

다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술 20예 보고 - 단일 기관 보고

제형곤* · 이용직* · 정성호* · 정재승* · 강필제* · 주석중* · 송 현* · 정철현* · 이재원*

The First 20 Cases of Cardiac Surgery Using the da Vinci™ Surgical System: A Single Center Experience

Hyoung-Gon Je, M.D.*, Yong Jik Lee, M.D.*, Sung-Ho Jung, M.D.*, Jae Seung Jung, M.D.*, Pil-Je Kang, M.D.*, Suk Jung Choo, M.D.*, Hyun Song, M.D.*, Cheol Hyun Chung, M.D.*, Jae Won Lee, M.D.*

Background: The interest in robotic cardiac surgery has recently grown but there has not been much clinical research reported on this. The aim of this study is to examine our initial experience, since August 2007, with robotic cardiac surgery using the da Vinci™ surgical system and to evaluate the feasibility and safety of it.

Material and Method: Between August and December 2007, a total of 20 patients underwent robotic cardiac surgery using the da Vinci surgical system. For mitral valve repair (n=11), tricuspid valve repair (n=1), and ASD repair (n=1), cannulation, antegrade cardioplegia and transthoracic aortic cross-clamping were conducted for the right femoral vessels and the right internal jugular vein. For minimally invasive direct CABG (MIDCAB) (n=7), the internal thoracic artery (ITA) was harvested with the da Vinci surgical system. **Result:** The mean age of the patients was 50.1 (range: 26~78) years. Three concomitant Maze procedures and one tricuspid annuloplasty were combined with mitral valve repair. The mean cardiopulmonary bypass time was 208.0±61.3 minutes and the aortic cross clamp time was 158.8±40.6 minutes. No patients showed more than mild mitral regurgitation after repair and the median hospital stay was 4 days. The robotic-harvested ITA was used for either left ITA (n=6) or bilateral ITA (n=1). The mean harvest time was 43.2±12.0 minutes. The harvested ITA showed good flow and it was anastomosed under direct vision after left anterolateral thoracotomy. The patency of all the grafts was 100% (18/18) in MIDCAB. **Conclusion:** Robotic cardiac surgery using the da Vinci surgical system was variously adapted to areas such as mitral and tricuspid valve repair, ASD repair and ITA harvest for MIDCAB. The early results of the robotic cardiac surgery showed its safety and feasibility. With this primary report, we anticipate that clinical applications and further studies on robotic cardiac surgery using the da Vinci surgical system will be actively conducted in Korea.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2008;41:423-429)

Key words: 1. Minimally invasive surgery
2. Robotics
3. Heart surgery

서 론

최근 외과의 거의 모든 영역에서 환자의 수술 후 조기

회복과 수술 상처의 미용적 효과를 고려한 최소침습적 수술 방법이 일반적인 추세로 자리잡고 있다. 저자들은 2004년 4월부터 AESOP 3000 system (Computer Motion Inc,

*울산대학교 의과대학 서울아산병원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine

논문접수일 : 2008년 2월 5일, 심사통과일 : 2008년 6월 5일

책임저자 : 이재원 (138-736) 서울시 송파구 풍납2동 388-1, 서울아산병원 흉부외과

(Tel) 02-3010-3580, (Fax) 02-3010-6966, E-mail: jwlee@amc.seoul.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

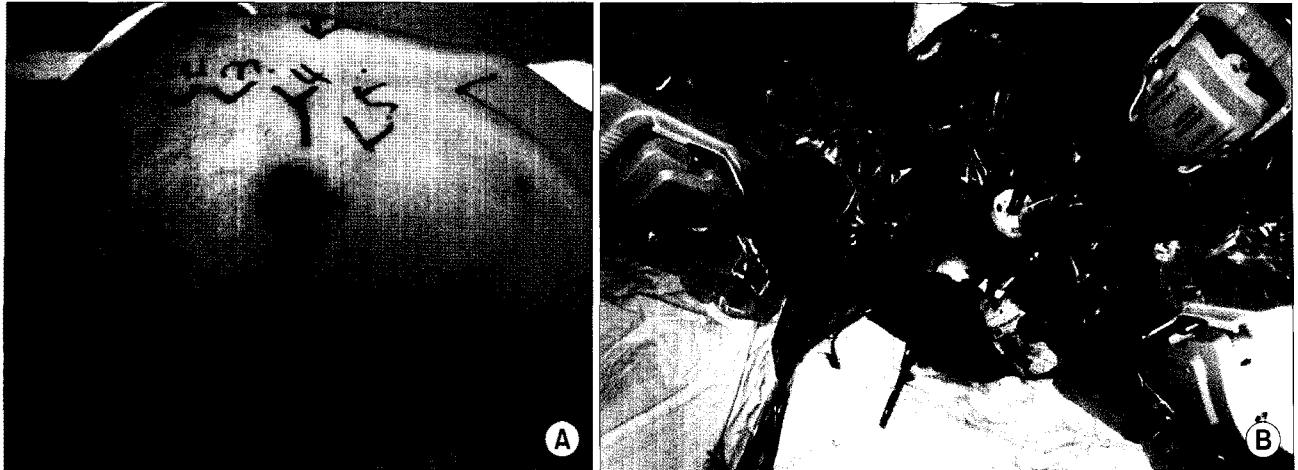


Fig. 1. (A) Skin marking for robotic mitral valve repair. (B) Set-up of da Vinci system for mitral valve repair.

Santa Barbara, CA, USA)을 사용하여 최소 침습적 심장수술을 시행하였고 그 결과를 본지에 이미 보고 한 바 있다[1].

전세계에서 임상적으로 이용되고 있는 수술 로봇 중 가장 진보된 장비인 다빈치 수술로봇(da Vinci™ Surgical System: Intuitive Surgical Inc, Sunnyvale, CA, USA)은 심장수술분야에서도 그 적응증을 넓혀가고 있다. 하지만 다빈치 수술로봇을 이용한 국내 연구는 전중격동 종양의 절제[2] 및 심방중격결손증의 교정 수술[3]에 대한 증례보고만 발표되었으며, 이를 이용한 심장수술의 일반적인 적용에 대한 임상연구는 아직 발표된 바 없다. 이에 저자들은 2007년 8월부터 본원에서 시행된 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술의 조기 임상 경험을 살펴 보고 적합성 및 안정성을 살펴보고자 하였다.

대상 및 방법

2007년 8월부터 12월까지 총 20명의 환자에게 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술을 시행하였다. 수술적응질환은 승모판막 질환, 삼첨판막 질환, 심방중격결손증 및 최소 침습적 관상동맥 우회술(MIDCAB)시 내흉동맥 박리에 사용되었다.

1) 승모판막, 삼첨판막, 심방중격결손증 수술

승모판막, 삼첨판막, 심방중격 결손증의 수술을 위한 심폐 마취의 방법과 심폐기 가동을 위한 말초 삽관의 방법은 저자들에 의해 이미 보고된 AESOP system을 이용한 심장수술과 동일 하였다[1]. 차이점으로는 AESOP system을 이용한 심장수술시 카메라 포트(Camera port)를 삽입하

였던 전방액와선상 3번 늑간에 다빈치 수술 로봇의 왼팔을 위한 투관삽관(port insertion)을 시행하였고, 다빈치 수술 로봇의 오른팔은 환자의 흉곽의 크기에 따라 전방액와선의 5번 혹은 6번 늑간에 삽입하였다. 승모판막 성형술 시에는 양팔에 Large needle driver를 연결하여 사용하였으며, 이외의 수술 시에는 왼팔에는 Resano forceps을 로봇의 오른팔에는 Large needle driver를 장착하여 사용하였다. 다빈치 수술 시 이용되는 양안 흉강경은(binocular thoracoscope) 제 4늑간에 4 cm 크기의 최소 개흉창을 만들고 이를 통하여 삽입되었으며, 승모판막 수술 시 승모판막의 노출을 위한 심방중격의 견인은 개흉창의 앞쪽가장자리를 통하여 삽입된 다빈치 수술로봇의 세 번째 팔에 Prograsper forceps를 장착하여 사용하였다. 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술시에는 개흉창을 통한 술기의 진행이 거의 없어 늑간의 견인을 최소화한 상태로 수술을 진행하였다. AESOP 3000 system을 사용한 심장수술시 2번 혹은 3번 늑간의 중간액와선상으로 삽입되었던 Chitwood 대동맥 결자는 다빈치 수술 도중 수술로봇의 왼팔과 간섭을 우려하여 3번 늑간의 후방 액와선상으로 삽입하였다(Fig. 1). 상행대동맥을 통하여 심정지액(Bretschneider, 2,000 cc)을 주입하여 심정지를 유도하였고, 승모판막의 노출을 위하여 심방간 고랑을 박리한 후 좌심방을 절개하였으며, 좌심방 절개의 하방을 하대정맥의 후방으로 확장하여 승모판막의 수술적 시야를 확보하였다.

승모판막 성형술의 술식은 환자의 병변에 따라, 판막엽 삼각절제술, 신생건삭 형성술, 교련부 성형술 등의 술식이 시행되었고 전례에서 판류 성형술이 시행되었다. 모든 환자에서 심장내과 전문의에 의해 수술 중 경식도 초음파를

시행하여 수술의 결과를 확인하였다. 심낭막내에 배액관 1개와 좌측 흉강내에 흉관 1개를 삽입하고 일반적인 방법으로 흉벽을 봉합 후 수술을 종료하고 환자를 중환자실로 전동하였다.

2) 최소 침습적 관상동맥우회술(MIDCAB)

최소 침습적 관상동맥우회술시 일측 혹은 양측 내흉동맥의 채취를 위해 환자의 왼쪽 어깨와 상체를 30° 정도 올린 우측 반측와위(semi-lateral decubitus position)로 고정하였고 우측 일측 폐 환기상태에서 좌측 5번째 늑간의 전방액와선상에 카메라 포트를 삽입하였다. 좌측 3번째 늑간의 중간액와선상에 포트를 삽입하고 로봇의 오른팔을, 좌측 7번째 늑간의 전방액와선상에 포트를 삽입하고 로봇의 왼팔을 삽입하였다. 흉곽의 크기가 작은 환자의 경우 로봇의 왼팔은 6번째 늑간으로 삽입하였다. 내흉동맥의 박리시 우측 일측 폐 환기 하에서 좌측 폐의 추가적인 허탈을 위하여 좌측 흉강에 이산화 탄소를 분당 8~12 L의 속도로 주입한 후, 30도 상방 굴절된 양안 카메라로 내흉동맥의 주행을 확인 하였다. 이후 다빈치 로봇의 양 팔에 각각 부착된 spatula monopolar electrocautery와 forcep bipolar electrocautery를 이용하여 내흉동맥을 제 1늑간부터 제5늑간까지 박리하였다. 내흉동맥의 박리를 마친 후 다빈치 수술로봇을 이용하여 심낭을 절개하여 좌전하행지를 노출시키고 문합의 대상이 되는 관상동맥 부위를 확인하였다. 이후 수술대에서 다빈치 수술로봇을 이탈하고 카메라 포트의 피부절개를 전방으로 연장하여 제 4늑간을 통한 최소 개흉술로 수술시야를 확보하였다. 환자의 정맥내로 헤파린 150 IU/kg을 투여한 후 이미 박리된 내흉동맥의 문합을 시행하였다. 전례에서 다빈치 수술로봇을 이용하여 박리한 좌 내흉동맥을 좌전하행지에 문합 하였으며, 1예에서 박리된 우 내흉동맥은 자유도관으로 좌전하행지의 대각지에 문합하였다. 문합을 위해 내흉동맥 이외의 도관이 요하는 경우 좌측 요골동맥을 이용하였다. 좌전하행지와 대각지에 국한된 문합의 경우 좌전개흉술 후 일반적인 관상동맥 고정기(Coronary stabilizer, Guidant, Santa-clara, CA, USA)를 사용하였으나, 좌회선동맥의 둔각지 및 우관상동맥의 분지에 대한 문합시에는 Starfish™ heart positioner (Medtronic Inc., MN, USA)를 이용하여 심첨부를 움직이면서 문합이 요하는 관상동맥을 개흉창 아래로 노출하였다. 문합을 완료한 후 TTFM 도플러(Transit time flow measurement, Medi-stim Butterfly Flowmeter, Norway)를 이용하여 도관의 개통성을 확인하였고, 프로타민을 정

Table 1. Operative procedures for robotic mitral valve repair (n=11)

Technique of mitral valve repair	n (%)
Annuloplasty	11 (100)
Cosgrove band	9 (81.8)
Physio ring	2 (18.2)
New chorda formation	8 (72.7)
Triangular resection	3 (27.3)
Commissural repair	5 (45.5)
Chorda release+commissurotomy	1 (9.1)
Chorda release+PMVL augmentation	1 (9.1)

PMVL=Posterior mitral valve leaflet.

주하여 헤파린을 중화한 후 수술을 마쳤다. 흉관 1개를 삽입 하고 일반적인 방법으로 흉벽을 봉합 후 수술을 종료하고 환자를 중환자실로 전동하였다.

결 과

총 20명의 평균 나이는 50.1±15.1세(26~78)였고, 남자가 12명, 여자가 8명이었다. 승모판막 성형술이 11예, MIDCAB이 7예, 심방중격결손증의 교정 수술이 1예, 삼첨판막 성형술이 1예 있었다. 우측 개흉술이 요하는 13예 중에서 결핵을 동반한 심한 늑막 유착이 있었던 경우가 3예, 수술 전 심한 폐동맥 고혈압을 보인 경우가 2예, 심각한 삼첨판막 질환이 동반된 경우가 2예 있었으나 특별한 제한 없이 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술이 시행되었다.

승모판 성형술이 시행된 11예의 승모판 폐쇄부전 환자의 원인을 살펴보면 퇴행성이 8명, 류마티스성이 3명이었다. 8예의 퇴행성 병변과 1예의 류마티스성 승모판 폐쇄부전증 환자에서 Cosgrove band를 이용하여 판륜 성형술을 시행하였으며, 2명의 류마티스성 승모판막 폐쇄부전증 환자에서는 Physio ring을 이용하여 판륜 성형술을 시행하였다. 판막에 대한 성형술식은 제한 없이 시행되었으며 신생건삭 형성술이 가장 빈번하게 시행되었다. 승모판막 성형술의 자세한 술기는 Table 1에 요약하였다. 승모판막 성형술시 3예의 Maze 수술 및 1예의 삼첨판막 성형술이 동반되었다. 다빈치 수술로봇을 이용한 승모판막 성형술의 평균 체외순환시간은 208.0±61.3분, 평균 대동맥 차단시간은 158.8±40.6분이었다. 승모판막 성형술 후 평균 3(2~7)일 째 시행한 심초음파 검사상 2도를 초과하는 잔존하는 승모판막 역류는 없었으며, 수술전과 비교하여 좌

Table 2. Perioperative echocardiographic results of mitral valve repair (n=11)

	Preoperative TTE	Postoperative TTE	p value
EF (%)	61.7±4.1	50.6±9.7	0.01
Systolic LVID	41.2±4.8	40.5±6.8	NS
Mitral regurgitation			-
0	-	6	
+1	-	4	
+2	-	1	
+3	1	-	
+4	11	-	

N=Number; TTE=Transthoracic echocardiogram; EF=Ejection fraction; LVID=Left ventricular internal diameter; NS=Not significant.

심실 내경 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 좌심실 구출률은 좌심실의 후부하가 증가함에 따라(After-load mismatch) 소폭 감소하였다(Table 2).

1예씩 시행되었던 삼첨판막 성형술 및 심방중격결손증의 교정수술은 성공적으로 시행되었으며 각각 술 후 3일과 2일째 합병증 없이 퇴원하였다.

다빈치 수술로봇을 이용한 내흉동맥의 박리는 6명의 환자에서 좌측, 1명의 환자에서 양측으로 시행하였다. 다빈치 수술로봇을 이용한 내흉동맥의 박리는 시행 초기에는 약 60분 정도가 소요 되었으나, 마지막 2예는 각각 29분 및 22분만에 박리가 가능하였다. 평균 내흉동맥 박리 시간은 43.2±12.0분이었으며 박리된 내흉동맥의 혈류는 전례에서 양호하였다. 관상동맥의 문합은 MIDCAB방법으로 최소 개흉 후 직접시야에서 시행하였으며, 단일 관상동맥 문합이 1명, 2개소 문합이 3명, 3개소 문합이 1명, 그리고 2명에서 4개소에 문합을 시행하였다. MIDCAB 시행 후 도관의 개통성을 확인하기 위하여 중간값 2일째(1~7)에 시행한 관상동맥 조영술(n=3) 및 관상동맥 전산화 단층촬영(n=4)에서 총 18개소의 문합부위의 개통률은 100%였다.

술 후 재원 기간의 중간값은 승모판 수술인 경우 4일(3~10일), MIDCAB은 5일(4~15일)이었다. 수술 후 발생한 합병증으로는 수술 부위의 상처 염증으로 배액 및 일차 봉합술을 시행한 경우가 1예 있었으나 출혈에 의한 재수술, 심폐기 가동을 위한 말초삽관 부위의 혈관손상, 승모판막 성형술 및 관상동맥 우회술의 실패로 인한 재수술, 로봇 수술 중 정중 흉골절개로의 전환 등의 주요 합병증은 발생하지 않았고, 수술사망 및 추적 관찰기간 동안 사

망환자는 없었다.

고 찰

심장수술의 주된 접근 방법이었던 정중 흉골 절개술은 훌륭한 수술시야를 확보할 수 있다는 장점이 있으나, 수술의 상처가 크고 수술 후 흉골 치유와 관련하여 일상 생활 및 정상적인 직장 생활로의 복귀가 지연 된다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위한 노력으로 1990년대 중반 이후 최소침습적 심장수술이 시행 되었으며, 저자들은 이미 2004년부터 술자의 음성을 인식하여 흉강경의 위치 조작이 가능한 수술 로봇인 AESOP 3000 system을 이용하여 개심술을 시행하였다. 본 교실에서는 최근까지 450예 이상의 최소침습적 심장수술의 경험을 가지고 있으며, AESOP 3000 system을 이용한 최소침습적 심장수술의 초기 성적[1] 및 대동맥 판막 치환술의 증례를[4] 본지를 통하여 발표한 바 있다.

이미 소개한 AESOP 3000 system 이후 기술의 발전에 의하여 원격조정이 가능한 Zeus system (Computer Motion Inc, Santa Barbara, CA, USA)이 개발되었으나 일반 흉강경과 동일한 평면적인 시야와 수술 도구의 손쉬운 사용에 대한 제한 점이 밝혀지면서 임상적인 사용이 감소하여, 심장수술과 같이 섬세하고 복잡한 수술에 있어서 Zeus system의 임상적용은 거의 없는 실정이다[5]. 한편 Zeus system의 단점을 극복한 da Vinci telemanipulation system은 양안 흉강경을 사용함으로써 입체감이 있는 영상정보를 얻을 수 있고, 로봇팔의 관절의 수를 늘려서 자유도 7을 구현 함으로써, 흉곽내에 술자의 손목을 넣고 수술을 진행하는 것과 유사한 기구 사용의 자유도를 구현하였다. 현재 다빈치 수술로봇은 심장 수술에 사용되는 유일한 로봇 시스템으로서 전 세계적으로 2005년에만 2984예의 심장수술이 다빈치 수술로봇을 이용하여 시행 되었다[5].

다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술은 승모판막 수술, 심방중격결손증의 교정수술 및 관상동맥우회로술에 주로 사용되고 있다. 이러한 로봇을 이용한 최소침습적 심장수술은 제한된 시야와 심폐기 가동을 위해 말초 혈관에 삽관이 요하는 점 때문에 수술에 적합한 환자를 선택하는 것이 중요한 것으로 알려져 있으며, 우측 개흉술을 받은 경우나 우측 흉막의 유착이 심한 경우, 심한 폐동맥 고혈압(폐동맥 수축기압이 60 mmHg 이상)이나, 삼첨판 병변이 있는 경우는 수술로봇을 이용한 승모판막 수술의 금기증으로 알려져 있다[6]. 저자들의 로봇 심장수술의 초기

연구 결과에서도 수술 전에 늑막유착이 있다고 판단되는 경우에는 술 후 출혈과 같은 합병증을 증가시킬 우려가 있어 로봇 수술을 피하는 것이 좋겠다고 보고하였다[1]. 하지만 저자들의 경험을 살펴볼 때 이러한 금기증들은 로봇 수술의 경험이 축적되면서 극복 가능하였으며, 본 연구에서도 결핵을 동반한 심한 늑막 유착이 있었던 경우가 3예, 수술 전 심한 폐동맥 고혈압을 보인 경우가 2예, 심각한 삼첨판막 질환 동반된 경우가 2예 있었으나 특별한 합병증 없이 다빈치 수술로봇을 이용한 수술이 가능하였다. 최근 저자들은 da Vinci 및 AESOP 3000 system을 이용한 로봇 심장수술을 승모판막 수술의 일차적인 접근 방법으로 채택하고 있으며, 술 전 경식도초음파 검사상 하행 대동맥에 중등도 이상의 동맥경화성 변화가 있거나, 수술적 치료가 요하는 대동맥 판막 질환 및 관상동맥 질환이 동반된 경우에 제한적으로 정중 흉골절개술을 시행하고 있다.

다빈치 수술로봇을 심장수술에 적용하고자 할 때 먼저 수술의 안전성 및 증가하는 의료비에 상응하는 가격대비 효과에 대한 신중한 고려가 있어야 할 것으로 생각된다.

Rodriguez 등[7]은 200예 이상의 다빈치 수술로봇을 이용한 승모판막 성형술의 결과를 보고하면서 심폐기 가동 시간, 대동맥 차단시간, 수술 사망률 및 잔존하는 승모판막 역류의 빈도 등에서 정중흉골 절개술과 유사한 성적을 보여 그 안전성을 보고하였다. 또한 Smith 등[8]은 다빈치 수술로봇을 이용한 승모판막 성형수술시에 수술창을 대신하는 1.5 cm 크기의 수술 port를 삽입한 후 완전 내시경적 승모판막 성형술을 시행하여 만족할만한 성적도 보고하기도 하였다. 저자들은 이미 AESOP 3000 system을 이용하여 450예 이상의 심장수술의 경험을 축적하였고, 이를 바탕으로 다빈치 수술로봇을 이용한 승모판막 성형술을 시행하여 사망 및 흉골절개로의 전환이 없고, 2도를 초과하는 잔존 승모판막 역류가 없는 만족스러운 조기 결과를 얻었다. 아직 경험이 부족하여 심폐기 가동시간 및 대동맥 차단시간이 다소 긴 측면이 있으나, 이는 경험의 축적에 따라 감소할 것 예상되며 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

다빈치 수술로봇을 이용한 관상동맥 우회술은 로봇 작동과 관련된 학습기간이 필요하므로 먼저 로봇을 이용한 내흉동맥 박리의 단계에서 시작하여, 로봇을 이용한 내시경적 문합을 심정지하에서 시행하거나, 심박동하에서 시행하는 완전 내시경적 관상동맥 우회술(Totally endoscopic coronary artery bypass, TECAB)의 단계로 점진적으로 진행

하는 것이 바람직할 것이다. 경험이 축적된 연구자의 경우 다빈치 수술로봇을 이용한 내흉동맥 박리시 30분대의 박리 시간과 2% 정도의 도관 손상을 보고하여 다빈치 수술로봇을 이용한 내흉동맥 박리의 효율성 및 안전성을 주장하였다[9]. 최근에는 다빈치 수술로봇을 이용한 완전 내시경적 관상동맥 우회술에 대한 유럽의 다 기관 연구결과가 보고되었으며, 총 228명의 환자에서 완전 내시경적 관상동맥 우회술을 시행하여 97%의 도관 개통률을 보고하였다[10]. 일부 저자들은 다빈치 수술로봇을 이용하여 심박동하 완전내시경적 동맥 도관의 연속문합을 성공적으로 시행하였다고 보고하기도 하였다[11]. 본 연구에서는 다빈치 수술로봇을 내흉동맥 박리에 국한하여 사용하였으며 단지 7예 시행 되었음에도 시행 초기에 비해 내흉동맥 박리시간을 현저하게 단축할 수 있었으며, 도관의 손상은 없었고, 수술직후 시행한 관상동맥 조영술 및 관상동맥 전산화 단층촬영 검사에서 100%의 문합부위 개통률을 보여 만족스러운 초기 결과를 보였다. 다빈치 수술로봇을 이용한 내흉동맥 박리시의 도관 손상의 발생빈도와 장기적인 도관 개통률 및 임상경험의 축적에 따른 내흉동맥 박리시간의 감소 등에 대해서는 향후 추가적인 연구가 요할 것으로 생각된다.

다빈치 수술로봇과 부가적인 운영장비의 구입을 위한 기본적인 투자 비용은 수술 받는 환자에게 분할상환의 방식으로 청구 되어서므로 로봇 심장수술을 받는 환자의 전체적인 의료비 상승은 불가피 한 것으로 알려져 있으나, 이러한 의료비 상승은 대부분 고가의 로봇 장비의 구매와 관련된 초기 투자비용에 기인한 것일 뿐 로봇수술 자체와 관련된 수술 전 후의 의료비 상승은 없는 것으로 알려져 있다[12]. 일부 저자들은 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술 시 재원기간을 줄여 병원의 병상가동률을 높이고, 새로운 의료기술에 대한 대중의 관심이 증가함으로 병원의 환자 유치 효과가 발생하여 병원경영의 측면에서 이점이 있으며, 환자 입장에서는 빠른 회복 및 직업으로의 복귀가 빨라져 사회경제적 비용의 절감 효과가 있다고 주장하였다[12]. 또한 로봇 심장수술을 시행 받은 환자에서 고식적인 정중 흉골 절개술을 시행 받은 환자에 비해 수술 후 삶의 질이 개선됨을 보고하여 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술 시 의료비 증가의 측면을 상쇄한다고 주장하였다[13]. 본 연구에서는 로봇 수술 후 출혈로 인한 재수술, 흉골감염 등의 심각한 합병증의 발생하지 않았고, 일반적인 정중 흉골 절개술 환자에 비해 짧은 5일의 평균 재원일수를 보여 입원비 감소의 효과를 보였다. 이러한

효과에도 불구하고 전반적인 진료비의 상승은 불가피 하였으나, 작은 수술 상처로 인한 환자의 만족도가 증가하고, 늑간 견인을 최소화 하여 수술 후 통증 경감 시키며 그로 인한 직업 및 일상생활로의 조속한 복귀를 가능하게 하는 장점이 있어 진료비 상승의 단점을 상쇄할 것으로 생각한다.

결 론

다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술은 승모판막 성형술, 삼첨판막 성형술, 심방중격 결손의 교정 및 관상동맥 우회술을 위한 내흉동맥의 박리 등에서 다양하게 적용되었으며, 비교적 안전하고 효과적인 초기 성적을 보였다. 본 연구를 계기로 국내에서도 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술의 임상적용 및 연구가 활발하게 진행될 것을 기대해 본다.

참 고 문 헌

1. Cho SW, Chung CH, Kim KS, et al. *Initial experience of robotic cardiac surgery.* Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2005;38:366-70.
2. Kim DJ, Chung KY, Park IK, Park SY. *First experience of thoracic surgery with the da Vinci™ surgical system in Korea.* Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2006;39:482-5.
3. Park SY, Lee S, Joo HC, Yang HS, Park YH, Park HK. *First experience of cardiac surgery using da Vinci™ surgical system in Korea.* Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2007;40:128-31.
4. Shin HJ, Kim HJ, Choo SJ, et al. *Thoracoscopic aortic valve replacement assisted with AESOP (Automated Endoscope System for Optimal Positioning) 3000.* Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2005;38:507-9.
5. Jacobs S, Falk V, Holzhey D, Mohr FW. *Perspectives in endoscopic cardiac surgery.* Comput Biol Med 2007;37:1374-6.
6. Kypson AP, Nifong LW, Chitwood WR Jr. *Robotic mitral valve surgery.* Surg Clin North Am 2003;83:1387-403.
7. Rodriguez E, Kypson AP, Moten SC, Nifong LW, Chitwood WR Jr. *Robotic mitral surgery at East Carolina University: a 6 year experience.* Int J Med Robot 2006;2:211-5.
8. Smith JM, Stein H, Engel AM, McDonough S, Lonneman L. *Totally endoscopic mitral valve repair using a robotic-controlled atrial retractor.* Ann Thorac Surg 2007;84:633-7.
9. Oehlinger A, Bonaros N, Schachner T, et al. *Robotic endoscopic left internal mammary artery harvesting: what have we learned after 100 cases?* Ann Thorac Surg 2007; 83:1030-4.
10. de Canniere D, Wimmer-Greinecker G, Cichon R, et al. *Feasibility, safety, and efficacy of totally endoscopic coronary artery bypass grafting: multicenter European experience.* J Thorac Cardiovasc Surg 2007;134:710-6.
11. Ak K, Wimmer-Greinecker G, Dzemali O, Moritz A, Dogan S. *Totally endoscopic sequential arterial coronary artery bypass grafting on the beating heart.* Can J Cardiol 2007;23:391-2.
12. Morgan JA, Thornton BA, Peacock JC, et al. *Does robotic technology make minimally invasive cardiac surgery too expensive? A hospital cost analysis of robotic and conventional techniques.* J Card Surg 2005;20:246-51.
13. Morgan JA, Peacock JC, Kohmoto T, et al. *Robotic techniques improve quality of life in patients undergoing atrial septal defect repair.* Ann Thorac Surg 2004;77: 1328-33.

=국문 초록=

배경: 최근 수술 로봇을 이용한 심장수술에 대한 관심이 증가하고 있으나, 이에 대한 임상연구는 제한적이다. 본 연구는 2007년 8월부터 저자들에 의해 시행된 다빈치 수술 로봇을 이용한 심장수술의 조기 임상 경험을 보고하고, 로봇 심장수술 실현성 및 안정성을 살펴보고자 하였다. 대상 및 방법: 2007년 8월부터 12월까지 총 20명의 환자에게 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술을 시행하였다. 승모판막 질환(n=11), 삼첨판막 질환(n=1), 심방중격결손증(n=1)의 수술시에는 우측 대퇴 동정맥 및 우측 내경정맥을 이용한 말초 삽관 후 체외 순환을 시행하였고, 전방성 심정지액 투입 및 흉곽의 늑간을 통한 대동맥 결자를 시행한 후 개심술을 시행하였다. 7명의 환자에서 최소 침습적 관상동맥 우회술(MIDCAB)을 시행하기 위하여 다빈치 수술로봇을 이용하여 좌측 혹은 양측 내흉동맥을 박리하였다. 결과: 환자의 평균 나이는 50.1±15.1세(26~78)였으며, 11예의 승모판막 성형술시 3예의 Maze 수술 및 1예의 삼첨판막 성형술이 동반되었다. 평균 체외순환시간은 208.0±61.3분, 평균대동맥 차단시간은 158.8±40.6분이었다. 승모판막 성형술 후 2도를 초과하는 잔존하는 승모판막 역류는 없었으며 수술 후 재원 기간의 중간값은 4일이었다. 다빈치 수술로봇을 이용한 내흉동맥의 박리는 6명의 환자에서 좌측 내흉동맥을 박리하였고, 1명의 환자에서 양측 내흉동맥을 박리하였으며 평균 내흉동맥 박리 시간은 43.2±12.0분이었다. 박리된 내흉동맥은 양호한 혈류를 보였으며, 좌전 개흉술 후 직접시하에서 문합을 시행하였다. MIDCAB으로 시행한 문합의 개통률은 100% (18/18)였다. 결론: 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술은 승모판막 성형술, 삼첨판막 성형술, 심방중격 결손의 교정 및 관상동맥 우회술을 위한 내흉동맥의 박리 등에서 다양하게 적용되었으며, 비교적 안전하고 만족할만한 조기 성적을 보였다. 본 연구를 계기로 국내에서도 다빈치 수술로봇을 이용한 심장수술의 임상적용 및 임상연구가 활발하게 진행될 것을 기대한다.

- 중심 단어 : 1. 최소침습수술
2. 로봇
3. 심장수술