

소아 뇌사자 신장을 이용한 성인 수여자로의 신장이식

원광대학교 의과대학 외과학교실

소병준 · 채권묵

Transplantation of Pediatric Cadaveric Kidneys into Adult Recipients

Byung Jun So, M.D. and Kwon Mook Chae, M.D.

*Department of Surgery,
Wonkwang University School of Medicine,
Iksan, Korea*

= Abstract =

The imbalance between supply and demand of transplantable organ has created pressure within the transplant community to scrutinize all potential donor organs for optimal use.

In the 1970s, heavy skepticism surrounded the use of pediatric kidneys for transplantation. Today, although skepticism has evolved into acceptance, the optimal use of the very young donor kidneys remains unclear. But the use of cadaver kidney from newborns through adolescence will certainly increase the pool of available cadaver kidneys: therefore, at present time it would seem reasonable not to preemptively exclude any potential pediatric cadaver donor regardless of age with the understanding that graft from pediatric cadaveric donors may yield suboptimal results.

The purpose of this paper reviews the basic physiologic changes in pediatric cadaver kidney transplants and provides for selective, and surgical strategies to minimize morbidity associated with these organs and maximize graft survival.

Key Words: Transplantation, Pediatric Cadaveric Kidney

서 론

장기이식은 건강 백세를 추구하는 인간의 꿈을 실현시켜 줄 수 있는 또 하나의 열쇠를 제공하고

있다. 1954년 Dr Murray에 의해서 일난성 쌍생아간의 신장이식의 성공을 필두로 수술 술기 및 면역 기전을 밝히는 기초의학, 다양한 면역억제제 개발로 이젠 거의 모든 장기가 -심장, 폐장,

간장, 췌장, 신장, 소장 등 이식이 가능하게 되었으며 이식성적 또한 팔목하게 향상되어 왔다. 물론 더 나은 면역기전에 대한 이해와 함께, 보다 부작용이 적고 효과적인 면역억제제 등의 개발이 향후 과제이긴 하지만, 이식 전수가 폭발적으로 증가되면서 이식 장기의 수급문제 또한 장기이식 팀이 가지고 있는 해결하지 못하고 있는 어려운 문제중의 하나이다. 이식장기의 부족한 상황을 극복하기 위한 다각도의 노력이 이루어져 왔다. 이종간의 장기이식 시도는 한때 전 세계 이식인들 가슴을 설레게 했던 관심사였었고, 심장사자로부터 장기적출, 한 뇌사자로부터 다장기 적출 술이 표준기술이 되었고, 또한 뇌사자의 연령기준을 점차 확대시켜 왔으며, 그 외에도 장기 사용율을 높이기 위한 여러 수술방법이 소개되어 왔다. 우리나라에서도 1997년 통계에 소아 뇌사자로부터 3례의 신장이식이 있었다고 보고되었으며 이제 뇌사에 관한 법률이 정식 국회를 통과하였고 보다 활성화되리라는 추세를 고려하면 소아 뇌사자로부터 장기 이용율을 높이기 위해 소아 뇌사자의 신장을 이식했을 때 일어나는 불리적 생리적 변화와 함께 장기 생존율을 올리기 위한 방법등을 문헌 고찰을 통해서 다음의 순서로 정리해보고자 한다.

1. 뇌사자 장기공여자의 연령제한은 있는가?
 - a) 무뇌 신생아로부터 신장 공여
 - b) 소아 뇌사자로부터 신장 공여
2. 소아 신장이식 시에 이식신의 변화
 - a) 크기의 변화
 - b) 기능의 변화
3. 소아 뇌사자 신장이식시 일축 혹은 양측 신장 동시 선택 기준은?
4. 이식시 관리적인 문제점들은 무엇이 있는가?
 - a) 수술시의 고려 사항
 - b) 면역억제제 사용
1. 뇌사자 장기공여자의 연령제한은 없는가?

1973년 ACS/NIH registry의 11번째 보고에 의하면 6세에서 50세 사이의 뇌사자의 장기제공시 5세 이하와 50세 이상의 군보다 장기 생존율이 낮다는 보고를 했고, 일반적으로 장기제공에 이상적인 나이로 인정되어 왔다 (Barnes *et al*, 1973). 그러나 장기제공의 태부족 상태를 해결하기 위해 이보다 어린 소아층과 고령층의 제공자로부터 장기이식이 많은 센터에서 시도되어 왔다. 고령층에 있어서 장기이식은 논의로 하고 소아에서의 장기이식에 초점을 맞추어 이야기 하고자 한다.

a) 무뇌증 신생아 장기공여

1963년 무뇌증 신생아로부터 신장을 적출하여 6일된 환아에서 신장이식을 시도하였으며(Goodwin *et al*, 1963) 현재까지 전세계적으로 40례 내외의 무뇌증 신생아로부터 신장이식이 보고되어 왔다. 실제 성적을 분석할 수 있는 경우는 31례 정도인데, 15례(48%)에서는 문합부위의 혈전증에 의해 전혀 기능을 못했고, 6례(19%)에서는 3개월 이내 기능이 소실되었으며, 10례(32%)에서만이 일년 이상 기능을 갖는 아주 저조한 성적을 보이고 있다.

한 연구에서는 174례의 무뇌증 신생아들에서 장기공여의 가능성을 조사했는데 단지 34.5%에서 만이 heart beating donor였고, 이중에서도 97%만이 신장공여가 가능했다고 보고하고 있다. 이는 무뇌 신생아의 신장이 매우 불안정하여 비교적 빨리 쓸 수 없는 상황이 되거나, 동반되는 요로계 계통의 기형등이 주된 원인으로 보고하였다 (Spees *et al*, 1984).

무뇌증 신생아의 장기 구득율을 높이기 위한 방법으로 분만전 다른 동반된 기형을 미리 밝히고, 분만과 동시에 뇌사가 선언되고 장기적출이 가능할 수 있도록 부모로부터 동의서를 받아서, 이식을 진행시키면 보다 나은 결과를 얻을 수 있다고 하였다 (Holzgreve *et al*, 1987).

그러나 무뇌증 신생아로부터의 신이식 후 primary nonfunction의 발생빈도가 높고, 높

은 요로계 기형율, 수술의 어려운 점과 유티적인 측면에서 합의된 공감대를 찾기는 다소 어려운 점이 있어서 구미 각국에서조차 무뇌증 신생아로부터의 신장이식은 꺼려하는 수준에 있는 것 같다.

b) 소아 뇌사자로부터 장기공여

소아 뇌사자로부터 장기 공여 가능성은 많은 논란을 거쳐 발전해 왔다. 1967년 한 연구에서는 5례의 소아 뇌사자로부터 신장이식 성적을 보고하였는데 단지 한 예에서만 적절한 기능을 보였다고 한다 (Kelly *et al.*, 1967). 1969년 4례의 소아 뇌사자로부터의 신장이식 후 3례의 성공예를 보고하였는데 다소 논란이 있는 결과였다 (Fine *et al.*, 1969). 그러나 1979년의 보고들에서는 성인의 신장을 이식한 것과 동등한 결과를 보여주고 있다 (Speybroeck *et al.*, 1979; Glass *et al.*, 1979). 또 다른 연구들에서는 소아 뇌사자로부터 신장이식은 보다 저조한 이식 생존율을 보이고, 술 후 많은 합병증과 관련이 있는 것으로 보고하고 있는데, 결과에 커다란 영향을 미치는 주요인은 1세 이하의 공여자가 차지하는 비율과 일치한다고 하였다 (Geva *et al.*, 1987; Hayes *et al.*, 1987). 술 후 합병증이 적게 발생하고, 이식신 생존율이 성인에 그것에 비해 떨어지지 않는 확실한 나이를 제시하기는 장기부족문제를 고려할 때 어려운 문제인 것 같다. 10개월을 최소 나이라고 주장하였던 발표도 있었으나 (Salvatierra & Belzer, 1975), 대부분 이식 센터에서는 1세 이하이면 이식 성적이 좋지 못하여 피할 것을 권유하는 추세인 것 같다. 소아 뇌사자로부터의 신장이식은 다소 뒤지는 결과를 갖는다는 이해와 함께 소아 뇌사자로부터 장기이식을 증가시킨다면 장기 이용률을 극대화시킬 수 있으리라 사료된다.

2. 소아 신장이식시에 이식신의 변화

a) 크기의 변화

취를 이용한 이식 실험모델에 의하면 이식된 신장은 두 가지 형태로 성장하게 되는데 하나는 유전적 결정 요인에 의한 성장이고 또 하나는 외적인 부하량에 따른 환경요인에 의해서 성장을 하게 된다고 한다 (Silber, 1975).

유전적 결정요소에 의한 크기 변화는 일정한 속도로 불가역적으로 일어나며 부하량의 변화와는 무관한 성장이 일어난다면, 환경요인에 따른 신장의 크기 변화는 부하량의 크기에 따라 일어나며 가역적인 변화가 일어난다. 실제로 4주째 된 백서의 신장을 양측 신장을 제거한 백서에 이식하면 이식된 신장은 현격한 성장이 일어나게 되는데, 4주째 일측 신장을 제거하고 남아있는 신장에서 일어나는 변화와 비슷한 결과를 보인다. 즉 부하량의 변화에 의하여 초기 일시적으로 신장은 과부하에 의한 성장을 보이다가 이후는 유전적 요인에 의한 성장을 지속한다고 한다. 또한 신장의 크기는 수여자의 나이와는 무관하게 초기에 과부하에 의한 성장과 후기는 공여자의 신장의 나이에 의해 유전적 요인에 따라 지속적인 성장을 하는 것으로 보고되어 있다.

환경요인에 의한 신장의 성장은 조직학적으로 새로운 신사구체의 형성이기보다는 기존의 신사구체의 비대 현상이라고 보고하고 있다 (Larson, 1980).

임상에서 21례의 소아 뇌사자의 신장을 성인에 이식 후 크기변화를 조사한 보고에서는 6개월 이내에 2배, 6개월 이후에 3배까지 커진다고 보고하였다 (Nghiem *et al.*, 1995). 40례의 소아신장의 이식 후 크기변화 조사에 따르면 1개월에 2배, 3개월에 3배, 6개월에 4배의 크기 변화가 있었다고 보고하면서 이식된 소아신장이 초기에 비교적 빨리 일어나고 또한 지속적으로 커지면서 성인의 신체 생리에 잘 적응한다고 보고하였다 (Bretan *et al.*, 1997).

b) 기능의 변화

nephron이 정상 숫자보다 1/5까지 감소하게 되면 남아있는 nephron은 과부하를 이겨내기

위해 이상 비대가 되면서 점차 신기능 부전증으로 빠진다고 하는데 (Brenner *et al.*, 1982), 소아 뇌사자의 신장이 성인에게 이식되었을 때 야기될 수 있는 기능상의 장애를 예측할 수 있는 이론이어서 실제 많은 저자들은 소아 신장 이식후 신장의 기능변화와 더불어 이식 생존율에도 관심을 가져왔다.

임상에서 신사구체 여과율을 조사한 바에 의하면 6개월 이내에 4배, 이후 5배까지 증가하면서 성인에 이식된 소아신장은 지속적인 기능향상을 갖는다고 보고하였고, 혈중 creatinine은 1-3개월의 1.76 ± 0.53 mg/dl에서 6개월 이후 1.25 ± 0.26 mg/dl로 현저한 감소를 보였고, 신장내 resistive index는 0.60~0.63으로 정상범주를 보였다 (Nghiem *et al.*, 1995).

평균혈중 creatinine을 시기별로 조사한 결과에 의하면 1주, 1개월, 6개월, 12개월, 18개월에 각각 2.1 ± 2.0 , 1.5 ± 0.8 , 1.3 ± 0.5 , 1.1 ± 0.4 , 0.9 ± 0.4 mg/dl로, 초기의 신장기능은 다소 떨어지는 경향이 있으나 첫 6개월 이내에 정상기능으로 회복되며 creatinine의 최저치도 성인의 군과 비교했을 때 차이가 없다고 보고하였다 (Bretan *et al.*, 1997). 또한 1년에서의 혈중 creatinine이 성인의 신장 이식군과의 차이가 없었다고 보고하고 있다 (Creagh *et al.*, 1991).

3. 소아 뇌사자 신장이식시 일측 혹은 양측 신장 동시 선택 기준은?

이식 후 신장 기능을 최적화 하면서 이식신의 생존율을 높리기 위해서는 hyperfiltration으로 인한 nephron의 이상 비대로 신부전증으로 빠지지 않을 수 있는 적절한 nephron양이 제공되어야 한다. 일측 신장만으로 기능을 잘하고 이식신의 생존율도 만족할 수 있다면 장기 이용율을 높이기 위해서는 구태여 양쪽 신장을 동시에 이식하는 것은 불필요한 일일 것이다. 그러나 과부하로 인한 양측 신장을 동시에 이식해 주어야 이식생존율의 저하를 막을 수 있는 상황이라면 일

즉 신장 이식만으로는 만족할 수 없는 결과를 갖게 된다.

2세이상 15 kg 이상의 소아신장의 경우는 한쪽 신장만으로도 만족한 결과를 가질 수 있다고 보고하였고 (Bretan *et al.*, 1997), 15 kg 이하의 공여자인 경우에는 양쪽을 동시에 이식하여 만족할 만한 결과를 얻었다고 보고하고 있다 (Nghiem, 1991). 24개월 이상의 공여자인 경우에 한쪽 신장만을 이식해서 만족한 결과를 얻었다고 보고하고 있다 (Wengerter *et al.*, 1986).

대체적으로 1세 이하의 소아 뇌사자의 신장은 성인의 신장 보다 장기간의 생존율이나 기능면에서 현저히 떨어져서 장기 이용에 문제가 있고, 1세에서 2세사이의 소아 신장은 가급적 양측 신장을 동시에 이식함으로써 장기 생존율을 높일 수 있으며, 2세 이상이면서 체중이 15 Kg이상인 소아 뇌사자의 신장의 경우에는 일측 신장의 이식만으로 만족한 결과를 얻는 것으로 의견이 모아지고 있는 것 같다. 또한 다소 논란이 있지만 최소의 nephron으로 과부하에 의한 손상을 줄이기 위해 가급적 50 Kg 이하의 가벼운 공여자를 선택하는 것이 이식신의 생존율을 높일 수 있는 또 하나의 방법이라고 소개하고 있다 (Bretan *et al.*, 1997; Cecka & Terasaki, 1990).

4. 이식시 관리적인 문제점들은 무엇이 있는가?

소아신장의 이식은 성인신장의 이식보다 높은 수술적 후유증의 병발이 많은 것으로 보고되고 있다. 신동맥 협착증의 발생은 고정된 문합부위를 제외한 신동맥관의 성장이, 신장의 크기변화로 동맥이 꼬이거나 당겨지게 되고, 급성거부반응의 장기적 효과에 의해서 3% (Hayes *et al.*, 1988)~31% (Merkel *et al.*, 1993)으로 2~5% (Hefty, 1991; Wengerter *et al.*, 1986)인 성인에서보다 많이 발생된다고 한다. 소아와 성인의 혈압차, 냉무혈성 손상, 수술전후의 저혈압, CsA (씨아클로 스포린)의 이식 직후 사용 등이 이식신의 혈전증의 원인으로 보고되고 있는데 (Har-

mon *et al.*, 1991; Ildstad *et al.*, 1990), 신동맥 혈전증 발생율은 10% (Memel *et al.*, 1993), 신정맥 혈전증 발생률도 6%에 이르며 이식 초기 이식신의 손실을 초래하는 주요한 원인으로 보고되고 있다 (Smith *et al.*, 1988; Ratner & Flye, 1991; Nghiem, 1991). 수술 후 요로계 합병증은 성인군에서 1% 내외로 비교적 적으나 (Barry & Hatch, 1985), 소아 신장 이식군에서는 3% (Barry *et al.*, 1985)-16% (Hayes *et al.*, 1988)로 비교적 높은 발생율을 보이고 있다.

a) 수술시의 고려 사항

i) 혈관 문합

성인 신장의 경우보다 혈관이 작아서 문합시보다 세심한 기술적 주의를 요한다. 일반적으로 7-0 monofilament polypropylene을 이용하는 것이 바람직하며, 일측 신장만을 이식할 때는 공여자의 복부대동맥을 이용한 Carrel patch 사용이 필요하고 (Carrel, 1908), 양측 신장을 동시에

이식할 때는 신장동/정맥의 기시부 상방부위에서 복부 대동맥과 하대정맥을 각각 직접 봉합하여 폐쇄시키거나, 복부 대동맥, 하대정맥, 혹은 상장간막 동맥의 일부를 이용하여 모자 모양으로 덮어 씌어 폐쇄시키고 (Figure 1), 복부대동맥과 하대정맥의 말단 부위를 외장골 동맥, 정맥에 각각 문합시키는 방법이 일반적으로 이용된다. (Figure 2). 또한 양측 신장을 동시에 이식할 때는 두 개의 신장을 우하복부의 장골과 (iliac fossa)에 복막외로 위치시키는 방법 (Figure 2), 하나는 복막내 다른 하나는 복막외로 위치시키는 방법이 있다 (Figure 3). 후자의 경우는 혈관 문합 부위로 가급적 서혜부 인대에 가까운 장소를 선택하여 짧은 요관이 방광에 도달하는데 어려움이 없도록 해야하며, 수여자의 외장골 혈관과 공여자의 대동맥과 하대정맥의 평행하며 높이가 하여 꼬이지 않도록 하여야 하며, 복강내 위치하는 신장을 위해 복막에 되도록 큰 창을 만들어야 한다고 한다. 또한 신장주위의 지방조직을 이용해 복강내 신장의 염전을 막기 위해 전복막

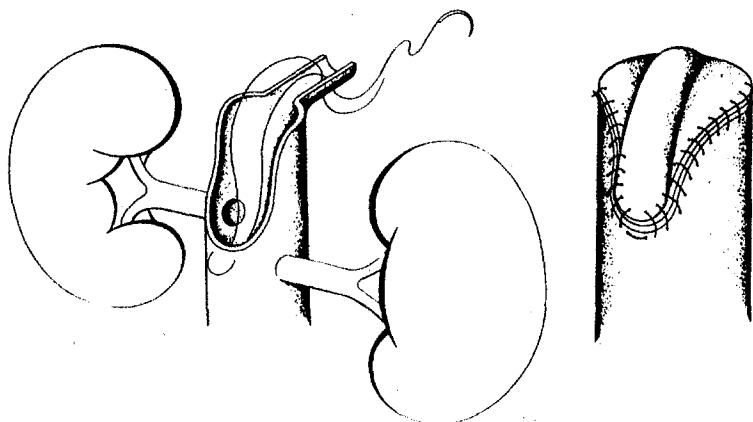


Figure 1. When stump of superior mesenteric artery is present, it can be turned downward to cap cephalad aorta (The Journal of Urology, 1991;145:14-16).

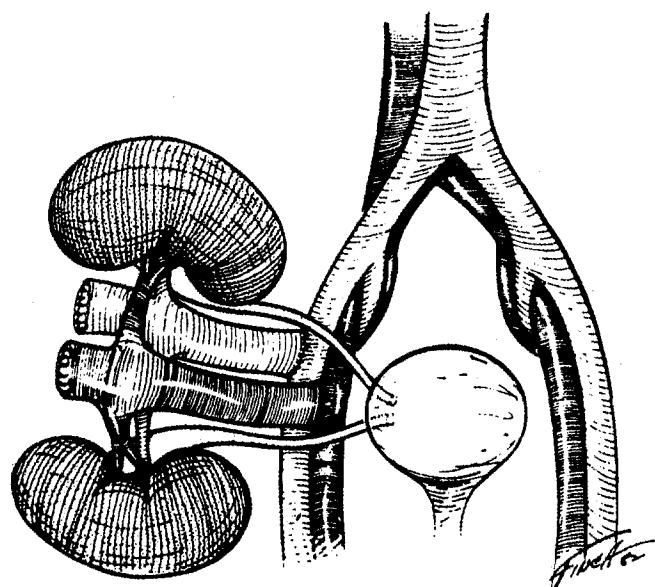


Figure 2. Typical method of en block implantation. The ends of the donor aorta and inferior vena cava are anastomosed to the sides of the external iliac artery and vein, respectively. The ureters are individually implanted using the modified Politano-Ledbetter technique of ureteroneocystostomy(Ann Surg 1983;197:439-442).

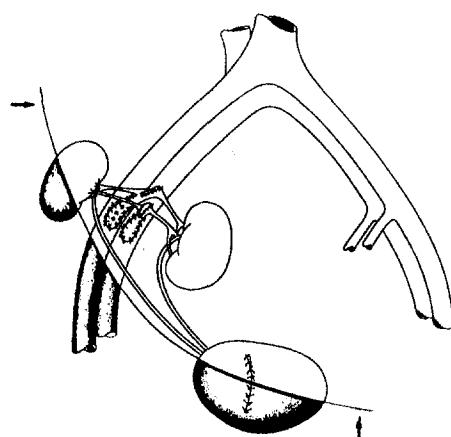


Figure 3. Schematic representation of en bloc transplants with medial(left) kidney in intraperitoneal position. Note peritoneal reflection line(arrows). Inverted donor aorta was shown on lateral side with suture ligated lumbar arteries whereas donor vena cava was medial(The Journal of Urology, 1991;145:14-16).

에 고정을 요한다 (Nghiem, 1991).

ii) 요관 문합

소아 신장의 요관은 혈류 공급이 아주 취약하여 잦은 수술 후 합병증과 일으키는 주요 원인이어서, 장기 구득시나 이식을 준비하는 과정에서 (bench preparation) 요관 주위의 박리시는 각별한 주의를 요한다. 특히 신장 하부 극점과 신우 요관으로 형성되는 삼각지대의 지방조직을 'golden triangle of fat'이라 부르는데, 이 부위의 과도한 박리는 금물이다. 이미 요관의 혈류에 손상을 입었다고 사료되면, 요관의 상방부를 이용한 요관-요관 문합술이나 요관-신우 문합을 실시해야 한다고 한다. 요누출의 합병증을 줄일 수 있는 다른 방법으로는 6세 이하의 소아 뇌사자의 신장을 이식시는 silicon double -J stent (Hayes *et al.*, 1988)나 5F 소아 유동식 인공영양 투부를 6주내지 10주까지 거치 후 방광경을 통해 제거하는 것을 권장하고 있다 (Bretan *et al.*, 1997).

요관-방광 문합 방법으로는 방광의 요관-방광 문합술 (Glass *et al.*, 1979; Lippman *et al.*, 1992), 방광내 요관-방광문합술 (Gruessner & Matas, 1989; Gruessner *et al.*, 1990), 요관-신우문합술, 상방부위 요관 요관 문합술 (Lippman *et al.*, 1992)등의 기술이 소개되어 왔다. 특히 양측 신장을 동시에 연결판 때는 두 개의 요관을 하나로 만들어 문합할 수도 있고 두 개의 요관을 각기 문합할 수 있는데 대체로 두 방법 공히 이용되고 있다. 또한 공여자에서 과도한 골반강 박리를 피하는 것이 좋고, 이식 후 비뇨기계와 관련된 합병증을 항상 염두에 두는 것이 초기 발견 및 치료에 도움이 된다고 한다.

b) 소아 신장이식 후 면역억제제 투여

소아 뇌사자의 신장 이식 후 급성 거부반응 발생은 성인 신장에 비해 다소 높은 것으로 보고되고 있다. 특히 거부반응은 이식후 대상성 비대가 일어나는데 장애를 초래하게 되고 이로 인해

nephron의 소실이 야기되고 기준치 이하로 감소하게 되면 과부하에 의해 신사구체 비대를 초래하고 결국 신 기능 부전에 빠지게 되어 이식신의 생존율을 떨어뜨리게 된다. 따라서 무엇보다도 이식초기의 거부반응을 예방하는 것이 중요하다고 하겠다. 또한 소아 신이식시 CsA의 신독성의 발생빈도가 높고 특히 CsA는 대상성비대가 일어나는데 유해하고, 급성 세뇨관 괴사로 인한 신기능의 회복 지연 (Gruber *et al.*, 1989), 이식신의 혈전증 (Rigotti *et al.*, 1986) 빈도가 높다고 보고되고 있어, 충분히 신기능이 회복되는 보통 5-14일 이후 첨가하는 것을 권하고 있으며, 이식초기 ATG or OKT3등으로 유도 면역억제제를 시작하는 quadruple 면역억제요법이 급성거부반응을 줄일 수 있고 이식신의 생존율을 높일 수 있는 방법으로 권장하고 있다 (Bretan *et al.*, 1997; Fine, 1988; Hayes *et al.*, 1988; Portoles *et al.*, 1996; Satterthwaite, 1997).

Bretan (Bretan *et al.*, 1997)등의 면역억제요법을 대표적으로 소개하면 수술 전 문합술이 끝나기 전까지 methylprednisolone 1 g를 정주하고 Azathioprine (1-1.5 mg/kg/day) or Cellcept 1-2 g/day, prednisolone 1-0.5 mg/kg/day를 쓰면서 10일간 5 mg의 OKT3를 투여하고, 일주일 후부터 CsA 10 mg/kg/day로 시작하여 유지면역량으로 점차 줄여나가는 방법을 쓴다고 한다. 대부분 이식초기에는 CsA의 사용을 삼가고 있을 추세인 것 같다.

결 론

장기 수급의 불균형으로 인한 이식장기의 절대부족현상을 극복하기 위해 장기 이용율을 높일 수 있는 다각적인 노력이 이루어져 왔고 소아 뇌사자의 장기를 이용하는 것이 그중 하나이다. 소아장기를 이용했을 때 성인의 장기를 이용했을 때와 동등한 성적을 얻을 수 없지만 이식장기의 태부족 상황은 이해한다면 적극적으로 고려해야 하는 것이 사실이다. 다만 장기 생존율을 높이기

위해서 적절한 양의 nephron을 제공해야 하고, 이를 위해서 2세 이하 15 kg 이하 신장은 양쪽은 동시에 이식해주는 방법이 고려되어야 하고, 가급적 저체중의 수여자를 선택하고, quadruple 면역억제제는 사용하여 이식초기의 급성거부반응의 발생 빈도는 낮추고, CsA는 신기능이 회복되는 단계에 사용하고, 수술 수기의 완벽을 기하는 것이 필수적이라고 사료된다.

참 고 문 헌

- Barnes BA, Bergan JJ, Braun WE, *et al*: The 11th report of the human renal transplant registry. *JAMA* 1973;226: 1197-1204.
- Barry JM, Hatch DA: Parallel incision, unstented extravesical ureter-oneocystostomy: follow-up of 203 kidney transplants. *J Urol* 1985;134:249-251.
- Barry JM, Norman DJ, Bennett WM: Pediatric cadaver kidney transplants into adults. *J Urol* 1985;134:651-653.
- Brenner BM, Meyer TW, Hostetter TH: Dietary protein intake and the progressive nature of kidney disease: the role of hemodynamically mediated glomerular injury in the pathogenesis of progressive glomerular sclerosis in aging, renal ablation, and intrinsic renal disease. *N Engl J Med* 1982;11:652-659.
- Bretan PN, Friese C, Goldstein RB, *et al*: Immunologic and patient selection strategies for successful utilization of less than 15Kg pediatric donor kidneys-long term experiences with 40 transplants. *Transplantation* 1997;63:233-237.
- Carrel A: Transplantation en masse of the kidneys. *J Exp Med* 1908;10:98.
- Cecka JM, Terasaki PI: Matching kidneys for size in renal transplantation. *Clin Transplant* 1990;4:82-86.
- Creagh A, McLean PA, Spencer S, *et al*: Transplantation of kidneys from pediatric cadaver donors to adult recipients. *J Urol* 1991;146:951-952.
- Fine RN: Renal transplantation of the infant and young child and the use of pediatric cadaver kidneys for transplantation in pediatric and adult recipients. *Am J Kidney Dis* 1988;12:1-10.
- Fine RN, Brennan LP, Edelbrock HH, *et al*: The use of pediatric cadaver kidneys for homotransplantation in children. *JAMA* 1969;210:477-484.
- Geva P, Rosenthal T, Marik J, *et al*: *The influence of cadaver donor age on renal graft survival*. American Society Transplant Physicians 6th Annual Meeting, Chicago, 1987;May 26-27.
- Glass NR, Stillman RM, Butt JMH, *et al*: Results of renal transplantation using pediatric cadaver donors. *Surgery* 1979; 85:504-508.
- Goodwin WE, Kaufman JJ, Mims MM, *et al*: Human renal transplantation: Clinical experience with 6 case of renal homotransplantation. *J Urol* 1963;89: 13-24.
- Gruber SA, Chavers B, Payne WD, *et al*: Allograft renal vascular thrombosis-lack of increase with cyclosporine immunosuppression. *Transplantation* 1989 ;47:475-478.
- Gruessner RWG, Matas AJ, *et al*: A comparison of single and double pediatric cadaver donor kidneys for transplantation. *Transplantation* 1989; 3:209.

- Gruessner RWG, Matas AJ, Dunn DL, et al: A comparison of pediatric versus adult cadaver donor kidneys for transplantation. *Transplant Proc* 1990;22:361-362.
- Harmon WE, Stablein D, Alexander SR, Tejani A: Graft thrombosis in pediatric transplant recipients. A report of the North American Pediatric Renal Transplant Cooperative study. *Transplantation* 1991;51:406-412.
- Hayes J, Novick AC, Streem SB, et al: Use of single pediatric cadaver kidneys for transplantation. American Society Transplant Physicians 6th Annual Meeting, Chicago, 1987;May:26-27.
- Hayes JM, Novick AC, Streem SB, Hodge EE, Bretan PN, Greaneto D, Steinmuller DR: The use of single pediatric cadaver kidneys for transplantation. *Transplantation* 1988;45:106-110.
- Hefty TR: *Complications of renal transplantation*: the practicing urologist's role. AUA Update Series, 1991;volume 10, lesson 8, pp 58-63.
- Holzgreve W, Beller FK, Buchholz B, et al: Kidney transplantation from anencephalic donors. *N Engl J Med* 1987;316: 1069-1070.
- Ildstad ST, Tollerud DJ, Noseworthy J, Ryckman F, Sheldon CA, Martin LW: The influence of donor age on graft survival in renal transplantation. *J Ped Surg* 1990;25:134-137;Discussion 137-139.
- Kelly WD, Lillechi RC, Aust JB, et al: Kidney transplantation: Experience at University of Minnesota Hospital. *Surgery* 1967;62:704-720.
- Larrson L, Aperia A, Wilton P: Effect of normal development on compensatory renal growth. *Kidney Int* 1980;18:29-35.
- Lippman H, Jacoby K, McFarlin L, et al: Surgical complication in 50 adult renal transplant recipients of single kidneys from cadaveric donors aged 11 to 48 months. *Clin Transplant* 1992;6:350.
- Memel DS, Dodd GD, Shah AN, et al: Imaging of en-bloc renal transplants. *AJR* 1993;160:75-81.
- Merkel FK, Matalon TA, Brunner MC, Patel SK, Siliunas DA: Short and long-term results with en bloc transplantation of pediatric kidneys into adults. *Transplant Proc* 1993;25:2167-2169.
- Nghiem DD: Enbloc transplantation of kidneys from donors weighing less than 15 Kg into adult recipients. *J Urol* 1991; 145:14-16.
- Nghiem DD, Hsia S, Sclosser: Growth and function of en bloc infant kidney transplants-a preliminary study. *J Urol* 1995;153:326-329.
- Portoles J, Marganes A, Prats D, et al: Double renal transplant from infant donors. *Transplantation* 1996;61:37-40.
- Ratner LE, Flye MW: Successful transplantation of cadaveric en bloc paired pediatric kidneys into adults recipients. *Transplantation* 1991;51:273-275.
- Rigotti P, Flechner SM, Van Buren CT, Payne WT, Kahan: Increased incidence of renal allograft thrombosis under cyclosporine immunosuppression. *Int Surg* 1986;71:38-41.
- Salvatierra O, Belzer FO: Pediatric cadaver kidneys. Their use in renal transplantation. *Arch Surg* 1975;110: 181-193.
- Silber SJ: Growth of baby kidneys transplanted into adults. *Arch Surg* 1976;

- 111:75-77.
- Spees Ek, Clark GB, Smith MT: Are anencephalic neonates suitable as kidney and pancreas donors? *Transplant Proc* 1984;1:57-60.
- Speybroeck J, Feduska N, Amend W, et al: Influence of donor age on graft survival. *Am J Surg* 1979;137:374-377.
- Satterthwaite R, Aswad S, Victor S, Shi-
dban H, Mendez RG, et al : Outcome of en bloc and singe kidney transplantation from very young cadaveric donors. *Transplantation* 1997;63:1405-1410.
- Wengerter K, Matas AJ, Tellis VA, Quinn T, Soberman R, Veith FJ: Transplantation of pediatric donor kidneys to adult recipients. Is there a critical donor age? *Ann Surg* 1986;204 :172-175.