

소화기 영역의 로봇 수술

연세대학교 의과대학 외과학교실

형우진

Robotic Surgery in Gastrointestinal Surgery

Woo Jin Hyung, M.D.

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

Robotic surgery is an emerging technology. After adoption of robotic surgery for cholecystectomy in 1997, various general surgical procedures have been performed using surgical robot. In general surgery, robotic surgery is applied to wide range of procedures, however, it is still in its early years. Cholecystectomy, Nissen fundoplication, Heller myotomy, and Roux-en-Y gastric bypass are the most frequently performed robotic operations. Most reports proved that application of robotic technology for general surgery is technically feasible and safe with the help of improved dexterity, better visualization, and high level of precision. However, still the absence of tactile sense and extremely high costs are the problems to be solved. Although robotic surgery has demonstrated some clear benefits compared to conventional surgeries including laparoscopy, it remains to be seen whether these benefits will outweigh the associated disadvantages or problems of robot surgery. Therefore, more prospective randomized study comparing the short-term and long-term surgical outcomes between robotic and conventional laparoscopic surgery is needed to further define the impact of robotic surgical technology in general surgery. (**Korean J Gastroenterol 2007;50:256-259**)

Key Words: Robotic surgery; da Vinci system; Minimally invasive surgery

서론

외과 수술의 기법들은 끊임없이 변화하고 있으며 이러한 변화는 장단기적인 수술 성적의 향상과 환자 삶의 질 향상을 위한 방향으로 진행하고 있다. 1980년대 후반부터 외과 수술에 정식으로 이용되기 시작한 복강경수술 기법은 의학 발전뿐 아니라 복강경기구나 수술방법들과 관련된 전자공학, 재료공학, 광학, 물리학 등 인체공학과 연관된 학문들의 발전과 함께 지속적인 발전을 거듭하고 있다. 여기에 2000년대 초반부터 로봇을 이용한 수술이 적용되기 시작하면서

복강경 술식을 이용한 위수술에도 수술용 로봇을 이용하는 변형된 복강경 수술이 새로운 분야로 자리잡아가고 있다.

‘로봇(Robot)’이라는 단어의 사전적인 의미는 ‘an automatic machine that can be programmed to perform specific tasks’ 라고 설명되어 있다. 즉, ‘특정한 작업을 수행하는 기계’라는 의미인데 외과적 수술에 있어서의 로봇의 의미는 현재 복강경수술에서 사용하고 있는 기계를 말한다. 조금 더 구체적으로 말하자면 2000년대 초반에는 Computer Motion사에서 개발한 ‘Zeus’와 Intuitive Surgical사의 ‘da Vinci’라는 두 가지 기계를 의미하였다. 그러나 ‘Zeus’ system이

연락처: 형우진, 120-752, 서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 외과학교실
Tel: (02) 2228-2129, Fax: (02) 313-8289
E-mail: wjhyung@yuhs.ac

Correspondence to: Woo Jin Hyung, M.D.
Department of Surgery, Yonsei University College of Medicine, 134, Sinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel: +82-2-2228-2129, Fax: +82-2-313-8289
E-mail: wjhyung@yuhs.ac

Intuitive Surgical사로 합병되면서 현재는 da Vinci system만이 이용되고 있다. Surgical Robot이 이용되는 가장 큰 이유는 현재 이용되는 복강경수술 장비나 기구들이 가지고 있는 단점을 극복할 수 있다는 점인데 현재 이용되고 있는 da Vinci system은 수술기구의 자유도 증가, 지렛대 현상의 극복, 손떨림의 제거, 인체공학적인 자세를 통한 피로도의 감소, 3차원 입체영상과 감염 등의 위험에서 수술자를 보호할 수 있는 등의 장점을 갖고 있다. 이러한 장점을 갖는 로봇 수술 시스템은 최근의 미소침습수술의 추세에 가장 잘 부합하는 최신의 수술시스템이라 할 수 있다.¹³ 그러나 로봇 수술 시스템은 개발되어 임상에 적용된 지 6-7년 남짓으로 아직 임상 효용성이 밝혀진 부분이 미미하다.

현재, 수술용 로봇인 da Vinci를 이용하여 이루어지고 있는 위장관 수술은 병적 비만에 대한 위우회술(gastric bypass)이나 위식도역류질환의 수술인 Nissen fundoplication이 가장 많이 적용되고 있으며, 소화성 궤양의 합병증인 위 천공 및 유문부 폐쇄에 대한 수술과 이소 췌장, 간질 종양 등 점막하 종양 등에서 위췌기절제술 후 수기로 불합하는 것과 위암의 근치 수술 등에 이용되고 있고 대장직장암의 근치 절제술에도 이용이 증가하는 추세이다. 뿐만 아니라 간담췌 영역의 거의 모든 수술이 로봇을 이용하여 시도되었고 비교적 양호한 결과를 보고하고 있다.^{4,12} 우리나라에서는 대부분 조기위암에서 위절제와 림프절제술을 하는 근치 위절제술과 대장직장암에서의 근치 대장 혹은 직장 절제술이 이루어지고 있다. 또한 담관낭종의 절제술 및 간암에서의 간절제술도 이루어져 거의 모든 소화기 영역에서 로봇 수술이 시도되었다.

각각의 수술 방법들이나 적응증 내지 적용기준과 각각의 로봇을 이용한 수술 성적에 대한 보고들은 많지 않으나 현재 아주 많은 관심을 가지고 시행되고 있음은 틀림없다. 그러나 새로운 수술방법이 개발되어 실제 임상에서 활발하게 적용되려면 다음 몇 가지 요소에 대한 평가를 통하여 안전성과 효용성이 입증된 이후에 가능하다. 첫째, 수술 안전성(합병증 발생률과 수술 사망률), 둘째, 암 수술이라면 종양학적인 관점에서의 수술 적정성(절제연, 림프절 절제 범위, 재발률과 생존율 등), 셋째, 수술 의사 간의 수술 난이도 차이(surgeon variability)를 표준화시키는 문제, 넷째 수술 비용 문제이다. 로봇 수술, 특히 로봇 수술도 상기한 여러 문제들에 대한 해답이 필요함은 물론이다. 그러나 현재 이용되고 있는 로봇 수술 기법들도 끊임없이 변화하고 있으며 이러한 변화는 장단기적인 수술 성적의 향상과 환자의 삶의 질 향상을 위한 방향으로 진행되고 있다.

이번 글에서는 최근 다양한 외과 질환의 치료에 적용이 되고 있는 da Vinci system의 위장관 수술에서의 임상적 의의 및 현재 상황을 문헌고찰을 통해 기술하고 저자가 주로 시행한 위암에서의 위절제술에 대한 경험을 토대로 향후 전

망에 대해 기술하고자 한다.

본 론

1. 로봇 위장관 수술

초기의 로봇 수술에 대한 보고들은 소수의 초기 경험에 대한 결과들이나 소화기 영역의 거의 모든 수술에서 da Vinci robot system의 적용은 시도되었고 대부분의 보고에서 수술이 가능하고 안전하다는 것에 대해서는 이론의 여지가 없다.^{4,12} 다만 기존의 복강경 수술에 비해 높은 비용과 수술 시간이 더 걸린다는 것은 공통된 단점으로 제시되고 있다. 비교적 많이 시행된 위장관 수술들에 대해 간략하게 언급하자면 다음과 같다.

1) Nissen fundoplication

상부위장관 수술에 있어 가장 먼저 그리고 많이 이용된 수술은 위식도역류질환의 수술인 Nissen fundoplication으로 현재까지 약 600에 이상이 시행되었는데 보고에 따르면 수술 중의 합병증은 0-5.1%, 수술 후의 합병증은 0-2.4%로 보고되었고 복강경 혹은 개복 수술로의 전환은 전체 11예에서 있었다. 그러나 이러한 성적은 보고자에 따라 많은 편차를 보이는데 최근 들어 수술에 따른 합병증이나 수술방법의 전환은 거의 없다고 보고되고 있어 로봇 수술이 최근에는 상당히 안전하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 기존의 복강경 수술과의 비교에서는 후향 연구에서 두 방법 간에 수술 성적에 있어 거의 차이가 없었고 최근에 보고된 전향 연구에서는 두 방법 간에 성적의 차이 없이 수술시간이 길고 이에 따른 비용 증가와 고가의 수술기구를 사용하기에 로봇 수술이 두 배 이상의 비용이 소요됨을 보고하였다.⁴

2) Colorectal resection

현재까지 대장수술에 대한 보고는 대부분 10예 이내의 초기 경험에 대한 보고들이다. 최근 다수의 환자를 대상으로 한 후향 보고에서 53예의 로봇 수술과 53예 복강경 대장수술을 비교하여 두 방법 간에 수술 성적의 차이가 거의 없음을 보고하였다. 그러나 로봇 수술이 복강경 수술에 비해 비만곡 부위의 박리, 좁은 골반 부위의 수술 조작이나 신경 동정 및 suture를 이용한 문합 등에서 장점을 가진다고 하였다. 그러나 대부분의 보고들은 초기의 경험에서 투관침의 위치를 변경하여야 하는 등의 문제로 인해 수술 조작에 어려움이 있었다.^{11,12}

3) Gastrectomy for gastric cancer

위암에 대한 로봇 수술은 일본의 Hashizume 등이 최초로 보고하였는데 2예의 조기위암 환자에서 위아전절제술을 시

행하였다.⁸ 이들은 로봇 수술이 혈관 주위의 연부조직을 제거하여야 하는 위암의 림프절제술에 있어 da Vinci system의 endowrist 기능이 장점을 갖는다고 하였다. 위암의 로봇 수술은 18예에 대한 보고가 가장 많은 수의 환자를 대상으로 한 것인데 위아전절제술 및 위전절제술을 각 8예 및 10예 시행하였으며 수술 후 합병증이 4예에서 있었고 1예에서 수술 후 사망하였다.⁹ 수술 시간은 위아전절제술이 평균 365분, 위전절제술이 350분이 소요되었다. 최근에 미국에서 초기 경험 7예에 대한 보고가 있었는데 비록 적은 수의 환자를 대상으로 한 보고지만 비교적 좋은 성적을 나타내고 있다.¹⁰ 현재까지 위암에 대한 로봇 수술은 미미하여 그 의미를 확인하기는 어렵지만 위암에서도 로봇 수술이 가능하고 기존의 복강경수술과 유사한 결과를 나타내고 있다.

2. 우리나라의 로봇 수술

우리나라에 da Vinci system은 2005년 5월에 최초로 도입되었고 식약청의 허가가 2005년 7월에 이루어져 담낭절제술이 최초로 시행되었다. 2005년 7월 21일 조기위암 환자에서 실시한 위아전절제술을 시작으로 2007년 4월까지 da Vinci system을 이용한 위 수술은 위암에 대해 80예에서 시행되었다.

대상환자들의 성별분포는 남자가 40명, 여자가 40명이었다. 평균연령은 53세(20-89세)였다. 개복술로 전환한 예는 없었으며 전 예에서 제1군 림프절과 제2군 림프절의 일부(림프절 7, 8, 9번) 혹은 전체를 포함하는 D1+ β 이상의 림프절 박형술을 시행하였다. 위전절제술 24예, 잔위암의 절제술 1예, 위아전절제술 55예를 시행하였고, 위아전절제술 후 위십이지장문합술을 47예에서, 위공장문합술은 8예에서 시행하였다. 전체 수술시간은 평균 226분, 로봇 수술시간은 평균 163분이었다. 합병증은 소절개창에 발생한 seroma 2예, 창상감염 1예 및 위십이지장 문합술 후 발생한 문합부 누출이 1예 있었으며 수술과 관련하여 사망한 예는 없었다. 문합부 누출이 있었던 환자는 복강경보조 방법으로 문합부 누출부위를 수기로 재봉합하였고 재수술 후 7일에 퇴원하였다. 장운동 회복은 평균 2.9일, 첫 연식의 시작은 평균 4.1일이었으며 수술 후 재원기간은 평균 6.4일이었다. 위벽침윤도는 점막암 35예, 점막하층암 32예, 고유근침윤암 4예, 장막하층암 3예 및 장막암 4예였다. 절제연에 잔존암이 있었던 예는 없었으며 절제된 림프절의 수는 평균 37개(7-83개)였고 림프절 전이는 점막암 1예, 점막하층암 5예, 장막하층암 1예 및 장막암 3예에서 있었다.

비록 초기 경험이지만 로봇보조 근치 위절제술은 술기상 안전하게 시행할 수 있고, 기존의 복강경수술과 유사한 장점을 갖는 수술 후 초기에서 장점을 갖고 있고 종양학적으로도 근치성을 확보할 수 있는 술식으로 판단된다. 그러나

향후 기존의 복강경보조 근치적 위절제술과의 장단기 수술 성적을 비교하는 무작위 전향 연구가 필요하다.

3. 로봇 위암수술: 복강경수술과의 비교

필자가 최근 조기위암 환자에서 시행한 da Vinci system을 이용한 근치적 위아전절제술의 경험을 복강경 위아전절제술과 비교하면 다음과 같다. 2005년 7월부터 2006년 3월까지 수술 전 조기위암으로 진단받은 10명의 환자에 대해 시행한 Robot-assisted distal subtotal gastrectomy와 2003년 5월부터 2003년 7월까지 필자가 시행한 최초의 복강경 위아전절제술 10예 및 2005년 12월에 시행한 복강경 위아전절제술 10예에 대하여 임상병리학적 특성 및 수술시간, 환자의 통증 정도, 및 수술 경과 등을 비교하였는데 동일한 술자에 의해 이루어진 수술의 비교에서 로봇수술 1예에서 위-공장 문합술을 시행한 것 외에는 모든 예에서 위 아전절제 및 위십이지장 문합술을 시행하였고 로봇수술 및 복강경수술 모두 개복수술로의 전환은 없었다. 로봇수술의 경우 남성 6예, 여성 4예, 평균 연령은 54세(35-73세)였고 초기 복강경 수술의 경우 남성 8예, 여성 2예, 평균 연령은 55세, 후기 복강경 수술의 경우 남성 7예, 여성 3예였고 평균 연령은 56세였다. 로봇수술의 경우 평균 체질량지수 및 복위는 각각 23.4 (20.8-26.7), 82.1 cm (74-91 cm)였고 초기 복강경수술의 경우 평균 체질량지수는 23.9 (16.9-29.6), 후기 복강경수술의 경우 평균 체질량지수는 23.1 (19.5-26.1), 83.2 cm (69-94 cm)였다. 수술 시간은 로봇수술의 경우 평균 253분(200-316분), 초기 복강경수술의 경우 평균 337분(285-450분), 후기 복강경수술의 경우 평균 164분(120-200분)이었다. 로봇수술의 경우 최초 통기는 2.9일, 연식 시작은 4일, 재원기간은 평균 6.0 (5-8일)일이었고 초기 복강경수술의 경우는 최초 통기는 3.1일, 연식 시작은 4.8일, 재원기간은 6.9일(6-10일), 후기 복강경 수술의 경우 최초 통기는 3.3일, 연식 시작일은 4.3일, 퇴원일은 6일(5-8일)이었다. 모든 수술에서 D1+ β 이상의 림프절 절제를 시행하였고 절제 림프절의 수는 로봇수술의 경우 34개(16-50개), 초기 복강경수술의 경우 29.2개(12-54개), 후기 복강경수술의 경우 37.8개(26-51개)였다.

이상의 초기 경험에서 얻은 단기 결과를 보면 술기상으로 복잡하고 고난이도인 위암의 근치 위아전절제술도 da Vinci system을 이용하여 안전하게 시행할 수 있었으며 비록 적은 예로 비교하였지만 환자의 수술 후 경과도 복강경 수술과 비교하여 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 또한 복강경 위아전절제술의 경험이 있는 술자의 경우, 보다 용이하게 술기 습득을 할 수 있을 것으로 기대한다. 그러나 로봇 수술의 단점으로 지적되고 있는 고비용 및 기존과 다른 형태의 훈련 프로그램의 개발 등이 해결되어야 할 것이고 장기간 수술 후 결과에 대한 기존 수술과의 비교가 필요하다.

결론 및 전망

아직은 초기 단계인 로봇수술이 갖는 외과적 수술에서의 의미를 단정하기는 어렵다. 그러나 로봇 수술 시스템이 기존의 복강경수술시스템에 비해 갖는 우월성은 많은 외과의사들이 임상에 적용하고자 하는 동기를 갖게 하는 것은 명백하다. 또한 현재 전립선암 수술에서 입증되는 것과 같은 로봇 수술의 장점이 외과영역에서 확인된다면 더욱 많은 부분의 복강경 수술이 로봇 수술로 대체될 것임도 예상할 수 있다. 그러나 대부분의 보고에서 보여지듯이 현재의 로봇 수술 시스템이 갖고 있는 문제점인 오랜 수술 시간과 이에 따른 비용 발생, 고가의 수술 기구를 이용하여야 하는 것은 분명히 해결되어야 할 문제이다.

참고문헌

1. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg* 2004;239:14-21.
2. Hanly EJ, Talamini MA. Robotic abdominal surgery. *Am J Surg* 2004;188(4A suppl):19S-26S.
3. Gutt CN, Oniu T, Mehrabi A, Kashfi A, Schemmer P, Buchler MW. Robot-assisted abdominal surgery. *Br J Surg* 2004;91:1390-1397.
4. Morino M, Pellegrino L, Giaccone C, Garrone C, Rebecchi F. Randomized clinical trial of robot-assisted versus laparoscopic Nissen fundoplication. *Br J Surg* 2006;93:553-558.
5. Artuso D, Wayne M, Grossi R. Use of robotics during laparoscopic gastric bypass for morbid obesity. *JLS* 2005;9:266-268.
6. Mohr CJ, Nadzam GS, Curet MJ. Totally robotic Roux-en-Y gastric bypass. *Arch Surg* 2005;140:779-786.
7. Ruurda JP, Gooszen HG, Broeders IA. Early experience in robot-assisted laparoscopic Heller myotomy. *Scand J Gastroenterol Suppl* 2004;241:4-8.
8. Hashizume M, Sugimachi K. Robot-assisted gastric surgery. *Surg Clin North Am* 2003;83:1429-1444.
9. Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, Sbrana F, Cecconi S, Balestracci T, Caravaglios G. Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital. *Arch Surg* 2003;138:777-784.
10. Anderson C, Ellenhorn J, Hellan M, Pigazzi A. Pilot series of robot-assisted laparoscopic subtotal gastrectomy with extended lymphadenectomy for gastric cancer. *Surg Endosc* 2007 Mar 8; [Epub ahead of print]
11. Braumann C, Jacobi CA, Menekos C, Borchert U, Rueckert JC, Mueller JM. Computer-assisted laparoscopic colon resection with the Da Vinci system: our first experiences. *Dis Colon Rectum* 2005;48:1820-1827.
12. D'Annibale A, Morpurgo E, Fisco V, et al. Robotic and laparoscopic surgery for treatment of colorectal diseases. *Dis Colon Rectum* 2004; 47:2162-2168.