

식도암 환자에서 다빈치 수술 로봇을 이용한 식도절제술

연세대학교 의과대학 세브란스병원 흉부외과학교실

김 대 준

The da Vinci[®]-assisted Transthoracic Esophagectomy in Esophageal Carcinoma

Dae Joon Kim, M.D.

Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery,
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

I. 서 론

과거의 수술은 큰 피부 절개를 통하여 시행되었으며 이는 환자에게 심한 통증을 유발 시키고, 긴 회복시간을 필요로 하며 의료 비용을 상승시킨다. 그러나, 최근 과학 및 의료 기술의 비약적인 발달로 인하여 수술 방법에 있어 여러 가지 변화들이 발생하고 있다. 약 20년 전부터 외과 분야에서 고전적인 수술의 개념을 벗어나 최소침습적 수술(minimally invasive surgery)의 개념이 도입되기 시작하였으며, 작은 카메라를 기구에 부착한 내시경이 개발되어 작은 포트를 통하여 환자의 신체 내부의 모습을 절개 없이 관찰할 수 있게 되었다. 최소침습적 수술이 환자의 통증 감소와 회복시간의 단축 등 여러 가지 순기능을 가지고 있기는 하지만 수술의가 자신의 손을 보지 않고 2차원 화면을 통해 수술을 진행해야 하는 기술적인 장애가 있다. 즉, 실제 수술 시야와 차이가 있는 2차원 화면과 제한된 움직임은 가지는 수술 기구들로 인하여 내시경을 이용한 수술은 일부 수술에만 적용될 수 있는 한계가 있었다. 이러한 내시경의 제한점들을 극복하고자 여러 로봇 수술 시스템이 개발되기 시작하였다. 1980년대

후반부터 개발되기 시작한 로봇 수술 시스템은 주로 정형외과와 비뇨기과 영역에서 사용되었으나 카메라를 고정하는 등의 간단한 동작만을 구현할 수 있었다.¹⁾ 1990년대 후반부터 소개되기 시작한 다빈치 로봇의 등장으로 여러 다양한 분야의 수술에 최소침습적 수술들이 시행되었다. 다빈치 로봇 시스템(da VinciTM surgical system: Intuitive Surgical Inc., Sunnyvale, CA, USA)은 3차원 입체영상하에서 수술 기구가 사람의 손목처럼 구부러지는 동작을 구현함으로써 제한된 공간에서도 다양한 조작이 가능하며, 마치 환자를 직접 보면서 수술하듯이 자유로운 동작을 구사하는 수술을 가능하게 하였으며, 직관적인 시야와 인체공학적인 설계로 수술자에게도 큰 편리성을 제공하게 되었다.

최근 흉부외과 영역에서도 진단 또는 치료를 위해 흉강 내시경을 이용한 수술이 널리 시행되고 있으며,²⁾ 2005년 연세대학교 의과대학 세브란스 병원에 국내 최초로 다빈치 로봇 시스템이 도입되어 일반 흉부외과 영역, 특히 식도암의 수술에 사용하였기에 문헌 고찰과 함께 수술 결과를 살펴보고자 한다.

II. 다빈치 시스템의 구성

현재 사용되고 있는 다빈치 S 로봇은 크게 세 부분으로 나눌 수 있는데, 네 개의 로봇팔이 장착된

교신저자 : 김대준, 120-752, 서울시 서대문구 성산로 250
연세대학교 의과대학 세브란스병원 흉부외과학교실
전화 : 02-2228-2140 FAX : 02-393-6012
E-mail : kdjcool@yuhs.ac

로봇 팔 부분, 외과의사가 앉아서 조작을 하게 되는 작업대, 로봇팔과 작업대를 연결하는 통합조절카트로 이루어져 있다. 수술자는 인체공학적으로 설계된 작업대에 앉아서 컴퓨터가 제어하는 운동크기 조절 제어 시스템의 도움을 받아 자연적으로 발생하는 의사의 미세한 손떨림을 보정하여 3차원 입체 영상 하에서 수술대와 떨어진 작업대에서 로봇 팔에 부착된 기구들을 움직여 수술을 진행한다.

III. 다빈치 시스템의 장점

다빈치 로봇 시스템은 실제 보이는 것과 유사한 3차원 입체 영상을 제공하여 수술 하고자 하는 해부학적인 구조물을 사실적으로 보여준다. 또한, 디지털 줌을 이용하여 수술 부위의 확대도 가능하며 수술 기구들과 카메라의 간섭을 최소화 할 수 있으며 30도 카메라를 사용하여 0도 카메라로 접근하기 힘든 부분까지 접근 가능하게 되었다. 이러한 뛰어난 영상은 수술의로 하여금 수술 부위의 정확한 조작 및 절제를 가능하게 하여 중요한 장기나 혈관, 또는 신경 같은 주위 조직의 손상을 방지할 수 있게 하였다.

다빈치 시스템의 손떨림 감소 기능과 움직임 제어 방식은 사람의 손이 할 수 있는 능력의 범위를 넘어선 정확한 손 동작을 구현할 수 있다. 조작의 용이성과 직관적인 움직임은 마치 환자를 직접 보고 수술 하듯이 느낄 수 있으며 수술의는 기술 습득에 걸리는 시간을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 여러 가지 다양한 수술 기법들을 시도할 수 있게 하였다. EndoWrist[®] system 기구들을 이용하여 흉강이나 복강, 골반강 같은 한정된 공간 내에서도 작은 포트(port)를 통하여 복잡한 수술 과정을 다른 조직에는 손상을 주지 않고 쉽고 정확하게 할 수 있다.

다빈치 시스템은 수술의가 인체공학적으로 설계된 작업대에 앉아서 수술을 할 수 있어 피로도 감소로 편하게 수술을 진행할 수 있다. 또한, 이전 내시경 수술과는 달리 눈과 손이 일직선 상에 있어 움직임이 더욱 자연스럽다. 수술 중 카메라와 수술 기구들을 로봇팔이 고정하고 있기 때문에 보조의의 피로도 또한 감소한다. 그리고, 기계적인 로봇팔의 힘에 의해 수술이 진행되기 때문에 비교적 큰

체질량 지수 환자에서도 비교적 쉽게 최소침습적 수술을 시행할 수 있게 되었다.

IV. 식도암 환자에서의 다빈치 시스템

식도암 환자에 있어 고전적인 개흉술과 개복술을 통한 식도암의 수술적 치료는 수술 후 통증 및 폐손상으로 호흡의 제한이 발생하며 그로 인해 유발되는 폐렴, 급성 호흡곤란 증후군 등과 같은 호흡기계 합병증은 약 20% 정도의 환자에서 발생한다. 또한, 이러한 합병증들은 수술 후 높은 사망률의 주요 요인으로 작용한다. 최근 수술 기법과 술 후 환자 관리 면에서 많은 발전이 있었음에도 불구하고 사망률과 합병증 발생률은 여전히 높은 상태로 이에 내시경을 이용한 최소침습적 식도 절제술이 시행되고 있는데, 이는 적은 통증과 작은 절개, 폐손상을 최소화 하여 개흉술에 따른 유병률 및 사망률을 크게 감소시키는 장점이 있다.^{3,4)} Smithers 등은 483명의 식도암 환자를 대상으로 고전적 개흉술과, 흉강경 또는 흉강경과 복강경을 이용한 최소침습적 식도절제술의 결과를 비교하여 최소침습적 식도절제술이 수술 중 출혈량과 재원기간 및 수술 후 사망률에서 우수한 결과를 얻었을 뿐만 아니라 수술 후 중장기 생존율에 있어서도 개흉술과 유의한 차이를 보이지 않는다고 보고하였다.⁵⁾ 그러나, 일반 흉강경을 이용하여 식도암 환자에서 식도 절제술을 시행할 경우, 종격동 림프절의 절제가 어려웠으나 다빈치 로봇은 폐혈관, 기도, 대동맥, 되돌이 후두신경 등과 같은 주요 장기들과 인접한 식도주위의 조직들을 안전하게 절제할 수가 있다.⁶⁾ 식도암 환자에서 다빈치 로봇을 이용한 식도절제술은 2003년, Horgan 등⁷⁾이 횡격막 열공을 통한 접근 방법을 시행한 것이 처음이었으며, 이후 Kernstine 등⁸⁾이 흉강을 통한 식도 및 림프절의 완전 절제술을 보고한 후 시행 빈도가 급속히 증가하고 있다. Hillergersberg 등⁹⁾은 21명의 식도암 환자를 대상으로 다빈치 로봇으로 흉강을 통한 식도절제술을 시행하여 종격동 부위의 정확한 절제가 가능하며 이로 인해 수술 후 합병증 발생률을 줄이면서 식도 및 종격동 림프절의 완전 절제를 효과적으로 시행할 수 있다고 발표하였다.



Fig. 1. Position of the patient (Left) and the set-up of robotic arms (Right)

V. 다빈치 수술 로봇 시스템을 이용한 식도절제술 치험

국내에서 다빈치 수술 로봇은 2005년 5월, 연세대학교 의과대학 세브란스 병원에 처음 도입되고 7월에 식품의약품안전청의 승인을 받아 수술에 이용되기 시작하였다. 본 연세대학교 의과대학 흉부외과 교실에서는 2006년 7월, 다빈치 수술 로봇을 이용한 식도 및 림프절 절제술을 처음 시작하여 2007년 8월까지 14명의 흉부 식도암 환자를 치료하였다.

수술은 이중 기관 내관(double lumen endotracheal tube)를 기관 내 삽관한 후 복외위로 변경하고 우측 흉부로 접근 하였다. 먼저 카메라 포트를 통해 30도 내시경을 삽입하여 흉강 내부를 관찰한 후 유착이 심하지 않음을 확인하고 CO₂가스를 주입하였다. 카메라 포트 이외에 2개의 포트를 삽입하고 로봇팔에 부착된 Cadiere forcep과 hook electrocautery를 삽입하였다. 추가로 보조의를 위한 포트를 한 개 더 삽입하였다.(Fig. 1) 일측 폐 환기 하에 수술의는 작업대에 앉아 로봇팔을 조정해 식도 전장 및 종격동 림프절 부위를 en bloc pattern으로 박리하였다. (Fig. 2) 지혈 및 흉강 세척을 하고 한 개의 흉관을 삽입하였다. 대용장기는 위를 사용하였고 식도 위 문합은 경부에서 시행하였다.

심한 늑막 유착으로 개흉술로 전환한 1명의 환자를 제외한 13명의 환자에서 총 수술 시간은 평균 467.5±82.7분이었으며 이중 식도 절제에 소요된 시간은 평균 131.0±45.6분이였다. 후반기 7명 환자의

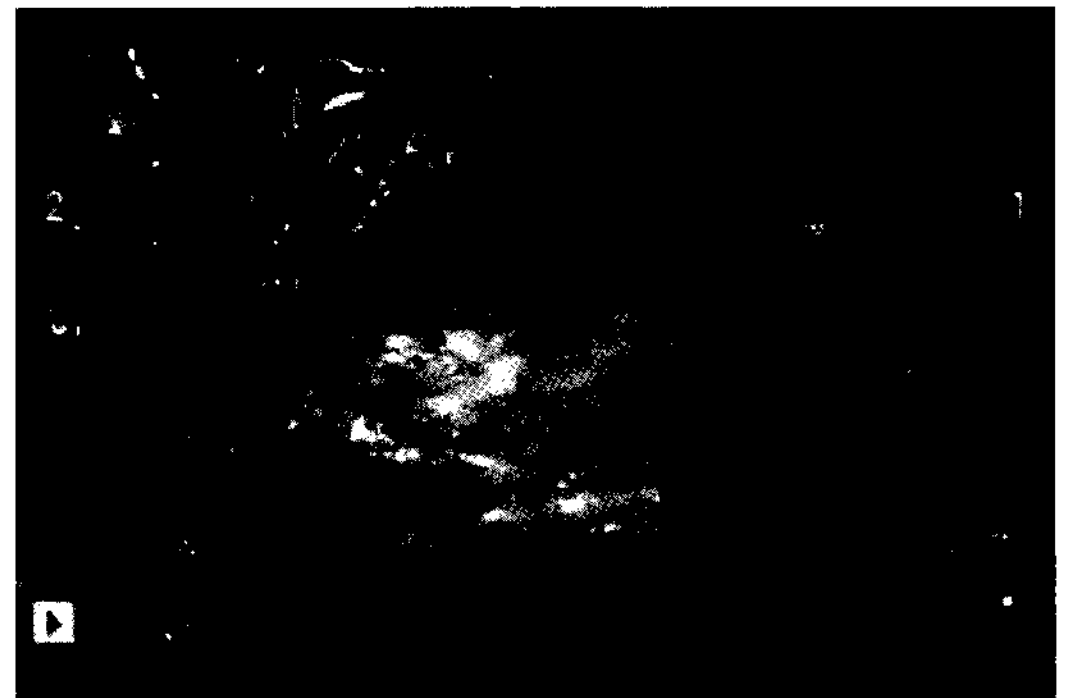


Fig. 2. Esophagus is dissected with adjacent lymph nodes with Cadiere forceps and a hook cautery

식도 절제 시간은 전반기 6명의 환자보다 짧아 경향이 축적될수록 수술 시간을 단축할 수 있었다 (92.1±14.8분 vs. 176.3±12.8분, p=0.0001). 수술 후 사망은 발생하지 않았으며 수술 후 합병증으로 경부 식도·위 문합 부위의 누출과 성대마비가 각각 3례 있었으나 호흡기계와 관련한 합병증은 발생하지 않았다. 원발부위는 모두 완전절제가 가능하였으며, 절제된 림프절의 중앙값은 34개(15~67개)였다. 흉관은 수술후 평균 5일째 제거하였으며, 통증 점수(Numerical pain intensity scale)는 수술후 3, 7, 14일에 3, 5, 3점이였다. 현재 외래에서 추적관찰중으로 종양학적 관점에서의 결과는 추가적인 연구가 따라야 할 것으로 생각된다.

VI. 결 론

고전적인 수술 방법의 개념을 벗어난 내시경을 이용한 최소침습적 수술법은 환자의 신체에 적은

손상을 주며 환자의 통증 및 회복 시간의 감소와 합병증 및 사망률의 감소 등 외과 수술 영역에서 여러 가지 획기적인 변화들을 가져왔다. 그러나, 이러한 내시경의 장점에도 불구하고 기술적인 장애들로 인하여 다양한 수술 분야에 적용되기는 불가능한 점들이 많았다. 최근 개발된 다빈치 로봇 시스템은 이러한 내시경의 단점을 보완, 극복하여 내시경으로 시행하지 못했던 여러 가지 수술을 가능하게 하였다.

특히, 수술 후 높은 유병률 및 사망률을 보이는 식도암에서 로봇을 이용한 수술은 문헌들에서 보는 바와 같이 이러한 식도암 수술의 위험성을 크게 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 본원의 치험에서도 다빈치 로봇으로 수술 시, 수술 후 사망이 발생하지 않았으며 식도암 수술 후 흔히 발생하는 호흡기계 합병증 또한 발생하지 않았다.

수술을 하면서 느낀 다빈치 수술 로봇의 장점은 첫째, 수술 기구를 자유롭게 구부릴 수 있어 제한된 공간에서 다양한 조작이 가능하고, 둘째, 3차원 입체시야에서 수술을 하기 때문에 실제로 손으로 조직을 박리하는 듯이 수술하는 것이 가능하였다. 또한, 직관적인 시야와 손 움직임으로 인하여 수술 수기의 숙달도 비교적 빠른 시간 내에 얻을 수 있었다.

그러나, 이러한 다빈치 로봇의 여러 가지 장점에도 불구하고 촉감이 전혀 전달되지 않아 수술 시 인체 조직에 손상을 주거나 봉합 시 어려움이 발생할 수 있는 단점과 수술비가 고가인 점등은 개선해 나가야 할 점으로 생각된다. 또한, 일부 흉부외과 영역의 수술 시 필요한 다양한 기구들의 개발 또한 필요할 것이다.

로봇 수술은 외과 수술에 있어 새롭게 시작된 분야이지만, 최소침습적 수술의 개념이 날로 발전하는 현재 상황에서 더욱더 발전할 것으로 생각되

며, 지금보다 더욱 정교한 로봇 개발로 인해 쉽고 빠르게 수술하면서도 환자에게는 더 빠른 회복기간, 통증의 감소, 우수한 미용효과를 제공할 수 있을 것이다.

References

1. Challacombe BJ, Khan MS, Murphy D, Dasgupta P. *The history of robotics in urology. World J Urol* 2006;24:120-127.
2. Roviato GC, Varoli F, Vergani C, Maciocco M. *State of the art in thoracoscopic surgery: a personal experience of 2000 videothoroscopic procedures and an overview of literature. Surg Endosc* 2002;16:881-892.
3. Luketich JD, Schauer PR, Christie NA, et al. *Minimal invasive esophagectomy. Ann Thorac Surg* 2000;70:906-912.
4. Law S, Wong J. *Use of minimally invasive oesophagectomy for cancer of the oesophagus. Lancet Oncol* 2002;3:215-222.
5. Smithers BM, Gotley DC, Martin I, Thomas JM. *Comparison of the outcomes between open and minimally invasive esophagectomy. Ann Surg* 2007;245:232-240.
6. van Hillergersberg R, Boone J, Draaisma WA, et al. *First experience with robot-assisted thoracoscopic esophagolymphadenectomy for esophageal cancer. Surg Endosc* 2006;20:1435-1439.
7. Horgan S, Berger RA, Elli EF, Espat NJ. *Robotic-assisted minimally invasive transhiatal esophagectomy. AM Surg* 2003;69:624-626.
8. Kernstine KH, DeArmond DT, Karimi M, et al. *The robotic, 2-stages, 3-field esophagolymphadenectomy. J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;127:1847-1849.