

## 로봇 보조 대동맥-대퇴동맥 우회술

서울대학교 의과대학 외과학교실

엄방울 · 이태승 · 김형호 · 한호성 · 하종원 · 정중기 · 김상준

### Robot Assisted Aorto-femoral Bypass

Bang Wool Eom, M.D., Taeseung Lee, M.D., Hyung-Ho Kim, M.D., Ho-Seong Han, M.D.,  
Jongwon Ha, M.D., Jung Kee Chung, M.D., Sang Joon Kim, M.D.

Department of Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Laparoscopic vascular surgery has not been widely embraced by vascular surgeons because of the specific technical skills needed in performing vascular anastomosis. Robot assisted vascular surgery has shown the possibility to overcome several limitations of laparoscopic vascular surgery in previous studies. We report two cases of robot assisted aortofemoral bypass grafting for aortoiliac occlusive disease. Two male patients, 65 and 62 years old were admitted complaining of disabling claudication. CT angiography revealed total occlusion of left iliac artery and bilateral superficial femoral arteries in one case and concentric stenosis of lower abdominal aorta, severe occlusion of left common iliac artery in the other case. Laparoscopic aortofemoral bypass grafting was performed with a proximal end-to-side anastomosis constructed with robotic arms using Dacron graft. Femoral anastomosis was performed in the conventional method. The aortic clamping times were 80 and 198 minutes and operating times were 435 and 605 minutes, respectively. The patients were discharged uneventfully on postoperative days 20 and 13. Robot assisted vascular surgery is a technically feasible and safe procedure. (*J Korean Surg Soc* 2009;76:266-269)

**Key Words:** Robot assisted aortofemoral bypass, Aortoiliac occlusive disease

중심 단어: 로봇 보조 대동맥-대퇴동맥 우회술, 대동맥-장골동맥 폐색 질환

## 서 론

1993년 Dion 등(1)이 복강경 보조 대동맥-대퇴동맥 우회술(Laparoscopic assisted aortofemoral bypass)을 보고한 이후, 복강경 대동맥 수술의 안정성과 기술적 가능성은 여러 연구를 통해 검증되었다. 복강경 대동맥 수술은 개복수술에 비해 조직손상이 적고, 수술 후 회복이 빠르다는 장점이 있지만, 시야확보가 어렵고, 복강경 기구의 움직임 범위가 제한되어 있어 혈관 문합 시 고도의 기술이 요구된다. 또한

숙련되기까지 전체 수술시간이 개복 수술에 비해 길고 이에 따른 합병증률과 사망률을 감안해야 한다는 점에서, 보편성을 획득하는 데 한계가 있었다. 그러나 로봇 수술 시스템을 사용하면 개복 수술과 유사한 손동작으로 봉합, 매듭 짓기 등을 할 수 있어 복강경 수술의 단점들을 극복하게 되었고, 현재는 세계 각국에서 꾸준히 시도되고 있다.

저자들은 2005년 복강경 보조 대동맥수술 증례와 완전 복강경 대동맥-대퇴동맥 우회술 2예를 보고한 바 있으며,(2,3) 최근 다빈치 수술 시스템(da Vinci Surgical System, Intuitive surgical Inc, Sunnyvale, CA, USA)을 이용하여 로봇 보조 복강경 대동맥-대퇴동맥 우회술 2예를 성공적으로 시행하였기에 이를 보고하고자 한다.

책임저자: 이태승, 경기도 성남시 분당구 구미동 300번지

☎ 468-802, 분당서울대학교병원 외과

Tel: 031-787-2480, Fax: 031-787-4055

E-mail: tslee@snubh.org

접수일 : 2008년 6월 27일, 게재승인일 : 2008년 10월 9일

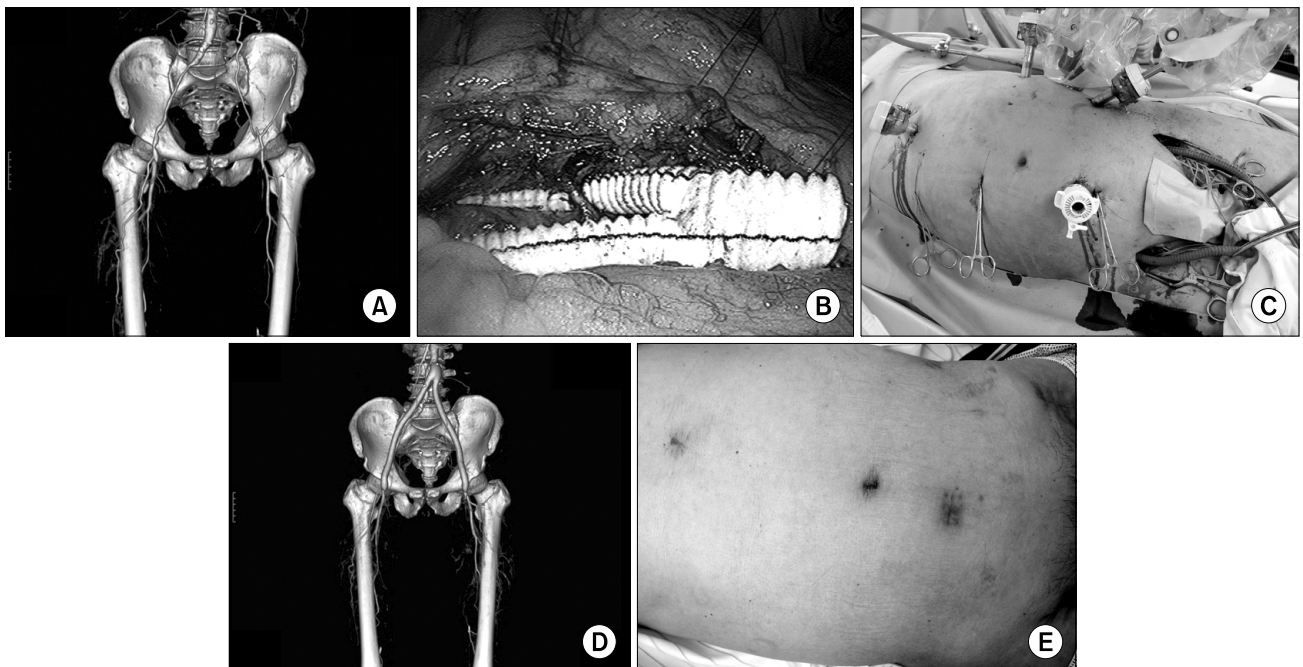
## 증례

## 증례 1

65세 남자 환자가 10년 전부터 시작된 좌측 하지의 파행과 4년 전부터 점차 심해지는 양측 하지 통증을 주소로 내원하였다. 환자는 고혈압과 전립선 비대증으로 약물을 복용하고 있었으며, 심장병, 당뇨, 간질환 등의 과거력은 없었다. 전산화 단층촬영 혈관 조영술에서 좌측 총장골동맥의 폐색과 우측 장골동맥의 다발성 협착, 양측 대퇴동맥의 완전 폐색이 관찰되었고(Fig. 1A), 동맥 파형검사서 양측 대퇴동맥의 단상파형(monophasic waveform)이, 발목상완동맥 압지수(ankle brachial pressure index, ABI) 검사에서 우측 및 좌측이 각각 0.70 및 0.49로 측정되었다.

우측 반 횡와위(right semi-lateral position), 즉, 환자의 몸을 45° 가량 우측으로, 10~15° 정도 Trendelenberg로 기울인 상태에서 양측 서혜부 절개를 통해 대퇴동맥을 노출시킨 후, 수술대를 우측으로 회전시켜 80° 복부 횡와위로 위치시켰다. 검상돌기 아래에 11 mm 포트를 넣고 이를 통해 기복

상태를 만든 다음, 좌측 전액와선에 로봇 양팔과 카메라가 위치할 세 개의 포트, 배꼽 하방에 대동맥 겸자가 들어갈 한 개의 포트, 그리고 좌측 하부에 보조 수술자가 사용할 한 개의 포트, 이렇게 총 6개의 11 mm 포트를 삽입하였다. 이후 신정맥 하방부터 대동맥 분기점까지 대동맥의 좌측 후복막을 박리(modified transabdominal direct approach)하여 대동맥을 노출시켰다. 대동맥의 우측 면까지 박리된 후복막을 복벽에 꿰매어 위로 고정된 후(Fig. 1B), 다빈치 로봇 수술 시스템을 환자 우측에 설치하였다. 이후, Y형 Dacron 인조혈관 이식편을 복강 내로 삽입하고, 미리 박리해 놓은 양측 대퇴부를 통하여 인조혈관을 위치시켰다(Fig. 1C). 신정맥 하방 대동맥과 대동맥 분지 상부를 복강경 대동맥 겸자로 차단한 후, 로봇 수술 시스템으로 근위부 대동맥을 절개하였고, 2개의 3-0 polypropylene (Ethicon, Johnson-Johnson Intl. Langhorne, PA, USA)을 사용하여 대동맥-인조혈관 측단 문합을 시행하였다. 문합은 연속적으로 봉합하였으며, 여러 개의 단순 봉합을 추가하였다. 이후, 대동맥 차단을 풀고 지혈한 다음 후복막을 봉합하였고, 양측 대퇴동맥-인조혈관 측단 문합을 시행하였다. 총 수술 시간은 435분이 소



**Fig. 1.** (A) Preoperative CT angiography shows total occlusion of left iliac artery and bilateral superficial femoral arteries. (B) Intraoperative laparoscopic view; Y type Dacron vascular prosthesis was located and retroperitoneal tissue was fixed to abdominal wall. (C) Operative view; Five trocar ports were inserted and three robot arms were applied. Bilateral iliac limbs of graft were placed at bilateral groins. (D) Postoperative CT angiogram shows good patency of bilateral iliac grafts. (E) Postoperative picture shows small sized abdominal wounds.

요되었으며 대동맥 차단시간은 80분이었다. 수술 중 두 단위의 농축 적혈구를 수혈하였고, 추정 혈액 손실은 1,200 ml, 중환자실 체류기간은 2일이었다. 수술 후 12일째 촬영한 전산화 단층촬영 혈관 조영술에서 인조혈관의 개방성이 잘 유지됨을 확인하였으며(Fig. 1D) 환자는 3일째 식이를 진행하였고, 20일째 특별한 문제없이 퇴원하였다(Fig. 1E). 이후 외래 방문 시 술 전 파행증 증상은 소실되었다.

## 증례 2

62세 남자환자가 4년 전부터 시작된 파행과 4일 전부터 심해진 무릎 통증을 주소로 내원하였다. 환자는 내원 20년 전부터 당뇨를 진단 받고 식이 조절 및 약을 복용하였으며, 고혈압, 심장병, 간질환 등의 과거력은 없었다. 전산화 단층촬영 혈관 조영술에서 원위부 대동맥 협착 및 좌측 총장골 동맥의 완전 폐색이 있었고(Fig. 2), 동맥파형 검사에서 좌측 대퇴동맥의 단상파형(monophasic waveform)이 관찰되었으며, 발목상완동맥압지수(ankle brachial pressure index, ABI)는 우측 및 좌측이 각각 0.80 및 0.51로 측정되었다.

증례 1과 동일한 방법으로 6개의 포트를 삽입하여, 대동맥 차단과 로봇 수술 시스템 설치, 대동맥 문합을 증례 1과 동일한 방법으로 진행하였고, 후복막 봉합 후 좌측 대퇴동맥-인조혈관 측단 문합을 시행하였다. 총 수술 시간은 605분, 대동맥 차단시간(aortic clamp time)은 198분이었다. 수술 중 2 단위의 농축 적혈구를 수혈하였고, 추정 혈액 손실은 1,200 ml, 중환자실 체류기간은 3일이었다. 이류와 허혈 재



**Fig. 2.** Preoperative CT angiography shows concentric stenosis of lower abdominal aorta, occlusion of left common iliac artery and external iliac artery.

관류 손상은 없었고 수술 후 파행증 증상은 소실되었으며, 수술 후 3일째 식이를 진행하였고, 13일째 퇴원하였다. 한편, 환자는 수술 후 발생한 우측 손목 운동장애를 동반한 요골신경병증으로 입원기간 동안 재활치료를 받았는데, 이는 오랜 수술 시간 동안 우측으로 기울인 자세를 유지했기 때문으로 추정된다.

## 고 찰

전 세계적으로 각종 분야에서 지향되고 있는 최소 침습 수술은 혈관 외과 분야에 있어 크게 두 가지 흐름을 형성하고 있다. 첫 번째인 혈관 내 시술은 중재적 방사선 기술과 인조혈관을 이용한 것으로, 점차 그 영역이 확대되고 있으며, 특히 고위험군에 있어 그 안전성과 효과가 널리 인정되고 있다.<sup>(4)</sup> 그러나 병변의 해부학적 구조가 혈관 내 시술에 적합하지 않은 경우 시술하는 데에 어려움이 있고, 시술에 실패했거나 재발한 경우, 수술적 치료가 불가피하다. 두 번째인 복강경 혈관 수술은 기존의 개복 수술에 비해 최소한의 피부절개와 조직손상으로 통증 및 합병증률과 사망률을 줄이고, 빠른 회복을 기대할 수 있는 방법이지만, 기술적으로 매우 어렵고 습득하는데 오래 걸린다는 단점이 있다.

로봇 보조 수술은 이러한 복강경 혈관 수술의 한계를 넘어설 수 있는 방법으로, 수술의가 로봇과 연결된 두 개의 조절 손잡이를 이용하여 자유로운 손동작을 구사할 수 있어, 기존의 복강경 수술에 비해 훨씬 쉽고 빠르게 수술할 수 있다. 특히 혈관 문합을 짧은 시간 내에 시행할 수 있게 됨에 따라 대동맥 혈류 차단 시간을 줄여 합병증률과 사망률 감소를 기대할 수 있다. 실제로 Stadler 등<sup>(5)</sup>은 30예의 로봇 보조 수술을 분석한 연구에서, 대동맥 혈류 차단 시간과 전체 수술시간을 각각 54분과 236분으로 보고하였는데, 이는 복강경 수술에서의 69분과 259분에 비해 짧아, 로봇 보조 수술이 안전하고 효과적이라고 주장하였다.

반면, 앞으로 개선해야 할 로봇 보조 수술의 단점 또한 있는데, 그 첫 번째는 환자의 자세를 위치시키는 것부터 시작해서 적절한 포트 삽입, 로봇 장비 설치 등에 많은 시간이 소요되고 따라서 수술팀의 숙련도가 요구된다는 점이다. Kolvenbach 등<sup>(6)</sup>은 로봇 보조 수술이 복강경 수술에 비해 대동맥 문합 시간은 유의하게 감소한 반면 총수술시간이 오래 걸리는 원인을 지적하였는데, 장비를 설치하는 것이 복잡할 뿐 아니라, 기구가 파손되거나, 로봇 팔의 움직임에 제한이 있어 멈추는 상황, 목소리 조절 장비가 작동하지 않

는 경우 등을 원인으로 들었다. 본 증례에서 수술시간이 길었던 주된 이유는 첫째, 수술팀의 경험 부족으로 로봇 장비를 적절히 설치하는데 시행착오가 많았다는 점이다. 체형이 큰 서구환자들에 비해 복강 내 공간이 작아 포트 간의 충분한 거리를 확보하는 것이 쉽지 않았고, 따라서 기구의 충돌방지를 위해 본체와 수술침대 각도고정에 많은 시간이 소요되었다. 둘째, 증례 1의 경우 대동맥 주변의 염증이 심하여 안전한 문합을 위한 대동맥 박리에 상당 시간 소요되었고, 증례 2에서는 문합 도중 대동맥벽이 찢어져 pledge를 이용하여 보강 문합을 하는데 상당시간이 소요되었다.

두 번째는, 로봇 수술에서는 촉각을 전혀 감지할 수 없다는 것으로 이는 상당한 위험성을 내포한다. 즉 혈관 문합 시 수술자는 봉합의 강도를 느낄 수 없기에 그 안전성을 확신하기 어렵고, 이는 수술의 성과와 직결된다. 이를 보완하기 위해 우수한 화질, 자유로운 확대, 축소 기능, 보조자가 멀리 떨어져 있는 수술자와 소통할 수 있게 만든 목소리 조절 시스템 등 다른 감각 도구를 강화하였다. 또한, 최근에는 안전한 강도를 유지한다고 밝혀진 ePTFE 등의 봉합사를 사용하는 등의 시도가 여러 연구를 통해 보고되고 있다.(7,8)

세 번째는, 로봇 보조 수술이라 하더라도, 로봇 팔에 장착되는 장비의 제한 및 비용 문제로 로봇은 혈관 문합과 지혈 등 전체 수술 중 일부에만 사용되고 대부분의 과정들이 여전히 복강경 술식으로 이루어진다는 점이다. 따라서 혈관 박리에 필요한 복강경 기술과 포트 위치 선택 및 삽입, 시야 확보 등의 복강경 관련 기술과 경험이 필수적으로 요구된다.

이 외에도 고가의 수술비, 크고 복잡한 장비, 설치의 번거로움 등이 문제점으로 지적될 수 있다.

이상으로 살펴보았듯이 로봇 보조 복강경 혈관 수술은 많은 한계점을 가지고 있다. 그러나 향후 수술 증례가 증가하고 수술의를 비롯한 수술팀의 경험이 축적된다면 수술 장비 설치가 빨라지게 되고, 수술시간과 합병증률 등도 개선될 것으로 여겨진다. 또한 동맥 폐색 질환뿐 아니라

Kolvenbach 등(6)의 연구에서처럼 대동맥류에서의 근위 대동맥-인조혈관 단단 문합, 나아가 장골동맥-인조혈관의 단단 문합까지 시도할 수 있을 것으로 기대한다.

로봇 보조 혈관 수술은 혈관 내 치료와 복강경 수술의 한계를 극복할 수 있는 효과적이면서도 저침습적인 치료 대안이며 이를 위해서는 로봇 수술 시스템의 단점을 보완하기 위한 수술 도구의 성능 개선과 함께 의료진의 경험 축적 및 무작위 연구 등의 지속적인 연구가 필요할 것이다.

## REFERENCES

- 1) Dion YM, Katkhouda N, Rouleau C, Aucoin A. Laparoscopy-assisted aortobifemoral bypass. *Surg Laparosc Endosc* 1993;3: 425-9.
- 2) Lee T, Kim HH, Han HS, Choi YS, Lee SI, Ha J, et al. Laparoscopic-assisted aortofemoral bypass. *J Korean Surg Soc* 2005;69:269-72.
- 3) Lee T, Ra HD, Kim HH, Han HS, Ha J, Chung JK, et al. Total laparoscopic aortobifemoral bypass. *J Korean Surg Soc* 2007;72:332-5.
- 4) Prinssen M, Verhoeven EL, Buth J, Cuypers PW, van Sambeek MR, Balm R, et al. A randomized trial comparing conventional and endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2004;351:1607-18.
- 5) Stadler P, Matous P, Vitasek P, Spacek M. Robot-assisted aortoiliac reconstruction: a review of 30 cases. *J Vasc Surg* 2006;44:915-9.
- 6) Kolvenbach R, Schwierz E, Wasilljew S, Miloud A, Puerschel A, Pinter L. Total laparoscopically and robotically assisted aortic aneurysm surgery: a critical evaluation. *J Vasc Surg* 2004;39:771-6.
- 7) Diks J, Nio D, Linsen MA, Rauwerda JA, Wisselink W. Suture damage during robot-assisted vascular surgery: is it an issue? *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2007;17:524-7.
- 8) Desgranges P, Bourriez A, Javerliat I, Van Laere O, Losy F, Lobontiu A, et al. Robotically assisted aorto-femoral bypass grafting: lessons learned from our initial experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2004;27:507-11.