관상동맥질환의 수술적 치료

Surgical Treatment of Coronary Artery Disease

유 경 종
연세의대 영동세브란스병원 흉부외과
서울 강남구 도곡동 146-92
Kyung-Jong Yoo, M.D.
Department of Thoracic Surgery
Yonsei University College of Medicine, Yong-Dong Severance Hospital
E-mail : kjy@yumc.yonsei.ac.kr

Abstract

The main goals of coronary artery bypass grafting (CABG) are to relieve chest pain and to improve quality of life by bypassing all coronary artery segments with severe stenosis. It is a common surgical procedure on the heart. Until recently, most surgeons have used cardiopulmonary bypass (CPB) to provide a motionless and bloodless operation field to accomplish optimal microvascular anastomoses. However, CPB may have adverse sequelae, such as cerebrovascular accident, renal failure, and higher intellectual impairment, because of an inflammatory response caused by the blood circulating through the extracorporeal circuit and the formation of microemboli. In recent years, advances in retractor-stabilizer systems and in operative techniques that allow an access to all coronary artery segments have brought a growing attention to beating heart surgery without CPB (off-pump coronary artery bypass grafting, OPCAB). OPCAB significantly lowers in-hospital morbidity and mortality compared with CABG. Heart failure after myocardial infarction poses a growing medical challenge as the life expectancy continues to increase. Recently it affects 0.4~1% of the overall population and 5% of elderly subjects. Although cardiac transplantation, a gold standard surgery for heart failure, provides excellent therapeutic outcomes in some patients with terminal stage of the disease, the overall outcomes are limited by the scarcity of donor organs, reduced long-term survival, and co-morbid conditions. Recently the efficacies of left ventricular volume reduction surgery, mitral valve repair, and bone marrow cell transplantation in improving the heart function in infracted myocardium of a failing heart have been extensively evaluated and were shown to result in good outcomes.

Keywords : **Coronary artery bypass grafting; Off-pump coronary artery bypass grafting; Left ventricular volume reduction surgery; Mitral valve repair; Bone marrow cell transplantation**

핵 심 용 어 : 관상동맥우회술; 심장박동상태의 관상동맥우회술; 심실절제술; 승모판막수리; 골수세포 이식술

관상동맥질환은 과거에는 서구인에게만 발생하고 한국인에게는 드문 병으로 알려져 왔으나 최근 들어 국내에서도 발생이 급격히 증가하면서 기타의 심혈관계 질환과는 달리 남성은 5배, 여성은 6배 정도로 증가하였다. 이러한 것은 급속한 경제성장과 더불어 스트레스의 증가와 함께 생활양식이 서구화되어 당뇨, 고혈압 등 성인병의 발생이 증가하고 노인 연령층이 증가하기 때문인 것으로 보고 있다.

외과적 치료는 여러가지 정형화된 적응증이 있으나 최근 들어 내과적으로 관상동맥을 확장시키는 스텐트의 발달로 과거와는 달리 정형화된 적응증이 많이 희석되었다. 최근에는 내과적 치료에도 불구하고 흉통이 지속되거나 내과적 치료가 불가능한 합병증이 발생하는 경우에 일반적으로 수술을 시행하며, 가장 보편적인 수술방법은 관상동맥우회술이다. 그 외 심근경색의 합병증(심실중격 파열, 유두근 파열에 의한 승모판막 폐쇄부전증, 심실파열 및 심실확장에 의한 심실류)이 발생하면 응급으로 합병증을 치료하는 수술을 시행해야 한다. 또한 심근경색 후 심근의 손상이 심화되면 심부전증이 진행하게 되며, 이 경우 관상동맥우회술만으로는 심장 기능의 회복을 기대할 수 없고, 따라서 손상된 심실을 제거하는 심실절제술이나 확장된 심실에 의해 발생하는 승모판막 폐쇄부전증을 수리 또는 치환하는 판막 수술을 시행해야 한다. 심부전증 환자는 상기 기술한 방법으로 치료가 불가능한 경우 심장 이식을 시행할 수 있다. 그러나 한정된 공여자 수와 노인연령은 시행하지 않는 제한된 적응증 및 면역억제제의 사용에 따른 생활의 제약과 이에 따른 감염, 암 발생 및 거부반응 등의 부작용으로 많이 시술되지 못하고 있는 실정이다. 심장 이식 후 1년 생존율은 79%로 50%의 이식 환자만이 약 8.8년을 생존할 수 있는 것으로 보고하고 있다(1). 그러나 생존 환자 중에서 1년 후 working이 가능한 환자는 34%이며 이 중에서도 27%만이 full working을 하고 있는 것으로 보고되고 있다(2). 따라서 이러한 심장 이식을 대체할 새로운 수술방법으로 심실절제술, 승모판막 수리 및 골수줄기세포를 이용한 세포이식술이 최근 들어 새로이 부각하고 있다.

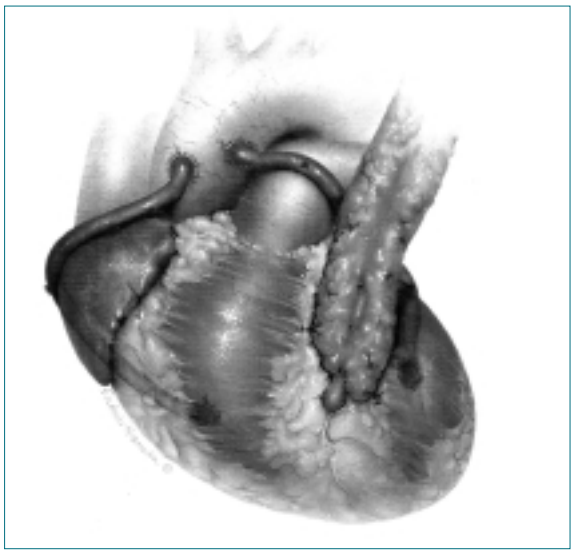

그림 1. 관상동맥우회술

관상동맥우회술 (Coronary Artery Bypass Grafting, CABG)

관상동맥우회술은 관상동맥질환의 가장 보편적인 수술방법으로 하지의 대복재정맥(greater saphenous vein)이나 팔의 요골동맥(radial artery), 위의 우위대망동맥(right gastroepiploic artery) 및 흉벽의 내흉동맥(left and right internal mammary artery)을 획득하여 대동맥과 협착이나 폐쇄가 있는 관상동맥의 원위부에 우회로를 만들거나 흉벽의 내흉동맥 및 우위대망동맥은 직접 원위부에 연결하는 방법으로 수술한다(그림 1). 수술의

대상이 되는 관상동맥은 혈관 직경의 협착이 50% 이상이면서 크기가 1.5mm 이상 되는 모든 관상동맥에 우회로를 만들어 주는 것이며, 이를 완전 재혈관화(complete revascularization)라고 한다. 완전 재혈관화는 수술시에도 항상 가능한 것은 아니지만 내과적 스텐트 삽입술에 비해 훨씬 더 높으며, 완전 재혈관화가 이루어지는 경우 그렇지 아니한 경우에 비해 생존율의 의의있는 개선을 보여준다.

관상동맥우회술은 과거 뿐만 아니라 현재에도 대부분의 병원에서 일반적인 심장 수술과 같이 심장을 정지시킨 후에 수술을 시행하였으나 최근에는 심장이 박동하는 상태에서 수술을 시행하고 있다. 심장이 박동하는 상태에서 수술하는 것은 정지된 상태에서 하는 것보다 어려움이 있으나 수술 후 사망률과 합병증을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 회복도 빨라 많이 증가되어 가고 있는 추세이다. 수술 사망률은 병원마다 차이가 있으나 응급수술이 아닌 경우에는 1.5~3% 사이며, 응급으로 수술하는 경우는 사망률이 두 세배 증가한다. 저자를 비롯한 몇몇 병원의 경우 심장박동 상태에서 수술시 최근에 사망률을 0.5% 정도로 보고하고 있다.

사람에게 시도된 관상동맥우회술은 1964년 Kolessov(3)가 내흉동맥을 이용하여, 이어 1967년 Favaloro(4)가 대복재정맥을 이용하여 관상동맥우회술을 성공시킴으로써 본격적인 관상동맥우회술의 시대가 개시되었다. 또한 1953년 Gibbon(5)에 의해 처음 성공한 심폐체외순환(cardiopulmonary bypass)의 발전과 더불어 미국을 중심으로 서구에 보편화되기 시작하였다. 국내에서는 연세대학교(6)에서 1977년 처음 성공한 이래로 꾸준히 증가 추세를 보이고 있다.

관상동맥우회술은 지속적으로 발전하고 있으며, 수술시 심장 정지를 위한 심폐체외순환의 사용 여부 및 도관을 문합하는 방법에 따라 수술방법이 다양해지며, 현재 가장 좋은 결과를 보이는 수술방법은 심장박동 상태에서의 수술을 가능한 동맥도관으로 시행하는 것이다.

1. 심장박동 상태에서의 관상동맥우회술 (Off-Pump CABG, OPCAB)

심폐체외순환은 무혈상태의 정지된 심장에서 수술이 가능하게 함으로써 대부분의 심장외과 의사들은 심폐체외순환 하에서 수술을 시도하고 있다. 그러나 심폐체외순환에 따르는 여러가지 부작용이 나타나면서 심장박동 상태에서의 관상동맥우회술(OPCAB)이 새로이 부각되고 있다. 관상동맥우회술시 심폐체외순환을 이용하면 6.1%에서 중풍 등의 신경학적인 손상이 올 수 있으며, 고령과 장시간의 심폐체외순환이 신경학적 손상의 가장 중요한 요소가 된다고 보고하고 있다. 또한 수술 후 85% 이상에서 인지능력의 장애가 올 수 있다고 보고하고 있다. 그 외 대동맥의 캐뉼라 삽입이나 겸자, 전신적인 감염 반응(systemic inflammatory response), 뇌혈류량 저하 및 공기전색(air embolism) 등이 신경학적 손상이나 인지능력의 저하와 관련될 수 있으며, 이러한 것은 모두 심폐체외순환과 관계된 것이라고 보고하고 있다(7, 8). 따라서 OPCAB은 신경학적 합병증 등 심폐체외순환에 따르는 합병증을 피할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 심장이 박동하는 상태에서 수술하기 때문에 작은 혈관의 문합이 기술적으로 상당한 어려움이 있고, 관상동맥이 심근 내에 묻혀있거나 광범위한 동맥경화가 진행되고 석회화가 심한 경우 완전한 재혈관화가 어려울 수 있으며, 수술시 일시적으로 차단되는 혈류로 인해 오히려 심근허혈이 조장될 수 있다는 문제점도 있다.

최근 들어 미국의 경우 관상동맥우회술을 시행받는 환자의 약 20%에서, 국내에서는 약 30% 정도의 비율로

OPCAB으로 관상동맥우회술이 시행되고 있고 좋은 결과들이 보고되고 있다. 특히 고위험 환자(high risk patients)가 포함되더라도 사망률은 심폐체외순환을 시행한 군에 비해 현저히 저하되고, 초기 혈관 개존율에도 저하가 없으며, 경험이 축적되면 수술시간도 줄일 수 있다. 수술비용, 출혈량, 강심제의 사용이나 대동맥 내 풍선펌프의 사용빈도도 줄일 수 있는 장점이 있다고 보고하고 있다(9~13). 따라서 현재까지는 심폐체외순환 하에서 심장정지를 시키고 수술하는 심장외과의가 대부분이지만 최근 OPCAB으로 전환하는 심장외과의가 증가하고 있는 추세이다.

이러한 심장박동 상태에서의 수술은 로봇을 이용한 내시경하 수술을 가능하게 하였으며(14), 독일을 중심으로 몇몇 병원에서 활발히 연구가 이어지고 있다. 로봇을 이용한 수술도 심장박동 상태에서는 가능하지만 아직까지 로봇이 고가이면서 그 기능의 한계가 있고, 대개 단일혈관의 수술에만 가능하기 때문에 보편화되지는 못하고 있다.

2. 수술수기의 다양성

정맥과 내흉동맥을 비롯한 여러가지 동맥을 이용한 관상동맥우회술이 시행되고 있으나 문합을 하는 방법은 심장외과의마다 혹은 관상동맥의 질병 형태에 따라 다양하게 이루어지고 있다. 가장 기본적인 방법은 하나의 도관(graft)으로 하나의 원위부 문합을 하는 것이지만, 최근들어 심장외과의는 어려운 점에 직면하는 경우가 생겨나게 된다. 예를 들어 환자의 정맥이나 동맥편이 도관으로 사용하기에 부적절하다거나 재수술로 인해 사용할 도관이 부족한 경우 및 대동맥의 심한 석회화나 동맥경화로 대동맥의 근위부 문합이 불가능한 경우 등 여러가지 문제점에 직면할 수 있다. 따라서 좀 더 효과적이고 장기개존율을 증가시키기 위한 다양한 방법의 우회술이 시행되고 있다.

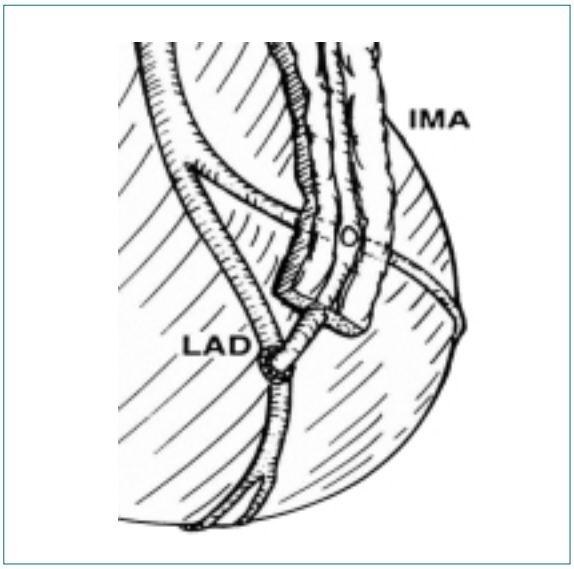

그림 2. 좌내흉동맥 연속 문합

1) 연속적 동맥 혹은 정맥 문합
(Sequential Artery or Vein Grafting)

동맥 중에서 내흉동맥의 개존율은 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 개존율은 보고자마다 약간의 차이가 있으나 대체로 정맥의 개존율은 수술 후 1년에 85%, 5년에 75%, 10년에 50% 정도로 알려져 있는 반면에 내흉동맥의 개존율은 10년에 90% 이상으로 알려져 있으며, 요골동맥과 우위대망동맥도 5년 개존율이 내흉동맥보다는 낮으나 정맥보다는 우수한 것으로 보고되고 있다. 따라서 내흉동맥을 이용한 원위부 문합의 수를 증가시킨다면 장기 개존율이 증가할 것이다(그림 2). 수술 후 합병증은 하나의 원위부 문합을 하였을 때와 비슷하고, 5년 개존율은 90% 이상이며, 근위부와 원위부의 혈류량은 비슷할 뿐만 아니라 하나의 원위부 문합을 하였을 때와 비슷한 것으로 보고하고 있다(15).

정맥을 이용한 연속 문합의 장점은 수술시간과 심허혈시간을 줄일 수 있고, 재수술 등을 위한 도관의 save, 그

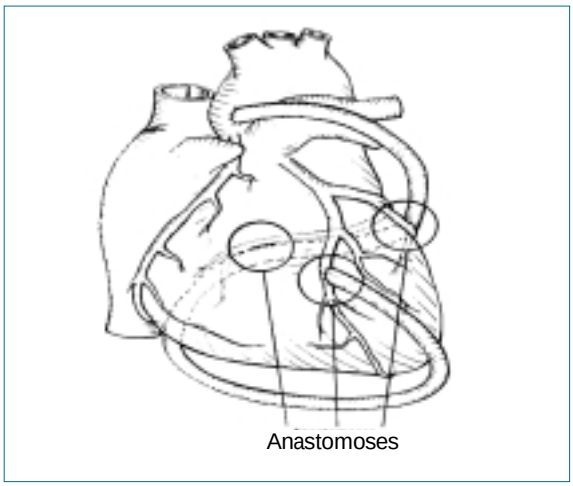

그림 3. 정맥 연속 문합

리고 무시할 수 있는 작은 혈관에도 문합할 수 있어 완전 재문합의 가능성을 증가시킬 수 있다. 또한 상행대동맥의 병이 심각하여 많은 수의 근위부 문합이 불가능한 경우에도 용이한 방법이라는 장점이 있다. 단점은 도관에 동맥경화가 진행되는 등의 문제 발생시에는 여러개의 문합 된 부위의 혈류장애가 동시에 유발될 수 있다.

연속 문합의 혈류는 한 개의 정맥편을 한 개의 원위부 문합에 이용한 경우에 비해 우수한 것으로 보고하고 있으며, 장기 개존율도 좋은 것으로 보고하고 있다(16, 17) (그림 3).

2) 복합 문합(Composite Graft)

복합 문합은 두 개 이상의 도관을 Y나 T로 연결하여 이용하는 방법과 end to end로 연결하여 사용하는 방법으로 일반적으로 내흉동맥과 여러 동맥을 이용한 조합이 주로 이용된다. 그러나 동맥과 정맥, 정맥과 동맥, 혹은 정맥과 정맥으로도 이용할 수 있다. arterial Y or T graft를 이용하여 동맥편을 이용한 문합을 증가시킬 수 있어 장기 개존율을 증가시키는 것으로 보고되고 있다. 또한 단지 두 개의 동맥편을 이용한 완전 동맥편 재혈관화가 가능할 수 있다. 일반적으로 좌내흉동맥을 모체로 하여 다른 동맥편을 연결하며, Y로 연결된 다른 동맥편을 한 개 이상의 회선동맥이나 우관상동맥에 가능한 side by side로 연결하고 end to side 문합을 마지막에 시행한다 (그림 4, 5). 장기 개존율은 95% 이상으로 보고하고 있다(18~20).

심실절제술 (Left Ventricular Volume Reduction Surgery)

광범위한 심근경색, 특히 anterior myocardial infarction은 심장구조의 변화를 일으키고 이로 인해 심실이 확장되고 부적절한 형태로 변화하게 된다. 즉 정상적인 타원형 형태(elliptical shape)에서 둥근 원 형태(spherical shape)로 변화되며, 이 경우 심장의 수축과 이완시에 나타나는 꼬임과 풀림 현상(twisting and untwisting)이 약화된다. 이러한 형태의 변화는 심실의 wall tension을 증가시키고 수축력의 저하를 유발시켜 심부전증에 이르게 된다. 심근경색 후에 발생하는 심부전증의 예후는 좌심실(LV : left ventricle)의 크기 및 형태와 밀접한 연관성을 가지게 된다. 대부분의 심근경색 후 발생하는 좌심실의 손상은 중격을 제외한 좌심실 벽(LV free wall) 뿐만 아니라 제거할 수 없는 중격(nonresectable septum)을 포함하는데, 이러한 손상 부위는 전혀 수축력이 없거나(akinetic region), 정상적인 수축과 반대로 수축하는 심실류(dyskinetic scar[aneurysm])로 변화하게 된다. 이 중 akinetic region은 dyskinetic aneurysm에 비해 부분적인 수축력이 더 저하되어 있고, 혈역학적으로도 더 나쁜 영향을 주며, 심장을 더 확장시킨다. 또한 우심실에도 나쁜 혈역학적 영향을 주기 때문에

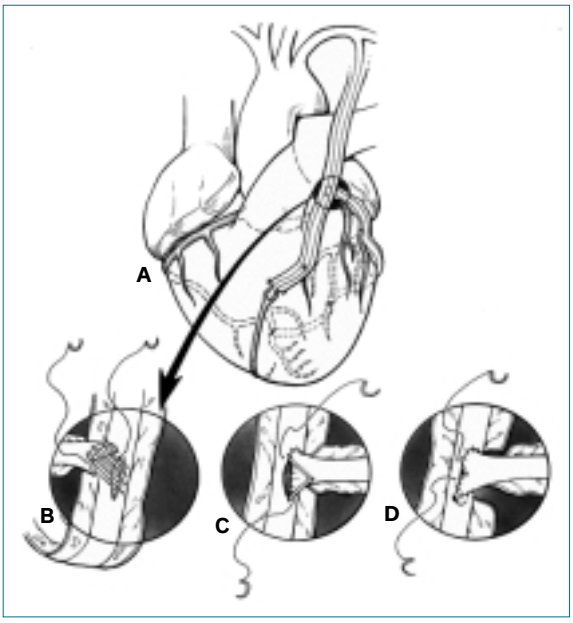

그림 4. composite graft

불량한 예후의 요소가 된다고 보고하고 있다(21).

심실 절제술은 과거에는 좌심실의 dyskinetic aneurysm을 단순히 절제하고 봉합하는 수술을 시행하였는데(standard linear suture technique), 이는 akinetic septum을 그냥 둠으로써 심근 수축력의 최대화를 이루지 못하였을 뿐만 아니라 심실의 형태를 정상에 가깝게 변화시키지 못함으로써 좋은 수술성적을 얻을 수 없었다. 또한 최근 들어 나타나는 대부분의 심부전증 형태인 akinetic region에 대해서 과거에는 수술을 시도하지 않음으로써 심실류를 가진 제한된 환자에게서만 시행하였었다. 그러나 Dor 등에(21) 의해 시도된 endoventricular patch angioplasty(EVCPP, modified Dor operation)나 Buckberg 등에(22, 23) 의해 시도된 surgical anterior ventricular endocardial restoration(SAVER)은 과거 대부분의 심부전증 형태인 dyskinetic aneurysm 뿐만 아니라 최근에 발생하는 대부분의 심부전증 형태인

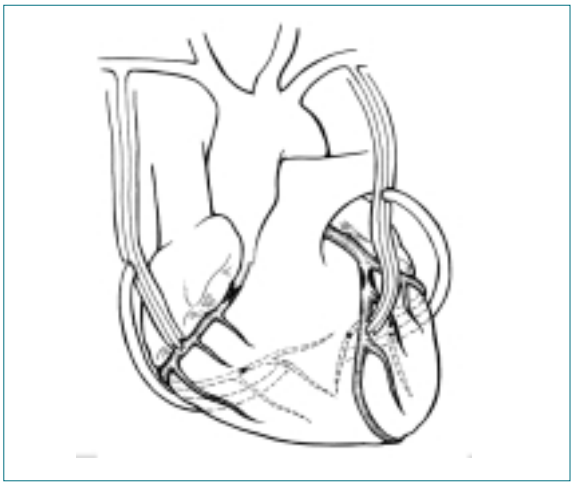
그림 5. composite graft

수축력이 없어진 akinetic한 좌심실의 free wall을 제거하고, 절제할 수 없는 중격은 심장순환에서 제외시키는(exclusion) 수술을 시행함으로써 심장 기능을 개선시킨다. 이 수술의 장점은 단순 절제 및 봉합으로는 불가능한 중격을 심장순환에서 제외시키고, 첨포를 사용하여 심장의 형태를 정상에 가까운 타원형으로 환원시키면서 심실의 크기를 줄인다. 또한 관상동맥우회술을 병행함으로써 수축력의 향상과 부정맥의 발생을 줄일 수 있는 것으로 보고하고 있다(21~23)(그림 6). 초기 수술성적은 사망률이 6.6%에서 12%로 보고되고 있다(21, 22).

승모판막 수술(Mitral Valve Reconstruction)

승모판막폐쇄부전증(Mitral Regurgitation, MR)은 말기 심부전증의 심각한 합병증으로 심실 형태의 변형 및 확장이나 허혈에 의한 유듀근(papillary muscle)의 기능부전에 의해 발생한다. MR은 이미 확장된 좌심실이나 판막륜(mitral annulus)을 더욱 더 확장시켜 결국 심부전증에 이르게 된다. 이 수술의 이론적 근거는 MR을 교정

하고, 판막륜과 판막륜에 연결된 구조물과의 배열을 정상에 가깝게 유지시킴으로써 심장이 안정되고 기능의 개선을 가져올 수 있다고 생각하는 것이다. 수술의 결과는 1년 및 2년 생존율이 82%와 71%에 이르며, 심장 기능의 개선에 따른 증상의 호전을 보여주었다고 보고하고 있다(24). 그러나 최근 그들의 보고에 의하면 5년 생존율이 50% 미만임을 보여주고 있어 만족스럽지 못한 결과를 보여주고 있다. 따라서 허혈성 심부전증에서 발생하는 MR은 대부분이 관상동맥우회술이 필요하고 또한 심실 절제술이 필요하기도 하다. 따라서 이러한 수술을 병행함으로써 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

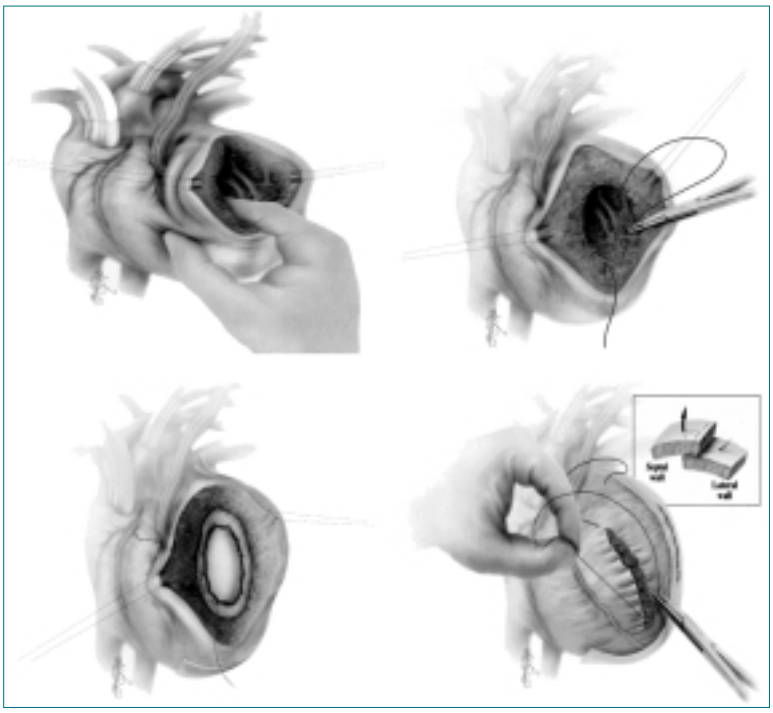

그림 6. 좌심실 절제술

골수줄기세포 이식술

줄기세포는 조혈세포로의 분화 뿐 아니라 골, 연골, 지방, 근육 등 인체 모든 장기의 세포로 분화될 수 있음이 알려지면서 다양한 장기 재생을 위한 줄기세포 연구가 이루어지고 있다. 성인 심근 세포는 손상시 재생이 불가능한 것으로 알려져 왔으나 몇몇 약물들에 의해 줄기세포로부터 심근 세포로의 분화가 이루어짐이 알려지면서 실험동물에서 줄기세포를 이용한 심근 재생 연구가 진행되었고, 그 결과 심근의 재생에 줄기세포가 효과적으로 이용될 수 있음이 알려지게 되었다. 현재까지 심근 재생에 이용될 수 있는 줄기세포로는 골수줄기세포와 인간초기 배아 줄기세포 및 제대혈로부터 유래한 줄기세포 등이 알려져 있으며, 특히 인간배아로부터 유래한 줄기세포가 가장 뛰어난 잠재능력이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 윤리적인 관점에서 인간 배아를 이용한 실험 및 이의 임상적, 상업적 이용이 허용될 수 있는지의 문제점이 제기되면서 자신의 골수줄기 세포로부터 분리한 세포를 이식하는 자가이식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

임상적인 연구는 2001년 Menasche 등에(25) 의해 처음 시도되었다. 하지의 vastus lateralis 근육(skeletal muscle)을 소량 채취하여 근육세포(satellite cell)를 분리한 후 실험실에서 2주간 배양 후 심근경색으로 심근이 손상된 부위에 이식하여 새로운 근육 형성을 확인하고 심장 기능이 향상되었음을 보고하였다. 그 후 2003년에 Stamm 등은(26) 골수줄기세포로부터 분리한 혈관 내피

세포의 전구세포로 생각되는 $AC133^{+}$을 심근경색 부위에 이식하여 혈류의 개선과 심장 기능의 개선을 보고하였다. 국내에서는 저자들에(27) 의해 처음 시도되었으며, 좋은 결과를 보고하였다.

이와 같은 사실은 골수줄기세포를 이용한 자가세포 이식이 모든 형태의 허혈성 심부전증을 치료할 수 있을지는 좀 더 연구가 있어야 하겠지만 대단히 희망적인 결과를 보여주는 것으로 생각된다. 현재까지의 연구결과로는 골수줄기세포의 이식은 새로운 심근 형성보다는 혈관재생에 보다 효과적이고, 근육세포는 새로운 심근 세포로의 분화에 의한 근육 형성에 효과적인 것으로 알려져 있다. 따라서 현 단계에서도 골수줄기세포 이식을 단독으로 혹은 관상동맥우회술이 부분적으로 불가능한 부위에 관상동맥우회술과 병행한다면 상당한 심장 기능 개선효과를 기대할 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Hosenpud JD, Bennett LE, Keck BM, Fiol B, Boucek MM, Novick RJ. The registry of the international society for heart and lung transplantation : Sixteenth official report—1999. The J Heat and Lung Transplantation 1999 ; 18 : 611 - 26
2. Brann WM, Bennett LE, Keck BM, Hosenpud JD. Morbidity, functional status, and immunosuppressive therapy after heart transplantation : An analysis of the joint international society for heart and lung transplantation/united network for organ sharing thoracic registry. The J Heat and Lung Transplantation 1998 ; 17 : 374 - 82
3. Kolessov VI. Mammary artery—coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris. J thorac Cardiovasc Surg 1967 ; 54 : 535 - 44
4. Favaloro RG. Saphenous vein autograft replacement of severe segmental coronary artery occlusion : operative technique. Ann thorac Surg 1968 ; 5 : 334 - 9
5. Gibbon JH Jr. Application of a mechanical heart and lung apparatus cardiac surgery. Minn Med 1954 ; 37 : 171 - 85
6. 이두연, 조규석, 조범구, 홍승록, 차홍도, 김성순 등. 관상동맥회로술 치험 1예(1977년 5월 4일). 대한흉부외과학회지 1979 ; 12 : 297 - 305
7. Roach GW, Kanchuger M, Mora Mangano CM, Newman M, Nussmeier N, Mangano D, et al. Adverse cerebral outcomes after coronary artery bypass surgery. N Engl J Med 1996 ; 335 : 1857 - 63
8. Murkin JM, Boyd WD, Ganapathy S, Adams SJ, Peterson RC. Beating heart surgery. Ann Thorac Surg 1999 ; 68 : 1498 - 501
9. Mack MJ. Pro : beating heart surgery for coronary revascularization : is it the most important development since the introduction of the heart—lung machine? Ann thorac Surg 2000 ; 70 : 1774 - 8
10. Cartier R, Blain R. Off—pump revascularization of the circumflex artery : technical aspect and short—term results. Ann thorac Surg 1999 ; 68 : 94 - 9
11. 유경종, 임상현, 송석원, 김치영, 홍유선, 장병철. On—pump CABG와 Off—pump CABG의 임상적 고찰에 관한 비교연구. 대한흉부외과학회지 2002 ; 35 : 261 - 6
12. Hernandez F, Cohn WE, Baribeau YR, Tryzelaar JF, Charlesworth DC, O'connor GT, et al. In—Hospital outcomes of Off pump Versus On—pump Coronary Artery By—pass Procedures : A multicenter Experience. Ann thorac Surg 2001 ; 72 : 1528 - 34
13. Puskas JD, Thourani VH, Marshall JJ, Dempsey SJ, Steiner MA, Guyton RA, et al. Clinical outcomes, angiographic patency, and resource utilization in 200 consecutive off—pump coronary bypass patients. Ann Thorac Surg 2001 ; 71 : 1477 - 84
14 Detter C, Boehm D, Reichenspurner H, Deuse T, Arnold M, Reichart B. Robotically—assisted coronary artery surgery with and without cardiopulmonary bypass—from first clinical use to endoscopic operation. Med Sci Monit 2002 ; 8(7) : MT118 - 23

15. Hodgson JM, Singh AK, Drew TM, Riley RS, Williams DO, et al. Coronary flow reserve provided by sequential internal mammary artery grafts. J Am Coll Cardiol 1986 ; 7 : 32 - 7
16. Meurala H, Valle M, Hekaki P, et al. Patency of sequential versus single vein grafts in coronary bypass surgery. Thorac Cardiovasc Surg 1982 ; 30 : 147 - 51
17. Prioleau WH, Voegele LD, Hairston P. Flow in sequential vein grafts with diamond anastomosis. J Cardiovasc Surg 1986 ; 27 : 477 - 9
18. Tector AJ, Kress DC, Downey FY, Schrnahl TM, et al. Complete revascularization with internal thoracic artery grafts. Semin Thorac Cardiovasc Surg 1996 ; 8 : 29 - 34
19. Calafiore AM, Giammarco GD, Luciani N, Maddestra N, Nardo ED, Angelini R, et al. Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization. Ann Thorac Surg 1994 ; 58 : 185 - 90
20. Calafiore AM, Contini M, Vitolla G, Mazze V, Mauro MD, Giammarco GD, et al. Bilateral internal thoracic artery grafting : Long－term clinical and angiographic results of insitu versus Y grafts. J Thorac Cardiovasc Surg 2000 ; 120 : 990 - 8
21. Dor V, Sabatier M, Di Donato M, Montiglio F, Toso A, Maioli M. Efficacy of endoventricular patch plasty in large postinfarction akinetic scar and severe left ventricular dysfunction : comparison with a series of large dyskinetic scars. J Thorac Cardiovas Surg 1998 ; 116 : 50 - 9
22. Athanasuleas CL, Stanley AWH, Buckberg GD, Dor V, Di-Donato M, Blackstone EH, and RESTORE group. Surgical anterior ventricular endocardial restoration (SAVER) in the dilated remodeled ventricle after anterior myocardial infarction. J Am Coll Cardiol 2001 ; 37 : 1199 - 209
23 Buckberg GD. Rationale behind new non－transplant surgical approaches to advanced LV dysfunction and CHF. 2001 AATS symposium on adult cardiac surgery : 36 - 41
24 Bolling S, Pagani FD, Deeb M, Bach DS. Intermediate－term outcome of mitral reconstruction in cardiomyopathy. J Thorac Cardiovasc Surg 1998 ; 115 : 381 - 8
25. Menasche P, Hagege AA, Scorsin M, Pouzet B, Desnos M, Marolleau JP, et al. Myoblast transplantation for heart failure. Lancet 2001 ; 357 : 279 - 80
26. Stamm C, Westphal B, Kleine HD, Petzsch M, Kittner C, Steinhoff G, et al. Autologus bone－marrow stem－cell transplantation for myocardial regeneration. Lnacet 2003 ; 361 : 45 - 6
27. 유경종, 김현옥, 곽영란 강석민, 장양수, 안지영 등. 허혈성 심근에 관상동맥우회술과 병행한 자가골수 줄기세포 이식. 대한흉부외과학회지 2004 ; 7 : 547 - 52