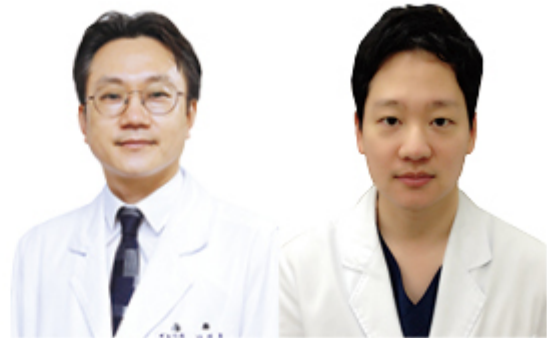


## Single port platform for robotic urologic surgery

강석호, 심지성  
고려의대 고려대학교안암병원



### ATA GLANCE

인체의 작은 단일공에 가느다란 수술기구를 넣어 수술하는 최소침습수술법은 수십 년 전부터 외과 의들이 꿈꾸어 왔던 수술방법이며 이는 2018년 da Vinci SP 플랫폼이 소개된 후 현실화 되었다. SP 플랫폼은 원리상 기존 Multiport 플랫폼과는 다른 특징들을 가지는데 이 글에서는 비뇨의학과 수술에 대한 적용을 중심으로 SP 플랫폼의 특징과 장단점에 대해 소개하고자 한다.

### | 서론

비뇨의학과와 다양한 질환을 치료하기 위해 일반적인 개복수술을 비롯하여 복강경 수술, 내시경을 이용한 방광/요관/신장수술, 현미경을 이용한 수술, 로봇수술까지 다양한 수술방법이 동원된다. 비뇨의학과는 모든 수술영역에서 진보를 이루고 있지만, 그중에서도 로봇수술은 가장 큰 패러다임의 변화를 이끌고 있다고 해도 과언이 아니다. 비뇨의학과는 후복막강의 신장과 요관 혹은 방광, 전립선 등의 골반장기를 주로 다루기 때문에 로봇을 docking 하여 고해상도 카메라와 arm을 사용하여 사람의 손이 접근하기 어려운 깊고 좁은 영역을 수술할 때 장점이 극대화되기 때문이다.

Intuitive 사에서는 2008년 robotic single-site surgery(RSSS) 시스템을 처음 발표하였는데 하나의 gel 포트에 카메라, 두 개의 arm, 보조 port까지 4개의 기구가 단일공을 통해 docking 되는 시스템이다. 현재의 RSSS 시스템은 2013년 한국에도 도입되어 비뇨의학과뿐 아니라 산부인과와 근종절제술, 외과의 담낭절제술 등 다양한 분야에서 안전하고 용이하게 시행될 수 있음을 증명하였다. Da Vinci 시스템은 true

single port 플랫폼을 선보이게 되었는데 (Da Vinci SP platform®, Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA) 한국에는 2018년에 처음으로 도입되어 점차 그 적용증을 넓혀가고 있다.<sup>1</sup>

### | 본론

#### Da Vinci SP 시스템

상술한 RSSS 시스템은 본래 Laparoendoscopic single-site surgery(LESS)에서 파생된 개념으로 multiport를 사용하는 복강내 수술과 비교하여 잠재적으로 덜 침습적인, 단일 surgical incision을 통해서 시행하는 복강경 수술을 아우르는 개념이다.<sup>2</sup> 비뇨의학 영역에서 로봇 플랫폼의 적용은 비약적으로 발전해 왔음에도 불구하고 몇 가지 기술적 문제점들을 안고 있었다. Robot 공학과 관련된 문제가 핵심이었는데, 체외에서 로봇 arm들이 충돌이 빈번했고 이로 인한 arm triangulation의 상실은 체내에서의 봉합, 견인 등에 문제를 가져왔다.<sup>3,4</sup> 추가적으로 보조 port를 설치하여 이 문제점들을 극복하기도 했으나 port가 늘어날수록 단일공 수술의 의미가 퇴색되어 버리는 것은



그림 1. Robotic single-incision surgery module designed by Intuitive Surgical, ©2019 Intuitive Surgical, Inc [Int J Med Robot. 2020;16(3):e2091]<sup>6</sup>

외과의들의 고민이었다.<sup>5</sup> 기술이 발전함에 따라 이러한 단점들은 보완되었고 da Vinci SP1098 (999 이후의 second generation)이 나올 수 있는 토대가 되었다(그림 1).

SP 플랫폼은 완전히 새로운 로봇수술 방법이라기보다는 정립되어 있는 Da Vinci multiport 시스템(Si, Xi & X)으로부터의 진화, 발전된 형태라고 보는 것이 타당하다.<sup>7</sup> 25mm의 지름을 가지는 하나의 arm(Entry Guide Manipulator, EGM)이 patient cart에 붙어 있는 형태인데 이 single arm에는 4개의 독립적인 arm들이 들어갈 수 있다. 73°의 시야를 가지고 있는 10mm 직경의 연접식 카메라(stereoscopic 카메라) 1개와 3개의 로봇 기구(6mm)가 들어갈 수 있는 구조로 이루어져 있다. 고해상도 카메라의 성능은 Xi 시스템과 동일하다. SP는 port placement의 변환 없이 360°의 해부학적인 접근이 가능하여 기존의 로봇 플랫폼이 가지고 있던 복부의 사분면(abdominal quadrant)에 대한 한계를 극복할 수 있도록 설계되었다.

### SP 시스템의 장점과 특징

SP 시스템의 가장 큰 특징은 기존의 wrist 관절 외에 elbow 관절이 추가되었다는 점이다. elbow 관절은 술자에게 체내에서 triangulation movement를 가능하게 하며 기존의 플랫폼에 비해서 보다 인간의 움직임을 세밀히 구현할 수 있도록 진화하였다. 따라서 좁은 영역에서의 문합에 장점을 가지며 신우성형술, 요관성형술 등을 포함한 재건 분야 혹은 전립선절제술 시의 방광 요관 문합, 나아가 총 체내요로전환술시 인공방광조성에도 장점을 가질 것으로 기대된다.

장기결과는 아직 나오지 않았으나 port와 관련된 합병증의 감소, 빠른 회복기간, 통증의 감소, 그리고 미용적인 이점도 기대된다. Lee 등은 SP의 통증 정도에 대해서, 담낭절제술을 시행하고 술 후 6시간 후에 환자가 4/10점의 통증점수를 호소했으며, 술 후 2일째에는 2/10점의 통증점수를 나타내었다고 발표하였다.<sup>8</sup> Kaouk 등이 신우성형술을 시행한 환자를 대상으로 발표한 연구에서도 대부분이 낮은 통증점수를 보고하였다고 하며 10명 중 1명의 환자만 퇴원 후 단회의 마약성 진통제가 필요했다고 보고하였다.<sup>9</sup> SP 플랫폼에서는 미용적 측면과 다양한 surgical space로 접근 가능하다는 이점이 있어 umbilicus를 port site로 많이 사용하며 신장을 타겟으로 수술할 경우 치골 위 작은 절개(Pfannenstiel incision)로도 접근이 가능하기 때문에 미용적인 부분에서는 확실한 이점이 있는 것으로 여겨진다.

한편, SP 플랫폼은 몇 가지 특징을 가지고 있다. 첫 번째는 카메라의 COBRA action이 가능하다는 것이다(그림 1의 세 번째 그림). 카메라는 기존의 방법대로 움직일 수도 있지만 COBRA 기능을 사용할 경우 카메라의 arm을 굽혀서 기구들의 위로 angulation을 줄 수 있고 카메라가 6시 방향일 경우 반대로 아래로 angulation을 시킬 수도 있다. 이러한 동작으로 기구들 간의 충돌을 줄일 수 있으며 최적의 시야를 제공할 수 있다. 부분신절제술시 pedicle을 보는 각도를 바꾸거나 전립선절제술시 up-down view를 바꾸는 등 술자가 다양하게 응용 가능하다.

두 번째는 기존 surgeon console에는 없던 relocation 기능이 있다는 것이다. Relocation 패달을 밟을 경

우 single arm(EGM) 전체가 이동하게 된다. 3개의 arm중 하나가 조직을 잡고 있을 경우 Intuitive 사에서는 원칙적으로 relocation 패달을 사용하는 것을 금지하고 있다. 하지만 SP 시스템은 테니스공 정도의 작은 working space를 사용하기 때문에 근치적 방광/전립선적출술 시행 시 한쪽으로 견인을 하면서 반대쪽 dissection을 하거나 원하는 plane으로 surgical field를 노출시키기 위해서는 적절한 패달 사용도 가능하다고 생각한다.

### SP 시스템의 제한점

Multiport에 익숙한 술자가 SP 플랫폼을 처음 접할 때 공통적으로 호소하는 몇 가지 어려움이 있다. 첫째, SP의 특성을 살려 보통은 보조 port를 설치하지 않기 때문에 수술용 거즈나 실 등의 출입에 어려움이 있으며 이를 극복하기 위해 미리 filed에 넣어두고 수술을 진행하는 경우도 있다. 또한, 수술 중 출혈이 지속될 경우 시야가 순식간에 악화되는 경우가 있는데 그러한 경우 suction 등에 어려움을 겪을 수도 있다. 따라서 종양학적 결과가 영향을 받아서는 안 되는 근치적 방광/전립선 절제술 등의 복잡한 수술은 별도의 port를 설치하는 것을 권장한다.

둘째, SP 플랫폼은 double joint system이다. 이는 보다 인간의 팔에 가깝다는 장점이 있지만 반대로 multiport 시스템에는 없던 elbow joint가 triangulation 모양을 유지해야 하기 때문에 cannula tip에서부터 target organ까지 최소 10cm 이상의 거리가 필요하다는 제한점이 있다. SP 플랫폼이 처음 도입되었을 시 더 좁은 working space에서 자유롭게 움직일 수 있을 것으로 기대하였으나 본 한계점 때문에 더욱 다양한 surgical field에 대한 적용이 어려운 부분이 있으며 이는 추후 기술의 발전과 더불어 극복될 것으로 예상된다(그림 2).

세 번째, SP 시스템에서는 기존 multiport와 같이 third arm이 정해져 있지 않다. Arm 3개를 어느 위치에든 넣을 수 있기 때문에 견인하는 팔이 자동으로 third arm이 되는 것이다. 이는 술자가 원하는 대로 견인방향을 조절할 수 있다는 장점이 있다. 하지

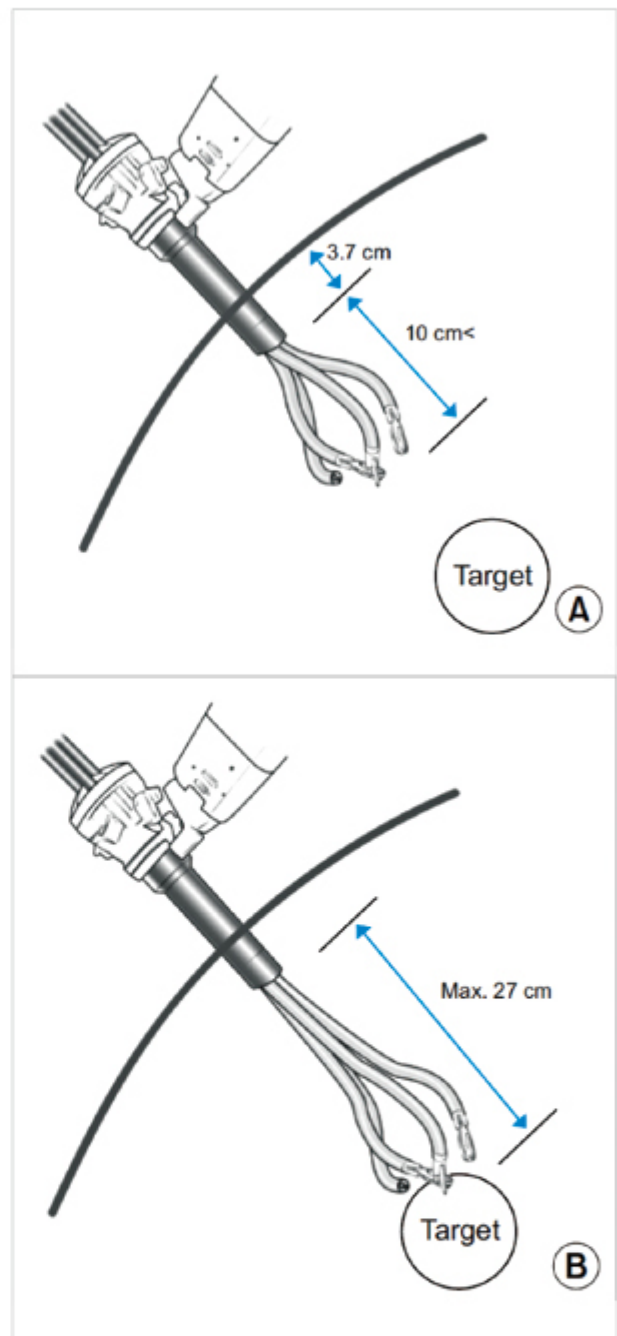


그림 2. SP 시스템의 역학 컨셉에 따라 single port의 entry site로부터 target은 최소한 15cm 떨어져 있어야 하며 (A) 최대 구동거리는 27cm이다 (B) [Ann Surg Treat Res. 2019;97(4):217-21]<sup>8</sup>

만 기구의 원리상 견인하는 힘은 multiport 시스템보다 약할 수밖에 없는데, medial 방향, cephalad 방향으로의 견인은 크게 제한받지 않으나 lateral 혹은 anterior 방향으로의 견인은 영향을 많이 받는다는 것을 술자는 염두에 두어야 한다.

## SP 플랫폼을 사용한 비뇨의학과 수술

현재까지는 SP 플랫폼의 사용이 제한적이다. 하지만 신우성형술부터 근치적 전립선 절제술에 이르기까지 초기 증례들이 발표되고 있으며 수술의 용이성은 확보되었다.<sup>10, 11</sup> 비뇨의학과 수술 중에서는 근치적 전립선 절제술이 가장 많이 시행된 것으로 보인다. 최근에 발표된 메타분석은 145명의 환자를 대상으로 12개의 연구결과를 분석하였는데 1명의 환자를 제외하고는 multiport로의 전환은 없었으며 술 중 합병증 0건, Clavien grade III이상의 술 후 합병증도 없다고 보고하였다.<sup>12</sup> 다만 필자는 SP 플랫폼에 적용하기까지 전립선 크기가 40cc 이하인 크게 비만하지 않은 환자를 대상으로 시작하는 것이 좋다고 생각한다. SP 플랫폼을 이용한 부분 신 절제술도 feasible 하다는 결과들이 속속 나오고 있으며,<sup>13</sup> 근치적 방광 절제술과 신-요관 방광 적출술은 아직 SP 플랫폼을 이용하는 센터가 드물어 결과가 축적되기까지는 시간이 필요할 것으로 보인다. 한편, 재건수술영역은 큰 문제 없이 적용증을 넓혀 가고 있는 것으로 보인다. Billah 등은 최근에 신우성형술, buccal mucosa를 사용한 요관성형술, 방광질 누공 교정술의 성공적인 결과들을 발표하였다.<sup>14</sup>

## | 결론

Double joint를 특징으로 하는 Da Vinci SP는 통증 감소와 미용적인 부분에 장점을 가지고 있으며 좁은 surgical space에서 그 장점이 극대화된다. 관절의 가동범위를 넓혀 더욱 좁은 working surgical space에서의 움직임을 가능하게 하고 arm들의 견인력을 보완하면 기존의 multiport를 거의 완전히 대체하는 것도 가능할 뿐 아니라 인체에 대한 접근성을 높여 비뇨의학과 수술의 적용증을 비약적으로 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. **URworld**

## References

1. Bertolo R, Garisto J, Gettman M, Kaouk J. Novel System for Robotic Single-port Surgery: Feasibility and State of the Art in Urology. *Eur Urol Focus*. 2018;4(5):669-73.
2. Spana G, Rane A, Kaouk JH. Is robotics the future of laparoendoscopic single-site surgery (LESS)? *BJU Int*. 2011;108(6 Pt 2):1018-23.
3. Autorino R, Kaouk JH, Stolzenburg J-U, Gill IS, Motttrie A, Tewari A, et al. Current status and future directions of robotic single-site surgery: a systematic review. *European urology*. 2013;63(2):266-80.
4. Best SL, Donnally C, Mir SA, Tracy CR, Raman JD, Cadeddu JA. Complications during the initial experience with laparoendoscopic single-site pyeloplasty. *BJU international*. 2011;108(8):1326-9.
5. Seideman CA, Tan YK, Faddegon S, Park SK, Best SL, Cadeddu JA, et al. Robot-assisted laparoendoscopic single-site pyeloplasty: technique using the da Vinci Si robotic platform. *Journal of endourology*. 2012;26(8):971-4.
6. Noh GT, Oh BY, Han M, Chung SS, Lee RA, Kim KH. Initial clinical experience of single-incision robotic colorectal surgery with da Vinci SP platform. *Int J Med Robot*. 2020;16(3):e2091.
7. Chan JYK, Wong EWY, Tsang RK, Holsinger FC, Tong MCF, Chiu PWY, et al. Early results of a safety and feasibility clinical trial of a novel single-port flexible robot for transoral robotic surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017;274(11):3993-6.
8. Cruz CJ, Yang HY, Kang I, Kang CM, Lee WJ. Technical feasibility of da Vinci SP single-port robotic cholecystectomy: a case report. *Ann Surg Treat Res*. 2019;97(4):217-21.

9. Lenfant L, Wilson CA, Sawczyn G, Aminsharifi A, Kim S, Kaouk J. Single-Port Robot-Assisted Dismembered Pyeloplasty With Mini-Pfannenstiel or Peri-Umbilical Access: Initial Experience in a Single Center. *Urology*. 2020;143:147-52.
  
10. Chang Y, Lu X, Zhu Q, Xu C, Sun Y, Ren S. Single-port transperitoneal robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy (spRALP): Initial experience. *Asian journal of urology*. 2019;6(3):294-7.
  
11. Heo JE, Kang SK, Koh DH, Na JC, Lee YS, Han WK, et al. Pure single-site robot-assisted pyeloplasty with the da Vinci SP surgical system: Initial experience. *Investig Clin Urol*. 2019;60(4):326-30.
  
12. Lai A, Dobbs RW, Talamini S, Halgrimson WR, Wilson JO, Vigneswaran HT, et al. Single port robotic radical prostatectomy: a systematic review. *Translational Andrology and Urology*. 2020;9(2):898-905.
  
13. Kaouk J, Garisto J, Eltemamy M, Bertolo R. Pure Single-Site Robot-Assisted Partial Nephrectomy Using the SP Surgical System: Initial Clinical Experience. *Urology*. 2019;124:282-5.
  
14. Billah MS, Stifelman M, Munver R, Tsui J, Lovallo G, Ahmed M. Single port robotic assisted reconstructive urologic surgery-with the da Vinci SP surgical system. *Transl Androl Urol*. 2020;9(2):870-8.