), 심한 산혈증(혈청중탄산염 <10 mmol/L), 과인산염 혈증(>10 mg/dl)은 투석 조기시행의 적응이 된다. 식욕부진, 진행성 피로, 졸음, 전신쇠약은 혈청 생화학적 이상소견에 관계없이 투석시작의 절대적 적응이 된다. 조정되지 않는 심한 고혈압 또는 치료에 반응하지 않는 골이영양증 불구도 투석치료의 중요한 적응이 된다.

투석은 심한 수분 과부하, 고칼륨혈증, 심낭염, 말초신경병변등 심각한 합병증을 예방하는데 충분할 만큼 일찍 시작되어야만 한다.

말기 신질환의 원인

만성신부전의 일차성 신질환은 2315명을 대상으로한 보고에서 사구체질환이 전체의 1/3 정도로 가장 많았으며, 만성 신우신염과 요로기형이 22%였다.

유전 및 가족성 질환(수질낭성신질환, 다낭신, 시스템적증, 유전성 신염)이 11%~22%였고, 신형성부전 및 형성장애가 11%였다. 기타 빌름중양, 낭창성신염, 원라인-해노흐 중후군, 용혈성 요독 증후군, 간질성 신염, 네프론거대과소증등이 12%를 차지한다.

투석의 기술적인 면

소아 혈액투석의 특징은 환자의 크기가 작은 것에 직접 관계하는 것으로 충분하고 장기간 사용할 수 있는 혈관접근을 위한 작은 혈관의 완전한 수술, 총혈액량에 적합한 작은 용적의 체외장치의 사용, 특수한 청소술에 맞는 혈액투석기의 선택이 중요하다.

1. 혈관접근

동정맥단락과 동정맥루의 최종적인 선택은 환자의 크기, 예상되는 이식전 투석기간, 말초혈관의 유효성에 의존한다. 큰 혈관의 도관삽입을 이용한 정맥-정맥투석은 원칙적으로 급성인 경우에 한하여 사용된다. 그러나 영구적인 혈관접근이 아직 안된 중증환자의 치료에 일시적으로 사용될 수 있고, 동정맥루의 성숙까지 사용하며, 또한 패혈증 환아에 유용하다.

2. 동정맥 단락(AVS)

짧은 수명, 많은 합병증으로 급성인 경우와 동정맥루를 만들 수 없는 작은 아이에 제한되어 사용된다. Scribner shunt가 가장 유용한 장치이다. 수술적인 고려는 폐색의 위험성을 줄이고, 단락개존을 높이는데 있다. 정맥조영술은 근위축 혈류가 충분한 제일크고 폐색이 없는 정맥을 찾아 단락을 만드는데 도움이 된다. 혈관을 적게 만져 손상을 줄이고, 깊은 피하터널을 만들고 실리콘관을 잘 고정시켜 꼬이거나 회전되지 않게한다. 피하단락물이 고정되도록 10일간 부목을 대고, 위치를 높게 한다. 정맥끝에 짧고 곧은관을 사용하여 응고제거를 쉽게한다. 보통 요골(radial)동맥과 두(cephalic)정

맥을 처음 장소로 사용하지만 8~10 kg 미만의 아이에서는 좀더 근위혈관을 사용한다. 다음으로 완(brachial)동맥과 두(cephalic)정맥, 대퇴(femoral)동맥과 복재(Saphenous)정맥을 사용한다.

Buselmeier 단락은 25~30 kg 또는 그 이상에서만 사용하며, 이것은 Scribner 단락보다 짧고, 많은 혈류, 많은부위가 피하에 묻혀 혈관 끝의 움직임이 적어 동맥내막의 상처가 적다.

3. 동정맥루(AVF)

Brescia-Cimino AVF가 가장 유용하다. 어른에서와 같이 이상적인 장소는 열성인팔의 요골동맥과 두정맥의 문합술이다. 요골동맥을 사용하지 못하면 완동맥 또는 척골(ulnar)동맥을 사용한다. 정동맥 문합술은 정맥끝이 "fishmouthed"모양으로 하면 개존율이 높다. 미소수술로 매우 작은 아이에서도 AVF는 가능하다. 이같은 루는 천자가 가능하기까지는 평균 6개월이 걸린다. 하나의 루에 두 바늘을 찌르기가 어려울때는 단일침법(single-needle method)이 편리하다.

AVF를 하나더 만들수도 있다. 대퇴동맥에 복재정맥루프-루가 높은 유량을 제공하므로 다른 말초혈관접근 후에 매우 작은 아이에서 사용된다. 자가복재정맥, 소동맥 이중 이식편 또는 PTFE(polytetrafluorethylene)같은 합성물질이 성인에서와 같이 사용되며, 가장 좋은 결과는 PTFE 이식이었고 다음이 소의이중이식편, 복재정맥이식편의 순이었다. 6mm 직경의 PTFE 이식은 체중 12 kg까지의 아이에서도 성공적으로 사용된다. 주로 상박(완동정맥, 완동맥과 액와정맥), 대퇴(대퇴동정맥), 흉부(쇄골하동정맥)에서 하게된다. PTFE 이식은 빠르면 수술 10일후에 사용가능하다. 이들 이식은 작은 아이에서 대퇴동맥-대퇴동맥루에도 사용된다.

4. 혈관접근의 합병증

외부단락의 가장 흔한 합병증은 응고이다. 이는 혈전증을 가져온다. 평균 단락의 사용기간은 113일이다.

단락의 50%에서 최소 한번의 교정이 요구되고 1/3 가량에서 여러번의 교정이 요구된다. 응고예방을 위해 동맥내막에 상처를 주지않는 가장 큰 vessel-tip size를 선택하여 가능한한 최상의 혈류를 제공한다. 항혈소판약(Aspirin, sulfipyrazole)은 신중같은 과응고상태의 아이에서 단락의 사용기간을 연장시킨다, 한번 응고되

면 전색제거술이 성공해도 다시 응고하게되고 끝내는 실패하게된다. streptokinase 또는 urokinase 같은 섬유소용해효소가 사용된다. 감염은 외부단락의 두번째로 흔한 합병증이다. Staphylococcus aureus가 가장 흔하다. 보통 단락감염은 주위 피부미란(erosion)으로부터 생긴다. 단락은 가능한한 깊게 묻고, silastic 재료의 가장자리를 등글게해서 피부의 자극을 적게한다. 이들 감염은 penicillin에 잘 반응하며, 균혈증을 예방하고 또 감염은 단락혈전증을 조장하므로 가능한한 조기치료해야한다. 지속성 감염이 있을때는 단락의 제거를 고려한다. 수축허혈증은 측부순환(collateral circulation)이 우수하기 때문에 소아에서는 극히 드물다. 그러나 근위부를 사용할때는 때로 올수 있다. 혈전증은 복재정맥자카이식편 또는 소의 이중이식편 모두 이식편 AVF에서 더 잘 생긴다. 성숙되지않은 정맥 또는 합성물질의 사용은 흔히 혈중형성을 가져온다. 동맥류는 전완전부와(antecubital fossa)에서와 같이 큰 혈관의 AVF가 아니면 드물다. 가상동맥류(Pseudoaneurysm)는 소이식편에서 가장 흔하고, 합성 이식재료에서도 발생한다. 너무 큰 이식직경이 아니면 심부전은 드물다. AVF의 전체적인 합병증은 AVS 보다는 상당히 적다. AVF의 주된 결점은 특히 매우 어린 소아에서 침천자시의 아픔이다. 단일침기술의 사용이 도움이된다.

5. 혈액 투석기

현재 유용한 소아용 투석기는 Table 1과 같다. 모두 parallel-flow 또는 hollow-fiber type이며, coil-type 투석기는 상대적으로 많은 충전량 및 높은 탄성율을 가지고 있기때문에 사용하지 않는다. 투석기의 선택은 아이의 크기에 맞는 충전량과 청소능률이 고려되어야 한다. 소아의 혈액량은 80 ml/체중 kg이며, 안전하게 투

석하기위해서는 총체의혈액량이 순환혈액량의 10%를 넘어서는 안된다.

Mini-Minor 투석기의 충전량은 25 ml 이고 작은 신생아 혈액 관(line)을 사용하면 총체용적은 38 ml로서 평균 13 ml의 혈액만이 요구되며, 이는 5 kg의 영아에도 충분하다. 소아용혈액관을 사용하면 30 ml의 용적으로 8~15 kg의 어린 소아에 사용할 수 있다. 100 mmHg 압에 6 ml의 낮은 탄성율이므로 안전하다.

Lundia Minor 0.41 m²은 적은 충전량, 낮은 탄성율, 높은 청소효과, 현저한 초여과율로 6~30 kg의 영아 및 소아에 유용하다. C-DAK 0.60 m²와 Disscap 0.80 m²은 충전량이 50~60 ml로서 15 kg 또는 그 이상의 소아에 적합하고, 성인용 혈액관은 약 100 ml이므로 더 큰 아이에는 사용 가능하다. Fiber G.F. 120-L은 40 kg 또는 그이상에서 사용한다(Table 1).

투석의 방법

투석중 혈액요소질소(BUN)의 너무 빠른 제거로 갑작스런 삼투압의 변화를 피하기위해 BUN의 제거율이 3 ml/min/kg이 넘지않게 하는 것이 추천되며 이는 소아 투석에 있어서 황금율이다. 투석전 BUN치가 100 mg/dl 이하이면 3 ml/min/kg이 BUN 청소율의 최대허용치이며 100~200 mg/dl 일때는 20% mannitol을 1 g/kg을 투석중에 주어 갑작스런 혈액삼투압저하를 예방한다. 30%정도를 처음 1시간에 주고, 나머지 70%를 남은 시간에 일정한 양으로 준다. 동시에 50% 포도당액을 사용하여 투석액 포도당 농도를 700 mg/dl또는 1000 mg/dl까지 사용할수 있다.

200 mg/dl 이상일때는 짧은기간의 투석을 자주한다. BUN 청소율이 1.5 ml/min/kg를 넘지않게 한다.

Table 1. Dialyzer Characteristics

	Priming Volume (ml)	Compliance (ml per 100 mm Hg)	Effective Surface Area (m ²)	Type*
Mini Minor	25	6	0.20	PF
Lundia Minor	28	10	0.41	PF
C-DAK 0.6 m ²	53	0	0.60	HF
Disscap 080	60	0	0.80	HF
Fiber G.F. 120-L	80	0	1.20	HF

* PF, parallel flow ; HF, hollow fiber.

15 kg의 아이가 45 ml/min로 6 시간 투석하면 70%가 감소된다.

최근 요소의 생성 및 제거에 기초한 urea kinetic modeling (UKM)이 투석처방과 식이섭취를 최대화 하기 위해 제창되었다.

어느 시점에서 BUN 치는 6가지 변수 즉 투석기의 청소율, 잔존 신기능, 투석시간, 투석간의 시간, 분포의 요소용적, 요소생성율이다. 이는 요소치의 예정 결정을 조절할 수 있고, 열량 섭취와 유도단백평형과의 상관성을 조사하는 좋은 방법을 제공한다.

초여과에서는 갑작스런 탈수에 동반되는 합병증을 피하도록 한다. 매우 작은 아이에서 사용되는 Lundia Minor 투석기는 500 mmHg 경막압(transmembrane pressure)에서 시간당 750 ml의 수분을 제거할 수 있다. 저혈압을 조심하고 혈청 알부민이 낮은 아이에는 25% albumin을 1~2 g/kg을 투석치료 시작할때 준다.

5~10 g에도 감수성이 있는 저울을 사용하여 자주 체중을 측정한다.

심한 고혈압이 초여과의 이차성으로 올 수 있으며 이는 자기 원래 신장이 있는 환자에서 혈액량 감소에 의한 레닌 또는 카테콜아민분비에 의한 결과로 생각하며 이때는 첫치료로 적은량의 생리식염수를 주입한다. 충전은 보통 생리식염수로 하며, 드물게 영아에서 혈액으로 한다. 심한 수액과부하상태에서는 자신의 혈액으로 충전한다. 투석종료시의 혈액유실은 총혈액량의 10%가 넘어서는 안된다. 고혈압환자에서 투석기의 혈액을 재수혈하는 것은 극히 위험하며, 초여과로 혈액량을 충분히 감소시킨후 재수혈한다.

장기 혈액투석의 문제점

성인에서 볼 수 있는 심한 빈혈, 고혈압, 감염, 심낭염, 말초신경병변, 신성골이영양증 등의 합병증은 소아

에서도 볼 수 있다. 그외에 심한 성장지연, 성적성숙의 지연, 정신정서적어려움 등이 있다.

대부분이 투석시작당시 심한 성장지연을 보이며, 장기투석환아의 2/3에서 성장속도가 정상이하로 남아있다.

사춘기 발달지연의 원인은 불명이며, 건강한 아이의 초경연령이 13.4세인데 비하여 투석환자는 15.1세였고, 11~14세에 투석을 받는 20명중 1명에서만 초경을 성취했다는 보고도 있다.

장기투석을 받는 아이는 만성질환에 동반된 문제뿐만 아니라, 천자의 통증, 투석중의 불편감, 혈관접근의 수술등에도 접하게 된다. 투석실의 간호사는 아이들과 많은 시간을 갖고, 경험있는 간호사가 아이를 안심시키고 용기를 주어 더 나은 협조를 얻도록 desensitization program이 필요하다. 모든 과정을 설명해주고, 서로 신뢰하는 관계를 가지며, 비록 작은 아이라 하더라도 거짓은 피한다.

신이식의 준비

대부분의 소아는 일정기간의 투석후에는 결국 신이식 수술을 받게된다. 이 기간동안 필요한 치료를 하고 또 정신적으로 적응할수있게 한다. 장기혈액투석을 위한 AVF와 복막투석이 교대로 사용되어야 한다. 하부요로 기형을 수술교정하고, 필요하면 양측 신적축술을 시행한다. 이식의 성공율을 높이기 위해 수혈을 행하고, 수두, B형 간염등의 예방접종을 한다. 이식에 관계되는 사실들을 설명하여 정신적준비를 하게 하며 두려움을 없애주고, 또 이식이면 다된다는 생각에서 이식받지못해 실망하고 있는 아이들의 정서적인 면에 관심을 갖도록 한다.

환자와 강한 신뢰의 관계를 이루는 것이 기본이 된다.