

# 공여자 확대를 위한 심정지 후 공여자의 이용

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 이식외과

김종만 · 김성주

## The Use of Non-Heart Beating Donors to Expand the Donor Pool

Jong Man Kim, M.D. and Sung Joo Kim, M.D.

Department of Surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

There is a persistent shortage of allografts available for transplantation, so we envisioned using non-heart beating donation to expand the donor pool. Non-heart beating donors (NHBD) were categorized using four definitions. Controlled donors, consisting of categories III and IV, are the most suitable for NHBD. Delayed graft function is associated with the use of kidneys from such donors, but had no difference on graft survival in the long-term results compared with heart beating donors. The proportion of NHBD of deceased donors differs considerably among countries, but national programs in many nations have now been initiated to increase the rate of non-heart beating donation. In most cases, the organs from NHBD are not available for transplantation in Korea because of legal restrictions. The use of controlled NHBD is encouraged to expand available allografts in Korea, due to the shortage of such allografts

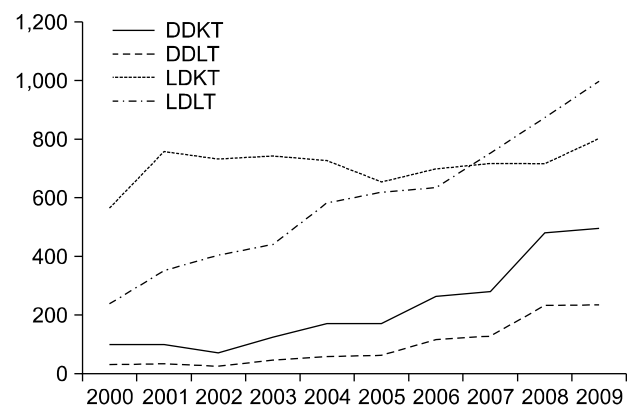
**Key Words:** Deceased donor, Delayed graft function, Graft survival, Maastricht classification, Non-heart beating donor, Primary non-function, Warm ischemic time

**중심 단어:** 뇌사 기증자, 지연성 이식편 기능, 이식편 생존율, Maastricht 분류, 심정지 후 공여자, 원발성 기능장애, 온혈필혈시간

### 서 론

장기이식에서 가장 큰 문제는 이식을 받아야 할 환자는 지속적으로 증가하나 이식할 수 있는 뇌사자의 장기는 매우 부족한 점이다. 그래서 생체 간이식 및 생체 신장이식이 활성화되었고 유럽이나 미국에 비해 뇌사자 장기기증이 활성화되어 있지 않은 일본, 우리나라의 경우 생체 부분 간이식이 전체 간이식에서 많은 빈도를 차지하고 있다(Fig. 1). 그러나, 생체 신이식 또는 생체 부분 간이식으로는 이식이 필요한 환자들에게 한계가 있다. 최근 들어 장기기증할 수 있는 장기 수를 늘리기 위해서 뇌사자 이식할 때 marginal donor 또는 심정지 후 공여자(non-heart beating donor, NHBD)에 대해서 관심을 갖게 되었다.

심정지 후 공여(non-heart beating donation or deceased cardiac death)의 정의는 심장이 멈춰서 사망한 환자로부터 이식을 위해 장기를 적출하는 것을 말한다. Non-heart beating donation은 유럽에서 사용되는 단어



**Fig. 1.** The number of kidney and liver transplantation in Korea. Abbreviations: DDKT, deceased donor kidney transplantation; DDLT, deceased donor liver transplantation; LDKT, living donor kidney transplantation; LDLT, living donor liver transplantation. Adapted from reference [23].

책임저자 : 김성주, 서울시 강남구 일원동 50번지  
성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 이식외과, 135-710  
Tel: 02-3410-3476, Fax: 02-3410-0040  
E-mail: kmhyj111@skku.edu

접수일 : 2010년 9월 9일, 게재승인일 : 2010년 9월 10일

이며 미국, 캐나다에서는 donation after cardiac death (DCD)라고 표현되고 있다(1).

심정지 후 공여는 새로운 개념이 아니어서 뇌사로 인한 장기기증이 있기 이전인 1960년 초반에 이미 심장이 멈춘 공여자에게서 신장을 적출해서 이식을 하고 있었다. Harvard University에서 비가역적인 혼수(coma)에 대한 환자에 대해서 뇌사상태를 정의하였고 이후 뇌사자에게서 장기 적출을 하였다(2). 뇌사자의 장기이식의 가장 큰 특징은 심박동이 있어서 장기를 적출하기까지 더욱 많은 시간을 갖고 여유 있게 진행할 수 있었고 온혈 펌프혈시간(warm ischemic time)을 줄여주고 이식을 하기 시작하는 병원이 증가하였다(3). 이로 인해 이식에 대한 방법들이 표준화되었고 이식된 장기의 질이 향상되면서 이식장기의 생존율(graft survival) 및 환자 생존율이 증가하였다.

## 심정지 후 공여자의 분류

심정지 후 공여자로 적당한 환자들은 40분 이하의 심장 및 혈액 순환정지가 있었고 나이는 16~60세이며 후천성 면역결핍증 바이러스(human immunodeficiency virus, HIV) 또는 B형 간염(hepatitis B virus, HBV), C형 간염(hepatitis C virus, HCV)의 없고 다른 세균 및 바이러스의 심각한 감염증 및 패혈증이 없어야 하며 상습적인 약물중독을 하지 말아야 한다. 그리고, 1차적인 신장질환, 조절되지 않았던 고혈압, 합병증을 동반한 제1형 당뇨병(insulin dependent diabetes mellitus, IDDM)이며 악성종양이 없고 혈관 내 응고장애의 징후가 없어야 한다(4).

1995년 심정지 후 공여에 대한 모임이 Maastricht에서 열렸고 심정지 후 공여자에 대한 4개 범주를 분류하였고 공여자 관리에 대해서 규정하였다(5). 심정지 후 공여는 크게 controlled와 uncontrolled로 나누어진다(Table 1). Controlled donor는 인위적으로 호흡기 및 혈액순환의 지지 치료를 중지하는 것을 말하며 uncontrolled donor는 예상치 않은 심폐정지 또는 심폐소생술로 회복되지

못한 경우를 말한다(6,7).

Uncontrolled donor는 Maastricht 범주 I, II과 해당되며 Maastricht 범주 I은 사고나 자살 등의 사유로 사망한 상태로 발견되어 응급실에 내원한 경우를 말하며 1차적인 온혈펌프혈시간을 알 수 없기 때문에 장기기증에 부적합하며 범주 II는 응급실이나 일반병실에서 심폐소생술로 회복되지 않은 환자들에게서 장기기증을 하는 경우를 말한다. 범주 III, IV에 비해 잠재적으로 이용가능한 환자 비율이 많다(8). Maastricht 범주 III, IV는 controlled donor로 범주 III은 뇌사가 아닌 식물인간으로 중환자실에서 치료를 받고 있다가 점차 죽어가고 있는 환자 또는 뇌출혈같은 비가역적인 뇌손상을 받고 뇌사판정의 기준에 미달하는 환자에 대해서 가족의 장기기증 동의 아래 인위적으로 치료를 중지하고 심장이 멈출 때까지 기다렸다가 심장이 멈춘 뒤 장기를 적출을 하는 경우로서 대부분의 범주 III의 환자들은 온혈펌프혈시간을 알 수 있고 다른 범주의 환자들보다 짧아서 대부분의 심정지 후 공여 프로그램은 범주 III의 환자들을 선호한다. 범주 IV는 뇌사 환자에서 장기적출 전 뇌사판정 과정 또는 뇌사판정 후 수술실로 들어가기 전에 예상치 않은 심장정지가 발생해서 응급으로 장기를 적출하는 경우를 말한다(5,9).

## 심정지 후 공여자에 있어 사망시점

심정지 후 공여자의 사망 기준은 깊은 혼수 상태(deep coma), 심박 수가 전혀 없으며, 심전도에서 심장수축부전(asystole) 상태일 때 사망으로 정의한다(4).

Maastricht 범주 III에서 인위적으로 치료를 중단한 뒤 심장이 멈춘 후 바로 장기적출을 하는 것이 아니라, 몇 분 정도 기다리면서 뇌의 혈액순환 부전으로 뇌사상태에 이르게 된 다음 장기적출 수술을 하게 된다. 심장이 멈춘 뒤 기다리는 시간은 여러 의견이 있어서 Maastricht에서는 10분 정도 기다리면서 환자의 뇌사가 확실히 된 다음 장기적출 수술을 해야 한다고 하며 Pittsburgh에서는 2분 정도 기다렸다가 냉각(cooling)을 한다고 한다(8). 2009년에 American Society of Transplant Surgeons (ASTS)에서는 2분 정도 기다리는 것을 제안하였다(6). Maastricht 범주 IV는 뇌사가 의심되어 뇌사자 장기기증을 준비하는 도중에 예상치 않은 심정지가 와서 심박동을 회복시키기 위해서 우선 심폐소생술을 시도하다가 심박동 회복에 실패했을 경우 심정지 후 공여로 전환해서 장기기증을 하는 것을 말한다. 범주 III, IV의 환자들은 모두 신경과적인 질환을 갖고 있으며 수술실에서 심정지가 발생하기를 기다렸다가 심정지 후 몇 분 기다린 다음 개복하여 냉각을 시키

**Table 1.** Maastricht classification of non-heart beating donors

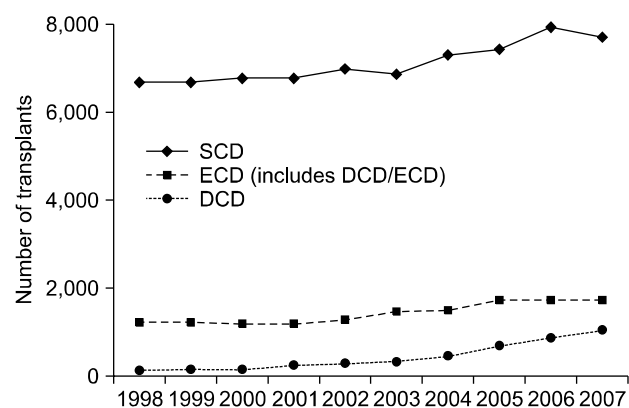
Category	Description	Procurement
I	Dead on arrival	Uncontrolled
II	Unsuccessful resuscitation	Uncontrolled
III	Awaiting cardiac arrest	Controlled
IV	Cardiac arrest while brain dead	Controlled

Adapted from Table 1 of reference [5].

는데 이 때 1차적인 온혈핍혈시간을 최대한 짧게 하는 것이 중요하다.

## 심정지 후 공여의 추세

현재, 미국에서 장기기증에 따른 이식 환자 수를 보면 2008년에 심정지 후 공여자로부터 장기를 이식받은 환자



**Fig. 2.** Transplant numbers by donation type. Abbreviations: SCD, standard criteria donor; ECD, extended criteria donor; DCD, deceased cardiac death donor. Reprinted from Fig. III-3 of reference [10].

수가 전체 이식 환자 수의 11%를 차지하고 있으며 1998년부터 2007년까지 연도별로 장기기증 방법에 따른 이식 환자 수를 조사해 보면 standard criteria donor (SCD)는 15%, extended criteria donor (ECD) 49%, 심정지 후 공여자 929%로 심정지 후 공여자가 급격히 증가함을 알 수 있다(Fig. 2) (10). 미국을 제외한 다른 나라들을 살펴보면 뇌사자 중에서 심정지 후 공여자의 빈도는 일본 93.%, 오스트리아 17.0%, 스페인 6.7%, 네덜란드 47.4%, 영국 33.9%로 많은 나라에서 심정지 후 공여자가 차지하는 비중이 크다는 사실을 알 수 있었다(Table 2) (11).

**Table 2.** International organ donation and transplantation

	Total deceased donors	Non-heart beating donors
Australia	247	42 (17.0%)
Brazil	1,658	0
Germany	1,217	0
Italy	1,272	2 (0.1%)
Japan	105	98 (93.3%)
Spain	1,606	108 (6.7%)
Netherlands (2005)	399	189 (47.4%)
UK	931	316 (33.9%)

Adapted from reference [11].

**Table 3.** Studies on non-heart beating donation and heart beating donation

Study	Donor type	PNF (%)	DGF (%)	Graft survival at 1 year (%)	Graft survival at 5 years (%)	Reference No.
Case-controlled studies						
Wijnen (1995)	NHB	14	60	73	54	(24)
	HB	8	35	73	55	
Metcalf (2001)	NHB	7	73	81	73	(25)
	HB	4	15	86	65	
Weber (2002)	NHB	6	48	92	84	(26)
	HB	5	24	91	83	
Gok (2002)	NHB	9	86	90	-	(27)
	HB	2	39	91		
Sudhindran (2003)	NHB	0	50	84	74	(28)
	HB	2	17	89	80	
Wells (2009)	NHB	5,8	64,4	90,0	78,3	(29)
	HB	1,9	28,8	94,9	80,7	
Cohort studies						
Cho (1998)	NHB	4	48	83	-	(16)
	HB	1	22	86		
Nicholson (2000)	NHB	7,0	93,5		79	(30)
	HB	2,7	23,7	-	75	
Akoh (2009)	NHB	0	44	88	-	(21)
	HB	11,7	14	93		

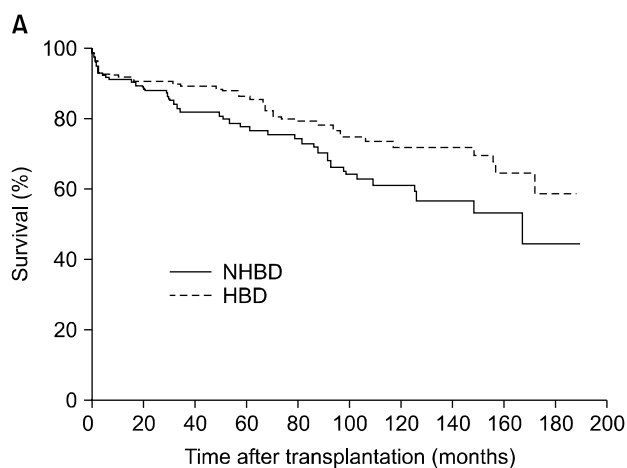
Abbreviations: PNF, primary non-function; DGF, delayed graft function; NHB, non-heart beating donation; HB, heart beating donation.

## 심정지 후 공여의 결과

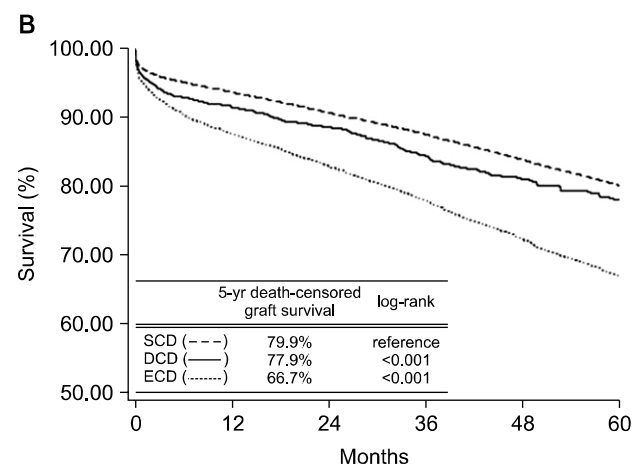
Maastricht 분류에 따른 결과를 보면 범주 II, III이 범주 IV 보다 1차적인 온혈필혈시간이 길었으며 지연성 이식편 기능(delayed graft function)의 발생은 범주 II, III이 83.8%, 67.4%이며 범주 IV는 0%였으며( $P < 0.001$ ) 원발성 기능장애(primary non-function)는 범주 II, III이 13.5%, 2.2%였고 범주 IV는 0%였다( $P < 0.001$ ). 그러나 1년 이식편 생존율과 1년 환자 생존율(patient survival)은 범주 II, III, IV에서 각각 83.9%, 92.5%, 100%로 차이가 없었다. 심정지 후 공여자의 신장을 이식받은 환자들의 혈청 크레아틴(serum creatinine), 사구체 여과율(glomerular filtration rate, GFR)을 조사한 결과는 범주 II의 심정지 후 공여자에게 받은 신장이식 환자의 초기 이식 신장의 기능이 범주 IV의 심정지 후 공여자로부터 받은 신장이식 환자의 이식신장의 기능보다 좋지 않았으나 이식 후 3개월 후 신장의 기능은 거의 같았다(12).

심정지 후 공여자 그룹과 심박동이 있는 공여자 그룹(heart beating donor, HBD)의 결과를 비교한 많은 연구가 있다(Table 3). 두 그룹의 환자들의 결과를 비교하면 지연성 이식편 기능은 심정지 후 공여자 그룹에서 더 많이 발생하였지만 1년, 5년 이식편 생존율에 차이가 없었다. 그러나, Netherland에서 시행한 전향적 연구에서는 3개월, 12개월 이식편 생존율을 비교했는데 심정지 후 공여자 그룹이 85.0%, 83% 그리고 심박동이 있는 공여자 그룹이 93.7%, 92%로 이식 후 1년 이내에 심정지 후 공여자의 신장을 이식받은 환자들의 이식편 손실(graft fail-

ure)의 위험요소로 고려되며 특히, 온혈필혈시간이 30분 이상 지속되었을 때 초기 이식편 손실과 관련이 있다고 하였다(13). 스페인에서도 지연성 이식편 기능이 심정지 후 공여자 그룹에서 58.8%가 발생하였고 심박동이 있던 공여자 그룹이 28.9%로 심정지 후 공여자 그룹에서 더 많이 발생하였으며( $P < 0.0001$ ) 이식 후 3개월, 12개월 혈청 크레아틴(serum creatinine)을 비교해도 심정지 후 공여자 그룹이  $1.66 \pm 0.66$ ,  $1.62 \pm 0.64$ , 심박동이 있는 공여자 그룹이  $1.42 \pm 0.45$ ,  $1.45 \pm 0.59$ 로 더 높았다( $P = 0.01$ : 3개월,  $P = 0.07$ : 12개월). 그러나, 2년, 4년, 6년의 이식편 생존율은 심정지 후 공여자 그룹이 97%, 95%, 84%였고 심박동이 있는 공여자 그룹은 97%, 90%, 84%로 장기간의 결과에는 차이가 없었다. 그래서 지연성 이식편 기능은 심박동이 있는 공여자 그룹에서는 이식편 생존율의 위험요소이나 심정지 후 공여자 그룹에서는 위험요소가 아님을 알 수 있었다(14). 일본에서의 심정지 후 공여자 그룹의 장기간의 결과도 다른 나라의 결과와 비슷해서 1년, 5년, 10년의 이식편 생존율은 87%, 69%, 53%로 발표하면서 심정지 후 공여자의 이식편 생존율의 위험요소는 공여자의 나이가 55세 이상, 급성거부반응의 발생, 이식 후 고혈압, 당뇨가 장기간의 장기 생존율에 위험요소라고 하였다(15). 이러한 연구 결과를 정리하면 심정지 후 공여자 그룹과 심박동이 있는 공여자 그룹으로부터 신장이식을 받은 환자들의 장기간의 결과는 비슷하나 단기간의 결과는 심정지 후 공여자의 신장이식을 받은 환자들에게서 원발성 기능장애(primary non-function)와 지연성 이식편 기능이 더 자주 발생해서 나쁜 결과를 보여주고 있



Reprinted from Fig. 2 of reference [19].



Reprinted from Fig. 1 of reference [20].

**Fig. 3.** (A) Long-term outcome for deceased donor by donor type, (B) The graft survival rate by donor type.

Abbreviations: NHBD, non-heart beating donor; HBD, heart beating donor; SCD, standard criteria donor; ECD, extended criteria donor; DCD, deceased cardiac death donor.

다(16-18).

최근 2009년에 발표된 연구에서는 이식 후 15년까지 장기기간의 이식편 생존율을 비교했을 때에도 심정지 후 공여자 그룹이 44.2% 그리고 심박동이 있는 공여자 그룹이 58.5%로 거의 동등함을 보여주었다(Fig. 3) (19,20). United Network for Organ Sharing (UNOS) 자료를 보면 심정지 후 공여자의 장기를 이식받은 환자들이 ECD의 장기를 이식받은 환자들보다 이식편 생존율이 더 높음을 알 수 있었다. 그리고, 50세 이하의 심정지 후 공여자의 신장을 이식받은 환자들의 장기기간의 결과는 SCD의 장기를 이식받은 환자들의 결과와 비슷하였다(relative risk (RR) 1.1,  $P$ =Not significant). 자연성 이식편 기능은 SCD, ECD에서 신장을 이식받았던 환자들보다 심정지 후 공여자의 신장을 이식받은 환자들에게서 더 많이 발생하였으나 50세 이하의 심정지 후 공여자에서 냉혈핍혈시간(cold ischemic time)을 12시간 이내로 한다면 자연성 이식편 기능을 15% 감소시킨다고 하면서 50세 이하의 심정지 후 공여자는 신장 기능은 SCD 신장의 기능과 비슷해서 marginal donor 또는 ECD로 간주하면 안 된다고 주장하였다(20).

Controlled 심정지 후 공여자와 심박동이 있는 공여자의 신장을 이식 한 후 혈청 크레아티닌과 사구체 여과율을 비교해보면 Akoh 등(21)은 이식 후 3개월, 6개월, 12개월의 혈청 크레아티닌이 차이가 없음을 보여주었고 Chapman 등(22)은 이식 후 1년, 2년, 3년, 4년, 5년에 대한 사구체 여과율을 비교해서 차이가 없다고 하였다.

## 우리나라의 심정지 후 공여

우리나라에서 고휘장기를 기다리는 환자들은 2004년 이후 계속해서 급격히 증가하는 상황으로 2009년에 간, 신장이식을 기다리는 환자들은 각각 3,501명, 8,488명이다. 그러나, 뇌사자의 수는 2005년 전까지는 100명 미만이었으나 그 이후 급격히 증가했으나 2009년 뇌사자 기증자가 261명으로 이식을 기다리는 환자 수에 비해 매우 부족한 상황이다. 생체 신장이식의 경우 매년 600~800명 정도 이식을 받고 있으며 더 이상의 증가는 없으며 생체 분할 간이식은 매년 급격히 증가해서 우리나라에서 2009년에 995명이 생체 분할 간이식을 받았다(Fig. 4) (23). 이러한 상황에서 뇌사자 장기이식을 위해서 장기의 공급을 조금이라도 증가시키기 위해 심정지 후 공여에 관심을 갖게 되었고 현재 우리나라에서 시행한 심정지 후 공여자의 장기이식은 2006년 1명에 대해서 진행하였고 점차 증가해서 2009년에 8명으로 2009년 전체 뇌사자에서 3.1% (8/261)를 차지하고 있다. 대부분 Maastricht

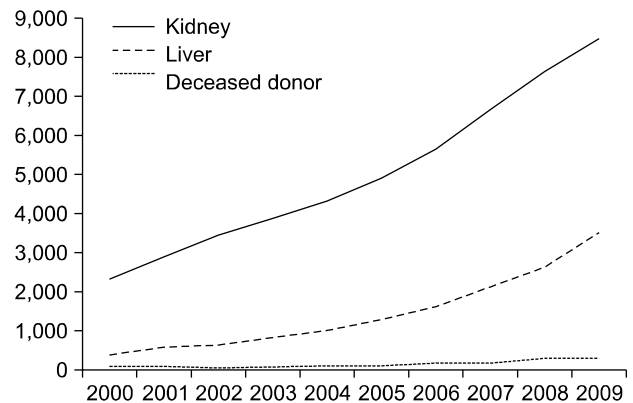


Fig. 4. Waiting lists and the number of deceased donor in Korea. Adapted from reference [23].

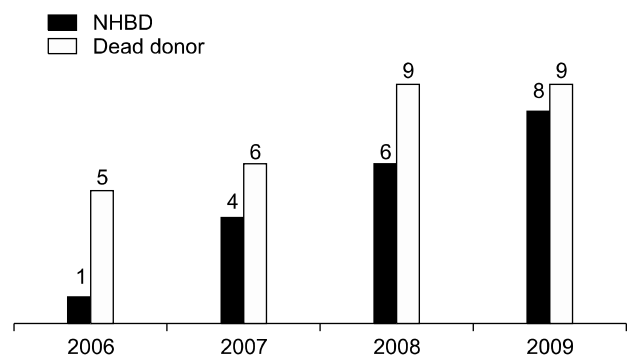


Fig. 5. The number of non-heart beating donation (NHBD) and dead donor for evaluating brain death between 2006 and 2009.

범주 IV에 해당 하는 환자들이었다. 최근, 뇌사자 발굴에 적극적으로 활동하면서 뇌사 의심되어 뇌사판정 과정 중에 사망하는 환자도 점차 많아져서 2008년, 2009년에 우리나라에서 각각 9명으로 이러한 환자들 심정지 후 공여자로 진행했다면 이식을 받을 수 있는 환자가 조금이라도 증가할 수 있을 것이다(Fig. 5).

일본이나 유럽에서는 Maastricht 범주 II, III에 해당하는 심정지 후 공여자도 활발히 진행되고 있다. 그러나, 우리나라에서는 범주 III에 해당하는 환자들에 대해서는 장기기증을 위한 방법이 현행법상 불가능하고 윤리적인 측면에서도 문제가 있다. 범주 II에 해당하는 환자들도 심폐소생술 후 사망시점을 어떻게 정의할지 모르고 보호자들에게 의료진이 최선의 치료를 하지 않는다는 의구심을 줄 수 있다.

## 삼성서울병원의 경험

삼성서울병원에서 시행한 심정지 후 공여는 모두 잠재 뇌사자로 장기기증을 위한 뇌사자 검사 도중에 심정지가

와서 진행되었던 경우로 이들은 모두 1차 판정에서 뇌사 판정을 받고 2차 판정을 기다리는 도중에 심정지가 발생한 Maastricht 범주 IV에 해당하는 심정지 후 공여자였다. 뇌사판정을 받지 못하고 뇌사자 의심상황에서 장기적출을 하는 점에 대해서 법적인 문제가 있으나 수술실에서 심정지 후 환자가 사망한 상태를 확인한 후 국립장기이식관리센터(Korean Network for Organ Sharing, KONOS)에서 승인을 받은 후 장기적출을 하고 있다.

심정지 후 공여자는 2000년 이전에 3명이 있어서 6명에게 신장이식을 진행하였고 2006년에 1명, 2007년 3명, 2008년 3명, 2009년 7명으로 총 17명의 심정지 후 공여자가 있었다. 그러나, 2006년부터 보면 28명에게 신장이식이 가능했으나 장기적출 후 장기의 상태가 좋지 않아서 이식을 포기한 장기를 제외하면 18명(64.5%)에게 신장이식을 하였다(Fig. 6).

심정지 후 공여자와 뇌사자 중에서 SCD와 ECD로부터

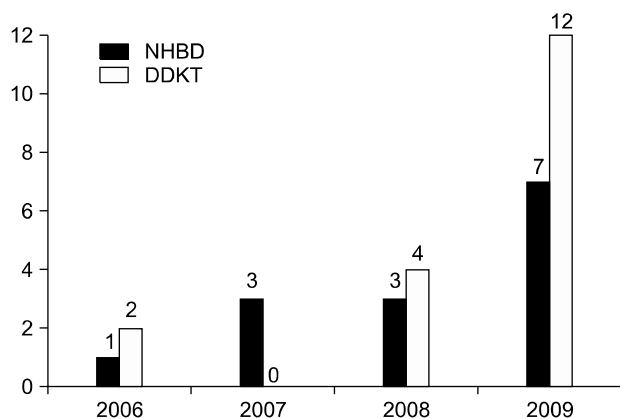


Fig. 6. Non-heart beating donation (NHBD) at Samsung Medical Center.

Abbreviation: DDKT, deceased donor kidney transplantation.

장기이식을 받은 환자들을 비교했다. 심정지 후 공여자에 있어서 심장수축부전을 기준으로 한 1차적인 온혈필혈시간은 평균 59.7분이었으며 냉혈필혈시간이 평균 506분으로 다른 환자들보다 더 길었다( $P < 0.001$ ). 냉혈필혈시간이 길었던 이유는 1차 판정 후 2차 판정이 있기 전에 급히 장기적출이 이루어져서 이식을 받아야 할 수혜자가 병원에 도착해서 수술실까지 들어가는 시간이 일반적인 뇌사자의 장기를 이식받는 수혜자들보다 많은 시간이 소모되었기 때문이다. 수술 후 입원기간이 길었으나( $P = 0.003$ ) 지연성 이식편 기능이나 원발성 기능장애의 비율은 차이가 없었다( $P = 0.310$  그리고  $P = 0.603$ ). 이식 후 1년 이내에 혈청 크레아틴의 변화를 보면 심정지 후 공여자에게 이식을 받은 환자들의 혈청 크레아틴이 ECD로부터 이식을 받은 환자들보다 더 낮다는 사실을 알 수 있었다(Fig. 7). 그러나, 이식편 생존율을 보면 SCD, ECD에 비해 낮지 않음을 알 수 있었다( $P = 0.737$ ). 간이식도 2009년에 2명에게 심정지 후 공여자에게서 적출한 간을 이식하였고 수술 후 지금까지 합병증이나 사망은 발생하지 않았다.

## 결론

이식을 받아야 할 환자들은 계속해서 증가하는데 비해 뇌사자는 매우 부족한 우리나라 현실에서 장기기증자의 범위를 확대해야 하고 그런 의미로 장기기증을 위한 뇌사자 검사 도중 사망하는 Maastricht 범주 IV에 해당하는 환자들에 대해서 장기기증을 포기할 것이 아니라 심정지 후 공여자로 전환해서 적극적으로 장기기증자의 범위를 확대해야 할 것이다. 또한, 범주 II, III의 공여자들도 장기기증을 위해 적극적으로 활용해야 하는데, 아직까지 우리나라에서 심정지 후 공여에 대한 프로그램은 조심스러운 접근이 필요하다.

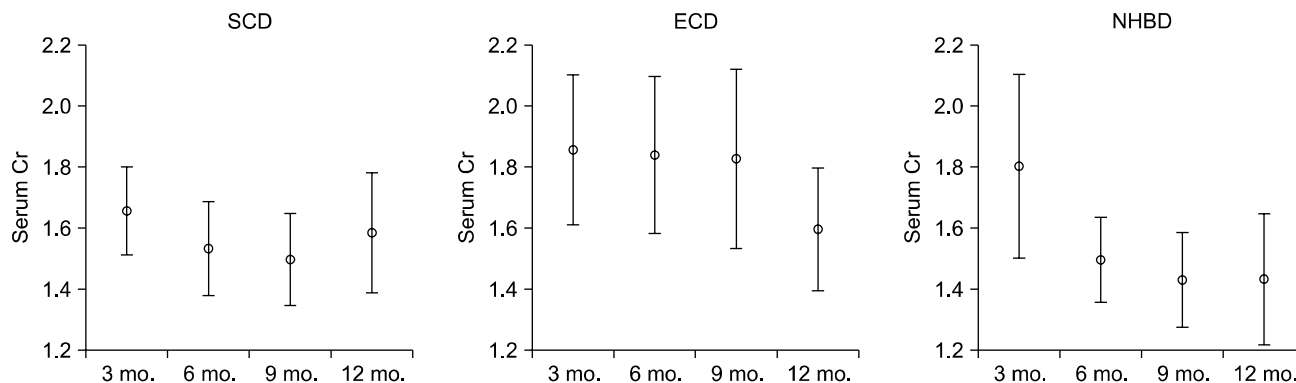


Fig. 7. Serum creatinine levels by donor type at Samsung Medical Center (means, 95% confidence intervals) ( $P < 0.05$ ).

Abbreviations: SCD, standard criteria don; ECD, extended criteria donor; NHBD, non-heart beating donor.

앞으로 학회, 사회의 여러 단체, 그리고 정부가 사회적 인 합의를 위해 노력하고 이식학회에서 심정지 후 공여에 대한 심포지움 및 표준화된 원칙을 정리할 필요가 있다.

## REFERENCES

- 1) Kootstra G, van Heurn E. Non-heartbeating donation of kidneys for transplantation. *Nat Clin Pract Nephrol* 2007; 3:154-63.
- 2) A definition of irreversible coma. Report of the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to Examine the Definition of Brain Death. *JAMA* 1968;205:337-40.
- 3) Brasile L, Stubenitsky B, Booster M, Kootstra G. The cadaveric kidney and the organ shortage-a perspective review. *Clin Transplant* 2001;15:369-74.
- 4) Brook NR, White SA, Waller JR, Veitch PS, Nicholson ML. Non-heart beating donor kidneys with delayed graft function have superior graft survival compared with conventional heart-beating donor kidneys that develop delayed graft function. *Am J Transplant* 2003;3:614-8.
- 5) Kootstra G, Daemen JH, Oomen AP. Categories of non-heart-beating donors. *Transplant Proc* 1995;27:2893-4.
- 6) Reich DJ, Mulligan DC, Abt PL, Pruett TL, Abecassis MM, D'Alessandro A, et al. ASTS recommended practice guidelines for controlled donation after cardiac death organ procurement and transplantation. *Am J Transplant* 2009;9:2004-11.
- 7) Hoogland ER, Snoeijis MG, van Heurn LW. DCD kidney transplantation: results and measures to improve outcome. *Curr Opin Organ Transplant* 2010;15:177-82.
- 8) Moers C, Leuvenink HG, Ploeg RJ. Non-heart beating organ donation: overview and future perspectives. *Transpl Int* 2007;20:567-75.
- 9) Kim YH. Renal transplantation from non-heart beating donors: a promising alternative to enlarge the donor pool. *J Korean Soc Transplant* 2007;21:4-8. (김영훈. 심정지 공여자로부터의 신장이식: 공여자 부족에 대한 새로운 해결책. 대한이식학회지 2007;21:4-8.)
- 10) The U.S. Organ Procurement and Transplantation Network and the Scientific Registry of Transplant Recipients (OPTN/SRTR). Annual Report [Internet]. Washington, D.C. USA: the Department of Health and Human Services; 2008 [cited 2010 Aug 31]. Available from: <http://optn.transplant.hrsa.gov/data/annualReport.asp>.
- 11) van Gelder F, Manyalich M, Nanni Costa Alessandro, Paez Gloria. 2009 international donation and transplantation activity. IRODaT preliminary data. *Organs Tissue Cells* 2010;13:5-8.
- 12) Gok MA, Asher JF, Shenton BK, Rix D, Soomro NA, Jaques BC, et al. Graft function after kidney transplantation from non-heartbeating donors according to maastricht category. *J Urol* 2004;172:2331-4.
- 13) Keizer KM, de Fijter JW, Haase-Kromwijk BJ, Weimar W. Non-heart-beating donor kidneys in the Netherlands: allocation and outcome of transplantation. *Transplantation* 2005;79:1195-9.
- 14) Sánchez-Fructuoso A, Prats Sánchez D, Marqués Vidas M, López De Novales E, Barrientos Guzmán A. Non-heart beating donors. *Nephrol Dial Transplant* 2004;19 Suppl 3:iii26-31.
- 15) Hattori R, Ono Y, Yoshimura N, Hoshinaga K, Nishioka T, Ishibashi M, et al. Long-term outcome of kidney transplant using non-heart-beating donor: multicenter analysis of factors affecting graft survival. *Clin Transplant* 2003;17: 518-21.
- 16) Cho YW, Terasaki PI, Cecka JM, Gjertson DW. Transplantation of kidneys from donors whose hearts have stopped beating. *N Engl J Med* 1998;338:221-5.
- 17) Koffman G, Gambaro G. Renal transplantation from non-heart-beating donors: a review of the European experience. *J Nephrol* 2003;16:334-41.
- 18) Thomas I, Caborn S, Manara AR. Experiences in the development of non-heart beating organ donation scheme in a regional neurosciences intensive care unit. *Br J Anaesth* 2008;100:820-6.
- 19) Barlow AD, Metcalfe MS, Johari Y, Elwell R, Veitch PS, Nicholson ML. Case-matched comparison of long-term results of non-heart beating and heart-beating donor renal transplants. *Br J Surg* 2009;96:685-91.
- 20) Locke JE, Segev DL, Warren DS, Dominici F, Simpkins CE, Montgomery RA. Outcomes of kidneys from donors after cardiac death: implications for allocation and preservation. *Am J Transplant* 2007;7:1797-807.
- 21) Akoh JA, Denton MD, Bradshaw SB, Rana TA, Walker MB. Early results of a controlled non-heart-beating kidney donor programme. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24: 1992-6.
- 22) Chapman J, Bock A, Dussol B, Fritsche L, Kliem V, Lebranchu Y, et al. Follow-up after renal transplantation with organs from donors after cardiac death. *Transpl Int* 2006;19:715-9.
- 23) Korean Network for Organ Sharing (KONOS). Annual Data Report [Internet]. Seoul: KONOS; 2010. [cited 2010 Aug 31]. Available from: [http://www.konos.go.kr/jsp/front/m05/sub\\_01.jsp](http://www.konos.go.kr/jsp/front/m05/sub_01.jsp).
- 24) Wijnen RM, Booster MH, Stubenitsky BM, de Boer J, Heineman E, Kootstra G. Outcome of transplantation of non-heart-beating donor kidneys. *Lancet* 1995;345:1067-70.
- 25) Metcalfe MS, Butterworth PC, White SA, Saunders RN, Murphy GJ, Taub N, et al. A case-control comparison of the results of renal transplantation from heart-beating and non-heart-beating donors. *Transplantation* 2001;71: 1556-9.
- 26) Weber M, Dindo D, Demartines N, Ambuhl PM, Clavien PA. Kidney transplantation from donors without a heartbeat. *N Engl J Med* 2002;347:248-55.
- 27) Gok MA, Buckley PE, Shenton BK, Balupuri S, El-Sheikh MA, Robertson H, et al. Long-term renal function in kidneys from non-heart-beating donors: a single-

- center experience. *Transplantation* 2002;74:664-9.
- 28) Sudhindran S, Pettigrew GJ, Drain A, Shrotri M, Watson CJ, Jamieson NV, et al. Outcome of transplantation using kidneys from controlled (Maastricht category 3) non-heart-beating donors. *Clin Transplant* 2003;17:93-100.
- 29) Wells AC, Rushworth L, Thiru S, Sharples L, Watson CJ, Bradley JA, et al. Donor kidney disease and transplant outcome for kidneys donated after cardiac death. *Br J Surg* 2009;96:299-304.
- 30) Nicholson ML, Metcalfe MS, White SA, Waller JR, Doughman TM, Horsburgh T, et al. A comparison of the results of renal transplantation from non-heart-beating, conventional cadaveric, and living donors. *Kidney Int* 2000;58:2585-91.
-