

뇌사와 심폐사 그리고 장기이식

부산대학교 의학전문대학원 소아과학교실, 부산대학교 어린이병원 뇌신경클리닉

남 상 옥

= Abstract =

Brain death and organ transplantation

Sang-Ook Nam, M.D.

Division of Neurology, Pusan National University Children's Hospital

Department of Pediatrics, School of Medicine, Pusan National University, Yangsan, Gyeongnam, Korea

Cardiopulmonary arrest has long been accepted as an unquestionable definition of death. An advent of cardiopulmonary resuscitation and artificial ventilation along with the development of organ transplantation has prompted the emergence of the concept of brain death. The criteria for brain death are based mainly on the clinical examination of coma, apnea and total loss of brain stem function. Although organ transplantation by donor brain death has increased in Korea over recent years, there is still a substantial shortage of donor organs compared to the demand. Improvement of government policies and changes of social culture for organ donation are needed for the activation of organ transplantation by donor brain death. Pediatricians have an important role for the search of potential donors in cases of brain death and optimal medical care for successful organ transplantation. (*Korean J Pediatr* 2009;52:856-861)

Key Words : Brain death, Organ transplantation

서 론

사망에 대한 개념은 시대에 따라 많은 변천을 해왔다. 전통적으로는 호흡과 심장이 정지하여 회복되지 않는 것으로 정의하였다. 그러나 심폐소생술 및 인공호흡치료의 발달로 이러한 기준을 적용하기 어려운 환자가 많이 발생하게 되어 뇌사를 사실상의 사망으로 정의하는 움직임이 생겨나게 되었다. 중환자 치료의 발달과 장기이식의 발전으로 인해 회복 불가능한 환자에게 고가의 소모성 진료의 문제성이 제기되고 신속한 뇌사판정의 필요성이 커지면서 뇌사를 실질적인 사망으로 정의하는 움직임이 의학계 뿐 아니라 일반 사회에도 공감대가 형성되어 점차 많은 국가에서 법제화를 하고 있다. 저자는 사망에 대한 정의와 전개과정을 뇌사를 중심으로 알아보고, 뇌사의 판정 및 장기 이식에 대한 문제를 소아청소년과 의사의 입장으로 살펴보고자 한다.

사망에 대한 정의

1. 심폐사

인간과 같이 분화된 다세포생명체에 있어서는 신체의 모든 기관이 유기적으로 협조하여 생명을 유지하고 고도의 생명 활동을 하게 된다. 그러므로 폐, 심장, 뇌, 신장, 간, 소화기, 면역계, 내분비계 중 어느 한 기관의 심각한 손상은 전체 개체의 사망을 초래할 수 있다. 여러 기관 중에서도 중심적인 역할을 하는 것은 폐, 심장과 뇌로서 특히, 폐와 심장의 기능 상실은 급속하게 전체 신체의 비가역적인 손상으로 이어지게 된다. 심폐정지는 객관적으로 명확하고 쉽게 알 수 있어서 예전부터 사망을 판정하는 기준이 되었다. 이 중 호흡정지에 의해 심정지에 이르는 경우를 폐장사(lung death), 심정지에 의해 호흡정지로 진행되는 경우를 심장사(cardiac death)라고 구분한다.

심폐정지 후에도 전신 세포의 사망은 서서히 진행이 되어 24시간이 지난 시점에도 피부, 각막, 동맥, 뼈의 이식이 성공하는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 전체 개체의 사망이라는 의미에서 본다면 엄밀하게는 신체의 모든 세포가 사망(cell death)하는 시점으로 정의하여야 할 것이다. 이 경우 신체가 모두 부패하여야 가능하므로 실제 사망의 판정에 적용하기는 힘들다. 전통적으

Received : 30 June, 2009, Accepted : 17 July, 2009

Address for correspondence : Sang-Ook Nam, M.D., Ph.D.

Department of Pediatrics, School of Medicine, Pusan National University Children's Hospital, Beomeo-Ri, Mulgeum-Eup, Yangsan, Gyeongnam, 626-770, Korea

Tel : +82.55-360-2180, Fax : +82.55-360-2181

E-mail : wearehan@yahoo.co.kr

*This review article was supported by a grant of Free Subject Research Program of Pusan National University.

로 심폐정지를 기준으로 한 사망 관정은 사회적으로 종교적, 윤리적, 법적인 문제없이 자연스럽게 받아들여지고 있다.

그러나 20세기 중반부터 급속하게 발달된 심폐소생술과 인공호흡기 및 심폐우회술의 등장으로 인위적인 심폐기능의 유지가 가능해지면서 심폐정지를 사망으로 간주하는 기존의 개념을 적용하기 힘들게 되었다. 한편 뇌의 심각한 손상이 있는 경우 주체로서의 개체적인 의미를 상실하고 인공적인 심폐기능 유지에도 불구하고 결국 심정지에 이른다든 점에서 뇌기능의 비가역적인 상실을 새로운 사망의 기준으로 판정하고자하는 뇌사의 개념이 대두되게 되었다.

2. 뇌 사

뇌의 사망 과정 또한 한 순간에 일어나는 전체사가 아닌 점진적으로 진행되는 과정으로 이해해야 할 것이다. 그러나 의사는 사회적 법적인 요청으로 사망의 시점을 명확하게 판정해야 하여 이로 인해 여러 가지 논란의 소지가 발생하게 된다.

뇌사는 뇌기능의 비가역적인 정지를 사망의 판단 기준으로 보는 입장이다. 이는 뇌세포가 동시에 모든 기능을 잃었다는 의미가 아니라 생명 유지에 필수적인 뇌의 기능이 비가역적으로 상실되어 필연적으로 사망으로 이어지게 되는 임상적인 상태를 표현하는 것이다. 뇌사는 뇌간사설(腦幹死說), 대뇌사설(大腦死說), 전뇌사설(前腦死說)로 나눌 수 있는데 이 중 전체 뇌가 사망에 이른 상태인 전뇌사설이 세계적인 입법의 경향이며, 우리나라도 전뇌사설의 입장을 천명하고 있다. 주체로서의 개체 상실에 해당하는 대뇌의 비가역적인 손상인 “지속적 식물 상태(persistent vegetative state)”는 인위적인 심폐기능의 보조 치료 없이 장기간 생존할 수 있다는 점에서 뇌사와는 구분된다고 할 것이다 (Table 1). 뇌사 상태에서는 인공호흡, 영양공급, 약물 및 수액 요법을 시행하더라도 대부분 1-2주 사이에 심정지에 이르게 된다.

뇌사 판정의 전개 과정

뇌사의 개념이 현재와 같은 의미로 분명하게 사용된 것은 1959년 프랑스의 Mollaret과 Goulon이 ‘혼수를 넘어선 상태(coma depasse)’라는 용어로 23명의 환자의 임상 상태를 기술하면서 부터이다¹⁾. ‘뇌사(brain death)’라는 용어가 처음 사용된 것은 1965

년 뇌사자로부터 신장이식을 시행한 증례보고에서 비롯되었다²⁾. 이어 1967년 남아프리카 공화국에서 Barnard에 의해 세계 최초로 심장이식이 시행되면서 장기이식과 뇌사의 문제가 활발하게 논의되기 시작하였다.

1968년 8월 미국 하버드 의과대학의 뇌사 정의 특별 위원회 (Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to examine the definition of brain death)에서 ‘비가역적인 혼수(irreversible coma)’라는 용어의 정의로서 1) 모든 외부 자극에 무반응, 2) 1시간 동안 관찰시 자발적인 신체 움직임 부재, 3) 3분간 인공호흡기 제거에도 자발적 호흡 부재, 4) 척수반사를 비롯한 모든 반사의 소실, 5) 평탄한 뇌파의 다섯 가지 구체적인 뇌사의 판정 기준을 제시하였다³⁾. 저체온과 약물중독상태를 제외기준으로 하였고 24시간 후 재확인해야 한다고 하였다. 같은 시기인 1968년 8월 호주 시드니에서 개최된 제22차 세계의사회에서 하버드 기준과 거의 동일한 뇌사판정기준과 함께 뇌사설의 지지하는 시드니 선언이 채택되었다.

1971년 미국 미네소타 대학의 Mohandas와 Chow는 뇌간의 비가역적 손상을 강조하는 새로운 기준을 제창하였다⁴⁾. 1) 원인이 분명하고 회복 불가능한 두개내 병변, 2) 자발적 운동의 소실, 3) 4분간 인공호흡기 제거시에도 자발적 호흡 부재, 4) 모든 뇌간 반사의 소실의 네 가지 기준이 적어도 12시간 이상 지속되어야 한다고 주장하였다. 하버드 기준과 시드니 선언에 비해 무호흡을 더욱 강조하였으며 뇌파검사와 척수반사 소실은 필수적인 것이 아니라고 하였다. 한편 1972년 코넬대학에서 발표한 뇌사판정 기준은 척수반사의 소실은 포함시키지 않았으나 뇌파검사의 평탄 소견을 판정기준에 포함시킴으로써 뇌간 뿐 아니라 대뇌기능을 포함한 전체 뇌의 기능 상실을 강조하고 있다.

1978년 미국연방의회는 대통령 직속 위원회를 설치하도록 하였으며 1981년 이 위원회는 사망의 정의에 대한 연구보고서를 발표하고 미국변호사협회, 미국의사협회, 주법률통일전국회의 등과 협력하여 ‘통일된 사망 판정기준(uniform determination of death act)’을 제시하였다⁵⁾. 이에 따르면 순환 및 호흡기능의 비가역적인 정지 또는 뇌간을 포함한 전체 뇌기능의 비가역적인 중지를 사망으로 판정할 수 있다고 하였다. 1987년 미국소아과학회(American Academy of Pediatrics)는 유소아의 뇌사판정 기준을 제안하였으며⁶⁾, 1995년 미국신경과학회(American Academy

Table 1. Comparison between Persistent Vegetative State and Brain Death

	Persistent vegetative state	Brain death
Involved area	cerebral hemispheres	whole brain including brain stem
Deficient function	memory, thinking, motor, sensory	all brain function except cardiac control
Motor function	limited movement of limbs no locomotion	none to any stimulation
Respiration	able	unable
Digestion	able	unable
Circulatory control	able	unable
Prognosis	survival for months to years or longer	death mostly within 2 weeks
Organ donation	unable	able

of Neurology)에서는 18세 이상 성인에서 실질적인 뇌사판정 기준을 발표하였다⁷⁾. 이후 유럽과 일본, 대만 등 수십 개 국가에서 뇌사판정기준을 발표하거나 뇌사를 법적으로 인정하게 되었다.

우리나라에서는 1983년 대한의사협회 산하의 ‘죽음의 정의 위원회’에서 뇌사판정기준안이 처음으로 만들어졌다. 1988년 3월 김수태 교수가 뇌종양으로 인한 뇌사자 소년으로부터 월슨병 소녀 환자에게 간이식 수술을 최초로 시행하였고, 그해 10월부터 뇌사에 대한 공청회가 시작되었다. 1989년 대한의사협회 산하의 ‘뇌사연구 특별위원회’가 구성되어 사망을 ‘심장 및 호흡기능의 정지 또는 뇌간을 포함한 전뇌기능의 불가역적 소실’이라고 정의하고 뇌사판정기준을 만들어 최초로 뇌사 입법 건의를 하게 되었다. 1993년 3월 대한의사협회에서 ‘뇌사에 관한 선언’을 선포하고 ‘뇌사판정기준 및 뇌사자 장기이식 의료기관 요건’을 제정하였다. 1998년 10월 ‘대한의사협회 뇌사판정 및 뇌사자 장기이식 기준 개정안’을 새로이 확정 발표하였으며⁸⁾, 이 개정안을 바탕으로 1999년 2월 8일 ‘장기 등 이식에 관한 법률’ 제정안이 국회를 통과함으로써 법제화가 되어 2000년부터 시행되기에 이르렀다.

뇌사 판정 기준

각국의 뇌사 판정 기준을 비교해 보면 깊은 무반응 혼수상태, 자발적 호흡 소실, 뇌간반사의 소실의 세 가지 항목은 대부분 공통적이나 무호흡 검사 방법, 뇌파검사상 평탄 뇌파 소견 확인, 뇌사판정을 위한 검사 재확인 시간 간격은 다소 차이를 보인다. 여기서는 우리나라의 뇌사판정기준을 중심으로 살펴보고자 한다 (부록 1).

1. 선행조건

뇌사의 원인으로는 뇌에 일차적 이상이 있는 일차적 뇌병변과 심폐기능을 포함한 전신적 기능의 이상에 의한 이차적 뇌병변으로 나눌 수 있다.

진정제, 마취제, 근육이완제와 같은 약물이나 급성 중독에 의해 뇌사와 비슷한 임상소견을 나타낼 수도 있으므로 배설이 되고 난 후에 시행하는 것이 권장된다. 이 경우 뇌파검사로 대부분 감별할 수 있으며, 평탄뇌파의 소견을 보여 뇌파검사로도 감별이 힘든 경우 청각유발전위검사와 체성감각유발전위검사로 감별이 가능하다.

간성혼수, 요독증, 저혈당, 전해질 장애와 같은 급성 대사 이상의 경우 이를 교정하고 판정하여야 한다. 직장체온 32℃ 이하가 되면 뇌간반사를 억제되고 27℃ 이하에는 사라지게 되므로 정상 체온으로 회복시킨 후 판정을 해야 한다⁹⁾. 쇼크 상태에도 뇌혈류량의 감소로 인해 뇌기능이 저하되어 신빙성이 떨어지므로 뇌사 판정에서 배제해야한다⁵⁾.

2. 통증에 대한 반응

안와 상부나 손톱 하부에 강한 통증 자극을 주어도 근육의 움

직임이 보이지 않아야 한다. 단 deep tendon reflex, superficial abdominal reflex, Babinski reflex, plantar withdrawal reflex, 상지의 신전(extension)과 회내운동(pronation), 팔꿈치의 굴곡(flexion), 어깨의 외전(abduction), 상지거상(arm lifting)을 보이는 Lazarus sign과 같은 척수 반사는 뇌사자의 30-70%에서 관찰될 수 있으므로 뇌사 판정에 영향을 주지 않는다¹⁰⁾.

만약 통증에 대한 반응으로 제뇌강직(decerebrate posturing), 제뇌피질강직(decorticate posturing), 경련발작(seizure)이 나타나면 전뇌사의 상태가 아니므로 뇌사로 판정하지 않는다⁵⁾.

3. 뇌간반사의 소실

뇌사판정을 위한 뇌간반사에는 광반사, 각막반사와 턱반사를 포함한 안면감각과 근육운동, 안구두부반사와 전정안구반사, 구역반사와 기침반사가 있다. 뇌사자에서는 이러한 모든 뇌간반사가 완전히 소실된다.

광반사를 시행할 때는 먼저 atropine 등 동공에 영향을 미칠 수 있는 약제의 사용과 안구부의 외상이나 수술 및 질병 여부를 고려해서 판단한다. 안구두부반사 검사시 경추부 손상여부를 X-ray로 미리 확인해야한다. 전정안구반사 검사시 진정제, 삼환계 항우울제, 항콜린제, 항경련제, aminoglycosides 및 화학요법제는 반사를 억제시킬 수 있으므로¹¹⁾ 이러한 약물 사용여부와 혈병(blood clot)과 이구(cerumen) 등으로 이도가 막혀있는지 여부를 확인하도록 한다. 구역반사는 기도삽관을 한 환자의 경우 시행하기 힘들므로 기관지 흡인으로 기침반사 여부를 확인하도록 한다.

4. 무호흡

무호흡 검사는 연수의 호흡 중추에서 조절하는 자발호흡이 회복가능한지 여부를 판정하는 임상검사이다. 100% O₂ 또는 95% O₂+5% CO₂를 10분간 인공호흡기로 흡입시킨 후 인공호흡기를 제거하고 100% O₂를 기관내관을 통해 6 L/min로 공급하면서 10분 이내에 혈압을 관찰하고 혈액 PaCO₂ 50 torr 이상으로 상승하게 됨을 확인한다. 이 조작으로도 자발호흡이 유발되지 않으면 무호흡 검사는 양성으로 호흡정지가 비가역적이라고 판정한다. 검사가 불충분한 경우나 중단된 경우에는 혈류 검사로 추가 확인해야한다.

무호흡 검사 중 발생할 수 있는 심각한 저혈압과 부정맥을 최소화하기 위해 1) 중심체온 36.5℃ 이상, 2) 검사 전 6시간 동안 체액균형을 균형 또는 양성상태, 3) 수축기 혈압 90 mmHg 이상, 4) PaCO₂ 40 mmHg 이상, 5) PaO₂ normoxemia 또는 200 mmHg 이상을 유지하도록 한다^{6, 7)}.

무호흡검사 중 수축기 혈압 90 mmHg 이하의 심각한 저혈압과 부정맥이 나타나면 즉시 혈액을 채취한 후 호흡기를 연결한다. 검사 결과가 PaCO₂ 50 mmHg 이상 또는 20 mmHg 이상 증가한 경우 무호흡검사 양성으로 판정한다. 만약 PaCO₂ 50 mmHg 이하 또는 20 mmHg 이하 증가한 경우 혈류검사를 시행

한다.

5. 신경학적 진찰의 재판정

뇌사의 판정은 임상적인 진단으로 하는 것이며 반복검사가 필요하다. 생후 2월 이상 1세 미만의 소아는 48시간 후, 1세 이상 6세 미만의 소아는 24시간 후, 6세 이상의 소아청소년 및 성인은 6시간 후 재판정을 한다. 소아는 성인에 비해 뇌손상에 대한 저항성이 크고 회생의 가능성이 높다고 알려져 있으므로 뇌파판정을 위한 재판정의 시간 간격이 길며 최종 판정에 더욱 신중을 기해야 한다. 이와 같은 맥락으로 생후 2월 이내의 경우 신경학적 진찰의 재판정 기준이 없다.

6. 뇌사의 확정검사

우리나라에서는 뇌사의 확정검사로 뇌파를 시행하게 되어있다. 대부분의 뇌사 환자의 뇌파검사는 low frequency filter 0.1 혹은 0.3 Hz, high frequency filter 70 Hz, 민감도 2 μ V/mm로 30분 이상 기록할 때 지속적으로 2 μ V 이하의 평탄뇌파(electrocerebral inactivity, ECI)를 보인다.

만약 환자의 상태 때문에 무호흡 검사를 시행하지 못했거나 무호흡 검사에서 결론을 내리지 못한 경우에는 뇌혈류 검사를 시행하여야 한다¹⁰⁾. 뇌혈류 검사로서는 transcranial Doppler, brain SPECT, cerebral angiography를 시행할 수 있다. 그 외의 아직 많이 사용되지는 않으나 체감각유발전위검사와 청각유발전위검사를 시행할 수 있으며 대부분 뇌사환자에서는 반응이 나타나지 않는다.

장기이식

최근 들어 만성 신부전증, 만성 간질환 등 만성 질환의 증가와 장기이식 수술이 보편화 되면서 장기 이식의 수요가 크게 증가하고 있다. 이에 따라 우리나라도 2002년 2월부터 ‘장기 등 이식에 관한 법률’을 제정하여 시행하고 있다. 그러나 법 시행 이후 엄격한 장기기증절차, 장기구득시스템의 부재, 뇌사자 발굴 의료기관

에 대한 동기부여 부족 등으로 장기기증자수가 급격하게 감소하여 장기수급 불균형이 심화되고 있는 상태이다.

우리나라 장기이식 관리체계는 보건복지부 혈액장기팀이 장기기증 및 이식관리정책 전반을 담당하고 있다. 이를 수행하기 위해 2000년부터 국립의료원 내 국립장기이식관리센터(Korean Network for Organ Sharing, KONOS)를 운영하여 장기기증자 및 이식대기자의 등록업무를 하는 장기이식등록기관, 장기 적출 및 이식업무를 하는 장기이식의료기관, 뇌파판정업무를 하는 뇌사판정의료기관, 상기 일련의 업무를 통합적으로 수행하는 뇌사판정대상자 관리전문기관을 지정, 관리하고 있다.

우리나라의 장기 이식 시행은 2000년 1,361명에서 2008년 2,781건으로 계속 증가하는 추세이다. 과거 생체 이식이 주를 이루던 뇌사자의 장기이식은 2000년대 초반 10~20% 정도를 차지하던 것이 2008년 현재 40%까지 증가하였다. 2008년 통계를 보면 전체 시행된 장기이식 2781건 중 뇌사자의 장기 이식은 모두 1,140건이 시행되었는데 그 중 신장이식(481건, 42%)과 각막이식(306건, 27%), 간이식(233건, 20%)이 주를 이루고 있으며 그 뒤를 심장이식(84건, 7%)과 췌장이식(22건, 2%), 폐이식(14건, 1%)이 뒤따르고 있다. 특히 각막과 심장, 췌장, 폐이식은 모두 뇌사자의 공여에 의해 이루어지고 있다(Table 3).

이와 같이 뇌사자의 장기 공여에 의한 이식이 점차 증가하고 있으나 아직 장기기증문화와 제도가 정착되지 못하여 2008년 현재 고형장기 이식대기자가 10,709명, 각막 이식대기자가 3,659명으로 수요가 공급을 훨씬 초월하고 있는 형편이다. 우리나라의 뇌사장기기증률은 2007년 기준 인구 100만 명당 3.1명으로 미국 26.6명, 영국 13.2명, 프랑스 25.3명, 스페인 34.3명 등 선진국에 비해 크게 저조한 실정이다(Fig. 1). 이는 신체 손상을 꺼리는 유교문화의 영향과 뇌사를 사망으로 받아들이지 못하는 사회적 정서 때문인 것으로 보인다.

향후 장기기증 및 이식 활성화를 위해서는 장기기증문화를 확산시키는 동시에 장기기증자 및 유족에 대한 다양한 지원책을 마련하고 능동적이고 효율적인 뇌사장기기증 및 이식관리체계의 구축이 필요하다.

Table 2. The Number of Brain Death Organ Donors and Organs Transplanted (KONOS)

Year	Brain death	Number of transplantation						Sum
		Kidney	Liver	Pancreas	Heart	Lung	Cornea	
2000	52	100	34	11	12	2	74	233
2001	52	101	37	5	21	0	52	216
2002	36	70	28	8	11	3	47	167
2003	68	124	50	12	15	2	82	285
2004	86	167	64	10	23	4	95	363
2005	91	173	66	12	26	8	115	400
2006	141	263	118	29	29	5	154	598
2007	148	280	128	18	50	17	181	674
2008	256	481	233	22	84	14	306	1,140

Abbreviation : KONOS, Korean network for organ sharing

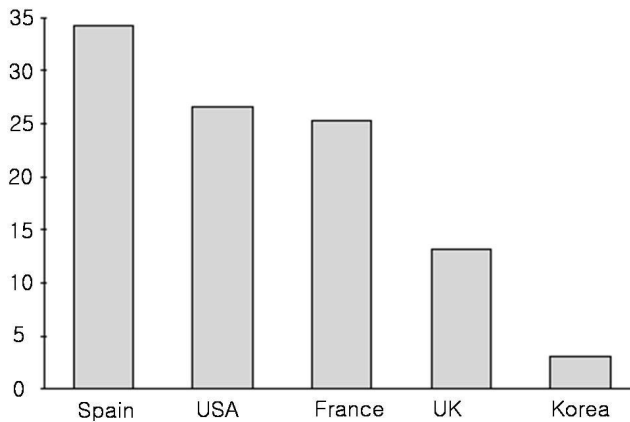


Fig. 1. Organ donation rate of brain death (per million).

소아청소년과 의사의 역할

정부와 사회단체의 노력에 못지않게 환자의 진료를 직접 담당하는 의료인으로서 장기기증의 필요성을 공감하고 뇌사장기기증이 가능한 잠재적인 뇌사자를 적극적으로 찾아내어 장기기증을 할 수 있도록 설득하고 관련기관으로 의뢰하는 역할도 매우 중요할 것이다. 또한 잠재적인 뇌사자의 환자는 집중적인 감시와 체계적인 관리로 각 장기의 적절한 관류를 유지하는 등 최적의 생리학적인 환경을 유지하여 사자를 관정으로 적극장기기증자가 발생하는 경우 성공적으로 장기이식이 이루어질 수 있도록 해야 할 것이다.

결론

과거로부터 자연스럽게 받아들여 오던 심폐정지라는 사망의 개념이 20세기 중반부터 심폐소생술과 인공호흡기의 등장, 장기이식의 보편화라고 하는 의학의 비약적 발전으로 뇌사의 개념이 대두되게 되었다. 뇌사의 판정은 국가에 따라 조금씩 상이하나 통증을 반응이 없는 깊은 혼수상태와 무호흡 그리고 뇌간기능의 소실이라는 세 가지 기준이 공통적으로 적용되고 있다. 현재 국내에서도 뇌사자의 장기공여가 증가하고 있으나 여전히 수요에

비해 공급이 크게 부족한 상태로 향후 장기기증 문화의 정착과 제도적 개선을 통한 장기기증의 활성화가 필요하다. 소아청소년과 의사로서 이에 대한 이해와 공감대를 형성하여 잠재적인 뇌사 장기공여자를 찾고 이들을 최적의 상태로 관리함으로써 장기이식이 필요한 많은 환자들에게 혜택이 주어질 수 있도록 노력해야 할 것이다.

References

- 1) Mollaret P, Goulon M. Le coma depasse. Rev Neurol 1959; 101:3.
- 2) Alexandre GPJ. From the early days of human kidney allotransplantation to prospective xenotransplantation. In: Terasaki PI, ed. History of transplantation: thirty five collections. Los Angeles: University of California Irvine Tissue Typing Laboratory, 1991:337-48.
- 3) Beecher HA. Definition of irreversible coma. Special communication: Report of the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to examine the definition of brain death. JAMA 1968;205:337-40.
- 4) Mohandas A, Chow SN. Brain death: a clinical and pathological study. J Neurosurg 1971;35:211-8.
- 5) Guidelines for the determination of death: Report of the Medical Consultants on the Diagnosis of Death to the President's Commission for the Study of Ethical Problems in Medicine and Biomedical and Behavioral Research. JAMA 1981;246:2184-6.
- 6) American Academy of Pediatrics: Report of special task force: guidelines for the determination of brain death in children. Pediatrics 1987;80:298-300.
- 7) Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology: Practice parameters for determining brain death in adults. Neurology 1995;45:1012-4.
- 8) Regulation of determining and organ donation of brain death. Korean Medical Association, 1998.
- 9) Fischbeck KII, Simon RP. Neurological manifestations of accidental hypothermia. Ann Neurol 1981;10:384-7.
- 10) Wijdicks, Eelco FM. Determining brain death in adults. Neurology 1995;45:1003-11.
- 11) Snively SR, Hodges GT: The neurotoxicity of antibacterial agents. Ann Intern Med 1984;101:92-104.

부록 1. 우리나라의 뇌사 판정 기준 (장기 등 이식에 관한 법률, 1999)**1. 6세 이상인 자에 대한 뇌사판정 기준**

다음의 선행조건 및 판정기준에 모두 적합하여야 한다.

1. 선행 조건

- (1) 원인질환이 확실하고 치료될 가능성이 없는 기질적 뇌병변이 있다.
- (2) 깊은 혼수상태로서 자발호흡이 없고 인공호흡기로 호흡이 유지된다.
- (3) 치료 가능한 약물중독 (마취제 · 수면제 · 진정제 · 근육이완제 또는 독극물 등에 의한 중독)이나 대사성 또는 내분비성 장애 (간성 혼수요독성 혼수 또는 저혈당성 뇌증 등)의 가능성이 없어야 할 것
- (4) 저체온상태 (직장온도가 섭씨 32℃ 이하)가 아니어야 할 것
- (5) 쇼크상태가 아니어야 할 것

2. 판정 기준

- (1) 외부자극에 전혀 반응이 없는 깊은 혼수상태일 것
- (2) 자발호흡이 되살아날 수 없는 상태로 소실되었을 것
- (3) 두 눈의 동공이 확대고정되어 있을 것
- (4) 뇌간반사가 완전히 소실되어 있을 것
다음에 해당하는 반사가 모두 소실 된 것을 말한다.
 - (가) 광반사 (light reflex)
 - (나) 각막반사 (corneal reflex)
 - (다) 안구두부반사 (oculo-cephalic reflex)
 - (라) 전정안구반사 (vestibular-ocular reflex)
 - (마) 모양체척수반사 (cilio-spinal reflex)
 - (바) 구역반사 (gag reflex)
 - (사) 기침반사 (cough reflex)
- (5) 자발운동제뇌간직계피질강직 및 경련 등이 나타나지 아니할 것
- (6) 무호흡 검사 결과 자발호흡이 유발되지 아니하여 자발호흡이 되살아날 수 없다고 판정될 것
무호흡 검사가 불충분하거나 중단된 경우에는 혈류검사로 추가 확인하여야 한다.
- (7) 재확인: (1) 내지 (6)에 의한 판정결과를 6시간이 경과한 후에 재확인하여도 그 결과가 동일할 것
- (8) 뇌파 검사: (7)에 의한 재확인 후 뇌파검사를 실시하여 평탄뇌파가 30분 이상 지속될 것
- (9) 기타 필요하다고 인정되는 대통령령이 정하는 검사에 적합할 것

2. 6세 미만인 소아에 대한 뇌사판정 기준

제1호의 선행조건 및 판정기준에 적합하여야 하되, 연령에 따라 재확인 및 뇌파검사를 다음과 같이 실시한다.

가. 생후 2월 이상 1세 미만인 소아

제1호 나목 (7)에 의한 재확인을 48시간이 경과한 후에 실시하고, 제1호 나목(8)에 의한 뇌파검사를 재확인 전후에 각각 실시한다.

나. 1세 이상 6세 미만인 소아

제1호 나목 (7)에 의한 재확인을 24시간이 경과한 후에 실시한다.