

로봇을 이용한 비뇨기 종양 수술의 단일기관 경험

연세대학교 의과대학 비뇨기과학교실, 비뇨의과학연구소, ¹한양대학교 의과대학 비뇨기과학교실

박성열¹ · 함원식 · 정우주 · 김원태 · 최영득 · 정병하 · 홍성준 · 나군호

Application of Robotic Surgery to Urologic Malignancy: A Single Center Experience

Sung Yul Park¹, Won Sik Ham, Wooju Jeong, Won Tae Kim, Young Deuk Choi,
Byung Ha Chung, Sung Joon Hong, Koon Ho Rha

Department of Urology, Urological Science Institute, Yonsei University College of Medicine,

¹Department of Urology, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: The robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy has rapidly become one of the standards of care. As experience with the da Vinci™ robot system for radical prostatectomy grows, a transition to its use in other urologic surgeries seems only natural. We present our experience with the daVinci Robotic System and its expanding use in our practice.

Materials and Methods: Between July 2005 and June 2008, 611 robotic urologic surgeries, including 544 robotic prostatectomies, 35 robotic partial nephrectomies, 13 robotic nephroureterectomies, 10 robotic radical cystectomies, 8 robotic radical nephrectomies, and 1 robotic partial cystectomy were performed. Seven surgeons performed the procedures.

Results: In the first year, only 43 procedures were performed and all were radical prostatectomy. In the second year, 164 procedures were performed. In the third year, 404 procedures were performed including cystectomy, nephroureterectomy, nephrectomy, and partial cystectomy. Initial cases were time consuming, as few references to robotic surgery were available. Initial operative times for prostatectomy, partial nephrectomy, cystectomy, and nephroureterectomy were 418, 222, 340, and 320 minutes respectively. But average operative times for prostatectomy, partial nephrectomy, cystectomy, and nephroureterectomy were 181, 172, 315, and 218 minutes respectively. With better control of the equipment, and having overcome the initial learning curve, transition from prostatectomy to other urologic procedures occurred without much difficulty.

Conclusions: Through our experience, we have found that as experience with radical prostatectomy expands, many other urologic procedures can be performed by robot safely and effectively. (Korean J Urol Oncol 2008;6:133-137)

Key Words: Robotic surgery, Prostatectomy, Urologic malignancy

서론

최근 로봇이 수술에 이용되면서, 비뇨기과 영역에서는 전립선적출술이 전세계적으로 활발하게 시행되고 있다. 최근

소개된 da Vinci™ robot system (Intuitive Surgical, Sunnyvale, USA)은 술자의 손을 포함한 7개의 자유도, 3차원 입체 영상, 손떨림의 제거 등의 장점이 있다. 하지만 아직 고가이고 로봇에 대한 훈련이 필요하며 촉각피드백이 없다는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 로봇 전립선적출술의 경험이 증가함에 따라 다른 비뇨기과 수술에도 로봇이 확대 적용되고 있으며, 신우성형술, 근치적 신적출술, 신이식술 그리고 부분신절제술 등에도 이용되고 있다.¹⁻³ 국내에서도 2005년 최초로 로봇 전립선적출술이 시행된 이래, 부분신절제술, 신적출술, 방광적출술, 신요관적출술, 신우성형술

논문접수일 : 2008년 10월 28일, 채택일 : 2008년 11월 20일

교신저자 : 나군호, 연세대학교 의과대학 비뇨기과학교실

서울시 서대문구 신촌동 134, ☎ 120-752

Tel: 02-2228-2318, Fax: 02-312-2538

E-mail: khrha@yuhs.ac

에도 로봇이 확대되어왔다.⁴⁷ 저자들은 단일 기관에서 시행된 비뇨기 종양에 대한 로봇 수술을 분석하고, 로봇의 도입에서부터 현재까지 적용 영역이 어떻게 확대되었는지 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

2005년 7월부터 2008년 6월까지 총 611례의 비뇨기 종양

수술이 로봇을 이용하여 시행되었다. 4명의 술자가 605례를 수술하였으며, 나머지 3명의 술자는 모두 6례만을 수술하였다. 2007년 5월까지의 모든 수술을 1대의 da Vinci Robot으로 하였으며, 그 이후부터 현재까지는 개량형인 da Vinci S (Fig. 1)로 시행하였다. 환자의 평균 나이는 59.1±11.2세였으며, 남자가 576명 (94.3%)이었다. 수술의 종류는 근치적 전립선적출술이 544례, 부분신절제술이 35례, 근치적 신요관적출술이 13례, 근치적 방광적출술이 10례, 근치적 신적출술이 10례, 부분 방광절제술이 1례였다. 환자의



Fig. 1. da Vinci S Surgical system.

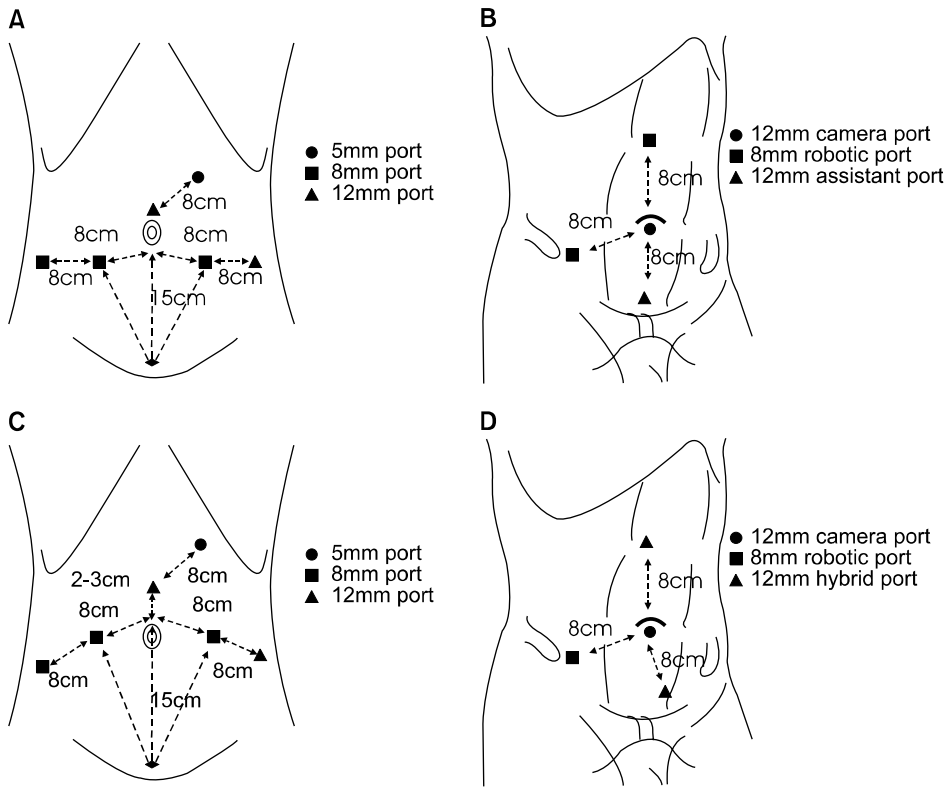


Fig. 2. Port placement for robotic surgery for urologic malignancy: radical prostatectomy (A), partial nephrectomy (B), radical cystectomy (C) and nephroureterectomy (D).

Table 1. Perioperative data of 611 robotic urologic surgeries

Procedure	No.	Operative time (min)		Estimated blood loss (ml)		Open or laparoscopic conversion
		Mean	Range	Mean	Range	
Radical prostatectomy	544	181	135-418	388	50-2,700	4
Partial nephrectomy	35	172	90-290	227	50-1,600	0
Nephroureterectomy	13	218	198-320	194	0-300	0
Radical cystectomy	10	315	295-540	615	200-1,700	2
Radical nephrectomy	8	150	84-211	63	0-200	0
Partial cystectomy	1	158		50		0

의무기록을 통하여 수술 전후의 임상경과와 단기 수술 결과를 후향적으로 조사하였다.

2. 수술방법

전립선적출술, 부분신절제술의 포트 위치를 기본으로 하여 신요관적출술, 방광적출술 등의 수술에도 응용하여 시행하였으며 각각의 수술 방법은 저자들이 보고한 순서에 의하여 시행하였다.^{4,7}

전립선적출술의 포트 위치는 카메라 투침관을 위해 Veress 바늘 위로 12mm 투침관을 설치하고 카메라를 삽입한 후, 직시 하에 로봇 작업팔 3개를 위한 8mm 로봇 투침관을 치골 양쪽의 직근 측면으로 치골상방에서 약 15cm 떨어진 곳과 우측 전상장골극(ASIS)의 내측에 각각 삽입하였다. 보조수를 위해 기존의 복강경 기구를 조작할 수 있도록 좌측 전상장골극의 내측에는 12mm 투침관을 삽입하고, 역시 보조수가 세척과 흡입을 할 수 있도록 카메라와 좌측 로봇 투침관의 중간 지점 상방으로 5mm 투침관을 삽입하였다.

부분신절제술의 포트 위치는 제대직상부에 12mm 카메라용 포트를 삽입한 후, 직시하에 제대부와 검상돌기와의 사이와 복근 외측에 제대부와 전상장골극 사이 지점에 카메라 포트와 8cm 간격을 두어 각각 8mm 로봇용 포트를 삽입하였다. 또한 카메라 포트와 치골 사이에 보조수용 12mm 포트를 삽입하였다. 각 수술의 포트 위치는 Fig. 2와 같다.

신적출술, 부분방광절제술이 도합 61례 시행되어 해가 갈수록 다양화하는 변화를 보였다.

첫 로봇 수술은 전립선적출술로 수술시간이 418분이었다. 로봇 setup이나 조작이 익숙해지고 난 후에는 수술시간은 줄어들게 되었다. 또한 로봇에 대한 초기 학습곡선을 극복한 후에는 전립선적출술을 제외한 다른 비뇨기과 수술에 로봇을 적용할 때에도 큰 어려움 없이 시행할 수 있었고 첫 수술에서도 비교적 짧은 수술 시간을 보였다. 첫 번째 전립선적출술, 부분신절제술, 방광적출술, 신요관적출술의 수술시간은 각각 418, 222, 340, 320분이었으나 각각의 평균 수술시간은 181, 172, 315, 218 분이었다. 로봇 수술의 종류와 초기 수술 결과는 Table 1에 기술하였다.

개복 또는 복강경으로의 전환은 모두 6례에서 있었으며, 전립선적출술에서 4례, 방광적출술에서 2례가 발생하였다. 개복 또는 복강경으로 전환한 이유는 전립선적출술에서는 2례가 심한 유착, 2례가 로봇의 기계적 결함 때문이었으며, 방광적출술에서는 2례 모두 심한 유착 때문이었다.

544례의 전립선적출술 중에서 11례의 직장 손상이 있었으며 모두 수술 중 로봇을 이용하여 일차 봉합하였고, 그 중 1례에서 직장방광 누공이 생겨 수술 후 한달 뒤에 개복 수술을 통하여 누공을 교정하였다. 전체 수술 중 심한 출혈이나 장기의 손상으로 개복을 시행한 경우는 없었으며 3례의 소장 손상은 술 중 로봇을 이용하여 교정하거나 장기를 적출한 절개창을 통하여 교정하였다.

결 과

2005년 7월부터 12개월 간격으로 기간을 나누어 기간별 로봇 수술의 변화 양상을 비교하였을 때, 첫 1년 동안은 43례, 2년째에는 164례, 3년째에는 404례의 수술이 이루어져 급격한 양적 증가를 보였다. 첫 1년 동안은 전립선적출술만이 시행되었던 반면, 2년째에는 전립선적출술 외에 부분신절제술 2례, 신요관적출술 3례, 방광적출술 1례가 시행되었고, 최근 일년 동안은 방광적출술, 신요관적출술, 근치적

고 찰

최근 비뇨기과 수술은 개복술의 원칙을 지키면서 보다 덜 침습적인 방법으로 발전해 가고 있다. 전립선비대증의 치료의 대부분은 개복술에서 경요도수술로 대체되었으며, 단순신낭종이나 부신 종양의 치료에도 개복술보다는 복강경수술이 선호되는 것이 좋은 예이다. 복강경수술은 개복술과 비교할 때 안정성 및 효용성에서 큰 차이가 없으면서 빠른 회복으로 인한 재원기간의 감소, 미용적인 요소, 술 후

합병증의 감소 등의 장점을 가지고 있어 많은 비뇨기과 수술에서 개복술을 대체하고 있다. 하지만 술기 습득의 어려움, 수술 시간의 연장이 주된 문제점으로 제기되고 있다. 수술방법이 새로이 개발될 때마다 술자는 술기에 익숙해지기 위해서 많은 시간과 노력을 들여야 한다. 복강경 전립선적출술의 경우, Guillonnet 등⁸은 평균적인 수준까지 익숙해지려면 약 40례 정도의 수술 경험이 필요하다고 하였다.

Kavoussi 등⁹이 1994년 AESOP 카메라와 복강경 기구를 이용한 초기 로봇 수술을 보고하였고, 몇년 뒤 Cadere 등¹⁰이 da Vinci system을 이용한 146례의 수술을 보고하였다. 하지만 이때까지는 대부분의 수술이 외과 수술로 비뇨기과 수술은 146례 중, 전립선적출술 2례와 정계정맥류 수술 1례가 전부였다. Talamini 등¹¹의 보고에서는 da Vinci system을 이용한 211례의 수술 중 15례의 공여신적출술과 6례의 부신절제술이 시행되었다. 비뇨기과 영역에서의 로봇 수술은 전립선적출술에서 큰 발전을 이루었으며 최근에는 전립선적출술 외에 신우성형술, 부분신절제술, 방광적출술, 신이식술 등 많은 분야에서 적용되고 있다.¹³ 좋은 시야, 손떨림의 제거, 정확한 동작 등 복강경에 비해 로봇이 가진 장점은 여러 가지이지만 배우기 쉽다는 점이 가장 중요한 장점일 것이다. Chang 등¹²은 로봇을 이용한 술기의 향상은 훈련 후 지속적이었다고 보고하였다. Ahlering 등¹³은 이런 결과는 술자의 경험이 축적됨에 따라 같은 양상으로 향상되었다고 하였다. 저자들의 경험으로도 복강경과는 달리 로봇의 경우, 비교적 초기에 학습곡선을 극복할 수 있으며 다른 영역으로의 확장이 가능한 것으로 생각된다. 저자들은 2005년 최초로 로봇 전립선적출술을 시행하였으며, 부분신절제술, 방광적출술, 신요관적출술로 로봇의 영역을 넓혀나갔다.^{4,7} 처음 로봇을 이용하여 수술을 할 때에는 로봇을 작동하는 것에 익숙해지는 것이 초기 학습곡선을 극복하는 데 중요한 부분이었으나 로봇을 익숙하게 다루게 된 후에는 개복수술이나 복강경 수술의 학습곡선이 극복된 경우라면 큰 어려움 없이 수술을 시행할 수 있었다. 모든 술자가 수술 전에 모형을 이용해 충분히 로봇 작동을 연습한 것은 초기 학습곡선 극복에 많은 도움이 되었다. 약 40례의 전립선적출술 후 부분신절제술을 시행하였으며, 100례 이상을 시행한 후에는 방광적출술과 신요관적출술을 시행할 수 있었다. 또한 100례 이상의 경험 후에는 로봇으로 처음 시도하는 수술도 평균적인 수술시간에 시행할 수 있었다. 개복이나 복강경수술로 전환한 6례 중 심한 유착으로 인한 4례는 최근까지도 발생하였으나, 로봇의 기계적인 문제로 인한 2례는 모두 초기에 발생하였다. 로봇에 대한 경험이 쌓이면서 기계적인 결함을 사전에 확인하여 해결할 수 있었고, 오류가 발생하여도 빠른 시간 내에 해결할 수 있는 능력을

갖게 되어 최근에는 로봇이 원인이 되어 다른 수술법으로 전환한 경우는 없었다.

현재 로봇은 거의 모든 의료영역에서 그 응용이 시도되고 있으며, 멀지 않은 미래에 수술실이나 입원실 등 의료환경에 기본적인 요소가 될 것으로 생각한다. 로봇이 다양한 영역에서 시행되기 위해서는 무엇보다도 술자가 로봇에 익숙해져야 하며 모든 수술실 인원들이 로봇의 작동과 원리 등에 대해 숙지하고 있어야 한다. 또한 로봇 수술에 참여하는 모든 구성원들은 하나의 팀(team)으로서 숙달되는 것이 중요할 것으로 생각한다.

결 론

저자들의 경험을 분석한 결과, 전립선적출술을 포함한 다른 많은 비뇨기과 수술 영역에도 로봇을 안전하고 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

1. Sung GT, Gill IS, Hsu TH. Robotic-assisted laparoscopic pyeloplasty: a pilot study. *Urology* 1999;53:1099-103
2. Abbou CC, Hoznek A, Salomon L, Olsson LE, Lobontiu A, Saint F, et al. Laparoscopic radical prostatectomy with a remote controlled robot. *J Urol* 2001;165:1964-6
3. Guillonnet B, Jayet C, Tewari A, Vallancien G. Robot assisted laparoscopic nephrectomy. *J Urol* 2001;166:200-1
4. Lee YS, Han WK, Yang SC, Rha KH. Robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Korean J Urol* 2006;47: 206-10
5. Park SY, Cho KS, Ham WS, Lee JH, Choi HM, Rha KH. Robot-assisted laparoscopic nephroureterectomy with a bladder cuff excision. *Korean J Urol* 2008;49:373-5
6. Park SY, Kim HJ, Seo JW, Cho KS, Ham WS, Rha KH. Robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy. *Korean J Urol* 2008;49:387-91
7. Park SY, Cho KS, Park KK, Park SJ, Ham WS, Rha KH. Robot-assisted laparoscopic radical cystectomy with ileal conduit urinary diversion. *Korean J Urol* 2008;49:506-9
8. Guillonnet B, Rozet F, Barret E, Cathelineau X, Vallancien G. Laparoscopic radical prostatectomy: assessment after 240 procedures. *Urol Clin North Am* 2001;28:189-202
9. Kavoussi LR, Moore RG, Partin AW, Bender JS, Zenilman ME, Satava RM. Telerobotic assisted laparoscopic surgery: initial laboratory and clinical experience. *Urology* 1994;44:15-9
10. Cadere GB, Himpens J, Germy O, Izizaw R, Degueudre M, Vandromme J, et al. Feasibility of robotic laparoscopic surgery: 146 cases. *World J Surg* 2001;25:1467-77
11. Talamini MA, Chapman S, Horgan S, Melvin WS. A prospective analysis of 211 robotic-assisted surgical procedures. *Surg Endosc* 2003;17:1521-4

12. Chang L, Satava RM, Pellegrini CA, Sinanan MN. Robotic surgery: identifying the learning curve through objective measurement of skill. *Surg Endosc* 2003;17:1744-8
 13. Ahlering TE, Skarecky D, Lee D, Clayman RV. Successful transfer of open surgical skills to a laparoscopic environment using a robotic interface: initial experience with laparoscopic radical prostatectomy. *J Urol* 2003;170:1738-41
-