Solo (집도의 단독) 수술의 소개: 술기적 측면 및 초기 경험

이상철

가톨릭대학교 의과대학 대전성모병원 외과

Single-Port Laparoscopic Solo Surgery: Technical Aspects and Personal Experience

Sang Chul Lee, M.D., Ph.D.

Department of Surgery, Daejeon St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Daejeon, Korea

Solo surgery is a practice in which a surgeon operates alone, without other surgical member's assistance or cooperation, except for a scrub nurse and an anesthetist. Solo surgery at our institution is facilitated by several equipment, including Lone Star Retractor systems and a passive camera holder. The introduction of single-port laparoscopic surgery (SPLS) has dramatically increased the applicability of solo surgery, because SPLS reduces the number of surgical members participating in the surgery. A shortcoming of laparoscopic surgery is the indirect way of observing and manipulating. Solo surgery effectively eliminates this limitation by enabling operator-driven manipulation of the camera. Solo surgery is particularly advantageous in surgeries that are limited to a single quadrant, such as appendectomy, cholecystectomy, and herniorrhaphy, because they require less adjustment of the camera. However, its indications can be extended to include operations that involve multiple quadrants, such as various types of colectomies including total colectomy. In addition, solo open surgery can be performed with the aid of a larger retractor (i.e., the Bookwalter Retractor system). It appears that solo surgery can be performed by any surgeon who can perform SPLS competently and its indications can be extended, possibly after the development of supporting equipment.

Received October 31, 2016
Revised November 4, 2016
Accepted November 9, 2016

Corresponding author

Sang Chul Lee
Department of Surgery, Daejeon
St. Mary's Hospital, College of
Medicine, The Catholic University
of Korea, 64 Daeheung-ro, Jung-gu,
Daejeon 34943, Korea
Tel: +82-42-220-9520
Fax: +82-42-252-6807
E-mail: zambo9@catholic.ac.kr

Keywords: Laparoscopic surgery, Minimally invasive surgery, Solo practice

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2016 The Journal of Minimally Invasive Surgery. All rights reserved.

서론

Solo (집도의 단독) 수술이란 수술 도구의 준비 및 제공일을 하는 수술실 간호사 외에 어느 누구의 도움도 없이 혼자서 수술 술기 및 과정을 진행하는 것을 말한다.¹ 대부분의 Solo 수술은 기존 복강경수술에 기술적 기반을 두며 이의 발전 및 개선에 의한 결과이다.¹⁻³

Solo 수술이란 복강경수술에서 카메라를 담당하는 조수 대신에 카메라 고정기구³⁻⁵나 자동화된 기계^{2,6,7}를 사용하여 그 역

할을 하게 하는 개념이다. 대부분의 복강경수술에서는 카메라를 담당하는 조수 외에 한 두명의 조수가 추가로 필요하다. 하지만 단일공 복강경수술(SPLS)에서는 카메라 조수의 도움에 집도의가 거의 대부분의 술기를 혼자서 시행하는 것이 일반적이다.⁸⁻¹³ 카메라 조수의 역할은 수술 부위를 중심으로 카메라를 비추며 초점을 맞추어 안정된 시야를 지속적으로 유지하는데 있다. 이러한 역할은 카메라 고정기구를 사용할 경우 특별한 차이점 없이 쉽게 대체될 수 있다. 또한 단일공 복강경수술의 단점으로 알려진 집도의와 카메라 조수 간에 밀집한 공간을 공유

Fig. 1. Solo surgery is the practice in which a single surgeon participates in an operation alone, without other surgical member's assistance or co-operation, except for a scrub nurse and an anesthetist.

함으로써 유발되는 충돌이나 활동제한 등의 불편감이 카메라 고정기구를 사용할 경우 그 공간을 집도의 혼자서 자유롭게 쓸 수 있게 됨으로써 오히려 쉽게 해결될 수 있다(Fig. 1). 또한 카메라 고정장치에 의해 한 번 시야를 정해 놓으면 추가적인 조작이 이뤄지지 않는 한 지속적이고 일정한 시야를 제공하는 장점이 있다.

본 론

Solo 수술의 장점과 단점(Advantages and disadvantages of solo surgery)

Solo 수술은 몇 가지의 장점들을 가지고 있는데 그 중 가장 중요한 장점으로는 집도의가 의도하는 수술 시야를 제공한다는 것이다.¹⁴ 복강경수술에서 카메라 조수는 집도의의 눈 역할을 하는데 종종 카메라 조수에 의해 제시되는 시야와 집도의가 원하는 시야 간에 차이 혹은 부조화가 생겨 술기조작에 불편감을 유발하거나 방해되는 경우가 있다. 또한 카메라 조수가 수술에 대한 이해도가 떨어지거나 집중하지 못할 경우, 안정되고 명확한 시야확보 및 유지가 어려운 부분은 복강경수술이 갖고 있는 단점 중의 하나이다.¹⁵ 집도의 주관에 따라 원하는 대로 방향을 정하고 고정된 상태에서 수술하는 Solo 수술의 경우 이러한 단점은 쉽게 극복될 수 있다.

Solo 수술의 또 다른 장점으로는 집도의에게 자유로운 환경이 제공한다는 것이다. 단일공 복강경수술은 한 곳을 통해 카메

라와 수술도구들이 같이 유치되고 출입함에 따라 비좁고 변잡함을 유발한다. 그런 만큼 불편한 것으로 알려져 있다. 이러한 기구들에 의한 변잡함 외에도 집도의와 카메라 조수가 좁은 공간을 나눠 갖음으로써 잦은 충돌과 활동의 제약이 유발되는 것이 또 하나의 불편감이다. 카메라 고정장치로 조수를 대신하면 집도의는 조수와 나누었던 공간을 온전히 혼자서 자유롭게 사용할 수 있게 되어 편안하고 편리한 수술이 가능하게 한다.

더구나 Solo 수술을 시행하게 되면 수술에 필요로 하는 인력이 줄어들어서 인력비용을 줄일 수 있다. 대한민국뿐만 아니라 캐나다와 대만 등의 나라에서는 수술과 관련된 의료인력의 부족으로 레지던트 지원이 감소하는 어려움을 겪고있다.¹⁶⁻¹⁸ Solo 수술이 이러한 인력부족을 해결하고 인력을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 답이 될 수 있을 것이다. 복강경수술은 흔히 오래 걸리고 단조로운 부분이 있을 수 있는데 이러한 경우 장시간 큰 움직임 없이 카메라를 잡고 있어야 하는 조수 입장에서는 집중하여 선명한 초점을 지속적으로 유지하기가 어려운 것이 사실이다. 하지만 집도의 입장에서는 수술 시간 내내 집중된 상태이므로 자신이 수술에 필요한 시야를 스스로 수시로 정하고 고정하여 유지할 수 있다. 물론 전적으로 집도의 혼자서 카메라 조작까지 해야하므로 부담이 늘어나는 것은 사실이다. 하지만 본원에서 Solo 수술의 초기경험을 통해 확인한 바에 의하면 오히려 집도의에 부여되는 자유도 및 편안함이 충분히 이 부담을 보상하고도 남음이 있었다.^{19,20}

한편 실제에 있어서는 카메라 조수가 사라졌다고 해서 그 공간을 온전히 집도의가 다 사용할 수 있는 것은 아니다. 카메라 조수 대신에 유치된 카메라 고정장치도 조수만큼은 아니어도 어느 정도 공간을 차지하며 무엇보다 고정되어 있다는 점이 어느 면에서는 불편함으로 작용할 수도 있다. 즉, 위치와 방향을 적절하게 유지 시키지 않으면 오히려 집도의의 손동작을 방해해서 수술 진행이 어려워질 수도 있으므로 상황에 따른 적절한 조절이 필요한 것은 사실이며 이는 단점중의 하나로 간주할 수 있다.

이러한 점들 외에 우리가 한 가지 짚고 넘어가야 할 것은 Solo 수술의 또 하나의 단점 혹은 잠재적인 위험이라고 볼 수 있는 내용이다. 즉, 수술을 집도의 혼자서 시행함으로써 수술 중 응급상황이 유발될 경우 이를 같이 해결할 수 있는 인력 및 시스템 구비가 필요하다는 것이다. 본원의 경우 수술은 집도의 혼자서 시행한다 할 지라도 응급호출이 가능한 인력이 확보된 상태에서 진행하고 있다.

Solo 수술에 필요한 장비 및 원리(Prerequisites and principles of solo surgery)

Solo 수술은 술기 면에서 본다면 복강내 단계와 복강외 단계로 나누어 구분 할 수 있다. 저자가 시행하는 Solo 수술에서 복강내 단계를 위해서는 카메라 고정장치, 복강외 단계를 위해서는 론스타 견인기(Lone Star Retractor systems, Cooper Surgical, Trumbull, CT, USA)가 각각 사용된다.

론스타 견인기(Lone Star Retractor systems)

론스타 견인기는 본래 항문수술에서, 즉 항문-직장 문합술 등에, 시야확보를 목적으로 고안, 사용되어온 장비이다.²¹ 고무

Fig. 2. Lone Star Retractor systems (Cooper Surgical, Trumbull, CT, USA) are used for facilitating operative vision during extracorporeal procedures.

로 된 재질로 인해 일정한 장력으로 당겨주며 수술창이 연장되어도 그에 맞는 긴장도를 지속적으로 유지한다. 또한 3 mm 크기의 작은 갈고리 형태로 되어있어 수술 창 내에서 추가적인 공간을 차지하지 않아 시야를 방해하지 않는 장점이 있다. 이러한 특성을 이용하면 수술 창, 즉 배꼽절개를 열 때와 봉합할 때 조수의 도움없이 집도의 혼자서 손쉽게 술기를 마무리할 수 있다 (Fig. 2).

카메라 고정장치(Camera holders)

Passive camera holder: 카메라 고정장치는 active 형과 passive 형으로 구분된다. Active 형이 모터에 의해 작동되는데 반해서 passive 형은 집도의에 의해 수동적으로 작동된다. Passive 형 카메라 고정장치는 사용하기 쉽고, 저렴하며, 수술 성적면에 있어서도 active 형과 비교해 동등한 결과를 보이는 것으로 알려져 있다(Fig. 3). Passive 형 카메라 고정장치는 보통 수술대의 rail에 고정하도록 되어있으며 한 손으로 조작할 수 있는지 여부에 따라 세부분류 된다. 한 손으로 조작할 수 있는 것으로는 Laparostat (CIVCO, Carolville, IA, USA), Endofreeze (Aesculap, Tuttlingen, Germany),⁴ 그리고 Unitrac (Aesculap Surgical Instrument, Tuttlingen, Germany)^{3,5} 등이 있으며 이들을 조정하는 데에는 버튼을 누른다든지 한 번 굽혀주는 것으로 가능하다. 두 손을 사용하여 조정하는 카메라 고정장치로는 Karl Storz Holding systems (Karl Storz, Tuttlingen, Germany), Assisto (GEOMED, Tuttlingen, Germany),²² 그리고 the Martin arm (Gebuder Martin, Tuttlingen, Germany)^{2,5} 등이 있다.

이들 중 한 손으로 조정하는 것(Laparostat) 과 두 손을 사용해야 하는 것(Karl Storz Holding systems)을 비교해 보았을 때 Laparostat 이 한 손으로 조정이 가능한 장점이 있는 반면 수

Fig. 3. The passive camera holder is usually installed by anchoring it to the operating table rail. To reposition these instruments, bimanual manipulation is required, consisting of releasing, repositioning, and locking the joints with both hands.

술 중에 카메라 무게를 다 견디지 못하고 점차적으로 처지는 (dropping) 경향이 있었다. 반대로 Karl Storz Holding systems 는 사용 초기에는 두 손을 동원하여 조정해야 한다는 점이 문제로 여겨졌지만 곧 익숙해지며 눈으로 보지않고도 2~3초 안에 충분히 조정할 수 있게 되었다. 또한 수술이 진행되는 과정에서 처지는 현상도 거의 볼 수 없었다.

역삼각형 구조(Inverse triangulation)

Solo 수술은 단일공 복강경수술의 변형된 수술법이다. 단일공 복강경수술이 한 절개창을 통해 여러 수술기구들이 한꺼번에 유치되고 드나들기 때문에 수술기구들이 일렬로 나란히 정렬되거나 서로 방해하는 일이 빈번히 벌어진다. 복벽의 한 곳에서 출발하는 단일공 복강경수술의 조건에서는 기존 복강경수술에서 필요로 했던 삼각구도를 형성하는 것은 불가능하다. 대신에 역삼각형 구도, 즉 집도의 입장에서 볼 때 단일공 포트와 양손의 수술도구 끝이 이루는 삼각형 구도, 에서 수술기구를 활용하는 방식으로 이를 대신할 수 있다.⁸ 이러한 역삼각형 조건에 충실한 상태에서는 양손의 작업도구들은 단일 절개창에서 교차하게 하여 술기를 진행하면 가위와 같은 원리로 수술창을 벌리는 힘을 유발하지 않게 된다. 또한 단일공 포트에서 교차된 두 작업도구를 사용하여 전인, 박리, 절단, 결찰, 봉합 등의 기존 복강경수술에서 사용되는 술기들을 무리없이 시행할 수 있다.

Solo 수술 초기경험(Early experience of solo surgery)

저자는 2012년 9월에 처음으로 Solo 수술로써 단일공 복강경 담낭절제술을 시행하였다. 초기의 Solo 수술은 충수절제술이나 담낭절제술처럼 수술 범위가 복강의 한 구역에 국한된(single quadrant) 적응증에 대해서만 시행하였다. 하지만 경험이 늘어나면서 보다 광범위한 영역에 걸친(multi-quadrant) 수술에도 익숙하게 확대 적용하게 되었으며 끝내는 결장전절제술과 같이 복강의 전구역을 포함한 수술범위에도 적용할 수 있게 되었다. 이에 더하여 복강경수술뿐만 아니라 개복수술에서도 필요한 장비들을 적절히 사용하여 Solo 수술을 시행하게 되었다. 현재 특별한 적응증은 따로 두고 있지 않은 상태로 충수염이나 서혜부 탈장, 피하지방층의 종괴로부터 대장-직장암에 대한 직결장전절제술에 이르기까지 시행되고 있다. 2012년 9월부터 2016년 9월까지 저자가 시행해온 Solo 수술의 내용들을 정리하면 표의 내용과 같다(Table 1).

Table 1. Our experience of solo surgery (N = 882)

A. Solo-SPLS for benign diseases (n = 627)	
Appendectomy	476 (53.9)
Colectomy*	46 (5.2)
Small bowel resection	17 (1.9)
Totally extraperitoneal hernioplasty (TEP)	15 (1.7)
Transabdominal preperitoneal hernioplasty (TAPP)	3 (0.3)
Cholecystectomy	12 (1.3)
Hartmann repair	6 (0.7)
Gastrojejunostomy	3 (0.3)
LADD procedure	1 (0.1)
Sleeve gastrectomy	1 (0.1)
Pyloromyotomy for IHPS	1 (0.1)
Adhesiolysis	15 (1.7)
Exploratory laparoscopy	14 (1.6)
Excisional biopsy of an intraperitoneal lesion	11 (1.2)
Retroperitoneal mass excision	2 (0.2)
Splenectomy	1 (0.1)
Nephrectomy [†]	3 (0.3)
B. Solo-SPLS for colorectal cancers (n = 151)	
Right hemicolectomy	42 (4.7)
Left hemicolectomy	11 (1.2)
Anterior resection	47 (5.3)
Low anterior resection	35 (3.9)
Abdominoperineal resection	4 (0.4)
Transabdominal transanal resection (TATAR)	3 (0.3)
Transanal endoluminal laparoscopic surgery (TELS)	3 (0.3)
Hartmann's procedure	4 (0.4)
Subtotal colectomy	1 (0.1)
Total proctocolectomy	1 (0.1)
C. Open solo surgery (n = 104)	
Inguinal herniorrhaphy [‡]	62 (7.0)
Anterior resection	1 (0.1)
Excision of subcutaneous lesions	41 (4.6)
Total	882

SPLS = single-port laparoscopic surgery; IHPS = infantile hypertrophic pyloric stenosis. *The total 46 colectomies are comprised of cecectomy (n = 15), Hartmann's operation (n = 8), segmental resection (n = 9), ileocollectomy (n = 5), anterior resection (n = 4), right hemicolectomy (n = 1), subtotal colectomy (n = 3), and total proctocolectomy with ileal pouch-anal anastomosis (n = 1). [†]Of three nephrectomies, two cases were donor nephrectomy for living donor kidney transplantation, and one case was the nephrectomy due to metastasis from colorectal malignancy. [‡]Of 62 cases of inguinal herniorrhaphy, 60 operations were for the inguinal hernia in childhood.

술기적 고려(Technical considerations)

Single quadrant operation: Solo single-port Appendectomy (or Cholecystectomy)

복강경수술이 진행되는 동안 수술 시야는 대개 고정되어 있는 것처럼 솔로 수술에서도 카메라 조작이 그리 많이 필요치는 않다. 배꼽에 1 cm 길이의 종절개를 가하고 론스타 견인기로 절개창을 벌려 시야를 확보한 상태에서 복막절개까지 진행한다. 배꼽 절개부를 통해 단일공 포트를 유치하여 복강경 수술 조건을 만든다. 수술대 rail에 고정된 카메라 고정장치에 카메라 몸체를 고정하고 수술 대상이 되는 장기 혹은 장관을 향하게 한 후 적당한 거리에서 고정한다. 정확한 초점을 맞춘 상태에서 집도의는 양손을 사용하여 기존과 같은 단일공 복강경 방식으로 충수절제술(혹은 담낭절제술)을 시행한다.

Multi-quadrant operation: Solo single-port Total Proctocolectomy

Solo 단일공 복강경 직결장전절제술을 시행함에 있어 카메라는 복강내 전구역을 돌아가면서 비춰야 한다. 즉 결장우반절제술과 저위전방절제술을 합쳐 놓은 수술이라 생각할 수 있다. 따라서 수술 단계에 따라 카메라 고정장치를 환자의 좌, 우측에 교대로 설치하여야 한다. 복강내 수술 내용에 있어서는 기존의 복강경 수술 방식과 차이가 없다(Fig. 4).

특이 사항(Special situations)

The use of multiple instrument holders

대부분의 Solo 수술에서는 1개의 카메라 고정장치를 필요로 하며 그걸로 충분하다. 하지만 일부의 조건에서는 수술기구 고

Fig. 4. Colorectum which is extracted via ileostomy site right after single-port solo laparoscopic total proctocolectomy.

정장치를 추가함으로써 수술 시야에 도움을 받을 수 있다.

Solo 개복수술(Solo open surgery)

Solo 수술은 복강경수술뿐만 아니라 개복수술에서도 적용할 수 있다. 대부분의 수술에서 론스타 견인기를 사용하는데 특히나 소아 서혜탈장수술에서 그 유용성이 배가된다. 3 mm 크기의 얇고 작은 갈고리를 통해 적당한 장력으로 견인함으로써 기존에 사용되어왔던 견인기(Senn-Mueller Retractor [10 mm width] 등) 보다 공간점유 및 수술 시야면에서 방해가 적으므로 3~5 mm 절개만으로도 수술이 가능케 한다. 기존 소아 서혜탈장수술에 필요한 절개의 크기가 보통 1~2 cm인 것에 비하면 큰 개선이라 말할 수 있다. Solo 수술은 또한 론스타 견인기 외에 개복수술용 견인기(Bookwalter Retractor system (Symmetry Surgical, Nashville, TN, USA)를 사용하면 큰 규모의 개복수술에도 적용할 수 있다. 저자는 이러한 조건으로 대장암 환자에서 Solo 전방절제술을 시행하기도 하였다.

고 찰

효율적인 수술이란 최소의 투자로 최고의 결과를 이끌어내는 것일 것이다. Solo 수술은 수술에 소용되는 인력을 줄이면서도 동등한 결과를 이끌어 낼 수 있다는 점에서 효율적인 수술이라 말할 수 있다. 미래의 수술로는 Solo 수술의 자동화된 형태인 로봇수술이 될 것이다. 하지만 다빈치와 같은 고가의 로봇장비의 도움 없이도 Solo 수술은 가능하다. 단일공 복강경 혹은 기존의 다공식 복강경수술법 이어도 무방하며 이미 복강경에 경험이 풍부하고 술기에 익숙한 외과의사라면 누구라도 간단한 보조 장비인 카메라 고정장치와 론스타 견인기의 도움 하에 Solo 수술을 시작할 수 있다. 사실 저자가 충수절제술로부터 직결장전절제술까지, 그리고 그 외 다양한 내용의 수술들을 통해 경험을 늘려오면서 느끼는 변화는 단순히 익숙함이 아니라 충분히 조수의 도움 하에 시행하는 수술보다 종합적인 장점이 있다는 것이었다. 이를 구체적으로 보면 집도의의 자유로움과 편안함에서 출발한다고 볼 수 있다. 집도의의 자유로움과 편안함은 이차적으로 안정된 수술로 이행되며 결과적으로 수술시간 단축 및 수술결과의 개선을 보여준다. 이러한 결과들에 대한 객관적인 평가 및 해석은 이 번 지면을 통해서는 제시할 수 없지만 가까운 미래에 정리된 형태로 준비 될 것이다. Solo 수술에 대한 대부분의 인식은 생소하고 불편하며 적용에 있어 제한적이며, 어쩌면 위험하고 불가한 수술일 것이라는 막연한 우려들이 많다는 것이다. 그러한 염려들 중에는 전공의 교육면에 있어 어떠한 방식으로 교육하고 전수 시킬 것이냐 하는 것과 응급상황이 발생했

을 때 어떻게 대처할 것이냐 하는 것들이 주가 된다. 먼저, 수술과 관련된 전공의 교육에 있어서는 개복수술이든 복강경수술이든 크게 다를 바 없으며 Solo 수술 역시 그 대략적인 과정을 같이 한다. 즉, 같은 공간에서 우선 집도의의 수술을 보게 하고, 설명하여 이해시키고, 부분적으로 집도의의 자리에 참가시켜 일부 구간을 직접 실행하게 하는 교육을 반복하며 이해도와 숙달도를 점차 향상시키다 결국 처음부터 끝까지 집도의의 자리에서 수술의 전구간을 시행하게 하며 지도, 감독하는 과정을 진행한다. 또한 복강경수술 연습용 키트에서 봉합 등의 술기를 반복시켜 복강경기구를 평상시 익숙하게 다룰 수 있게 하고, Animal Lab 등에서 돼지 등 살아있는 동물을 대상으로 수술 연습을 시켜왔다. 이러한 과정을 통해 저년차 전공의들도 Solo 수술의 조건에서 단일공 복강경 충수절제술 정도의 수술은 무난히 시행하는 것을 확인할 수 있었으며 그 외 상대적으로 큰 규모의 수술에서도 구간 구간에 필요한 술기의 실행에 있어서도 단계적 학습이 이루어지는 것을 볼 수 있었다. 나머지 흔한 염려증의 하나가 응급상황에서의 대처인데 이 내용에 있어서도 다른 형태의 수술중의 상황과 크게 다를 바는 없다. 사실, 모든 수술에 있어 몫의 대부분, 아니 사실 거의 전부를 집도의 혼자서 다 하는 것이라 해도 과언은 아니다. 나머지 조수의 몫은, 카메라 조정이든 전인이든, 대부분 수술 시야를 돕는 것이 전부이다. 저자의 그 간의 작은 경험으로 볼 때 손동작 일부를 할애해서 카메라 고정장치에 의한 수술시야를 확보할 수만 있다면 응급수술이라 하더라도 수술의 진행에 있어 큰 문제는 없었다. 다만 처음부터 여러 사람의 역할이 필요한 상황이거나 중간에라도 그러한 상황이 예상되는 경우에는 반드시 현장에 그에 맞는 다른 의료진의 준비가 된 상태에서 접근해야 한다. 또한 그렇지 않은 상황이라 하더라도 본원에서는 Solo 수술의 진행은 반드시 우선 연락으로 즉시 투입 가능한 다른 의료진의 확인하에서만 진행하였다. 향후 수술장비가 개선, 발전되고 보다 나은 수술을 위한 노력들이 동반된다면 Solo 수술은 보다 쉽고 안전한 수술이 될 것이고 그 적응증 또한 확대될 것으로 예상된다.

REFERENCES

- 1) Jaspers JE, Breedveld P, Herder JL, Grimbergen CA. Camera and instrument holders and their clinical value in minimally invasive surgery. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2004;14:145-152.
- 2) Arezzo A, Ulmer F, Weiss O, Schurr MO, Hamad M, Buess GF. Experimental trial on solo surgery for minimally invasive therapy: comparison of different systems in a phantom model. *Surg Endosc* 2000;14:955-959.
- 3) Lee YS, Jeon HG, Lee SR, Jeong WJ, Yang SC, Han WK. The feasibility of solo-surgeon living donor nephrectomy: initial experience using video-assisted minilaparotomy surgery. *Surg Endosc* 2010;24:2755-2759.
- 4) Arezzo A, Schurr MO, Braun A, Buess GF. Experimental assessment of a new mechanical endoscopic solosurgery system: Endo-freeze. *Surg Endosc* 2005;19:581-588.
- 5) Melzer A, Buess G, Cuschieri A. Instruments for Endoscopic Surgery. In: Cuschieri A, Buess G, Périsat J, editors. *Operative manual of endoscopic surgery*. Berlin; New York: Springer-Verlag; 1992.
- 6) Gilbert JM. The EndoAssist robotic camera holder as an aid to the introduction of laparoscopic colorectal surgery. *Ann R Coll Surg Engl* 2009;91:389-393.
- 7) Yavuz Y, Ystgaard B, Skogvoll E, Marvik R. A comparative experimental study evaluating the performance of surgical robots aesop and endosista. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2000;10:163-167.
- 8) Kim SJ, Choi BJ, Lee SC. Overview of single-port laparoscopic surgery for colorectal cancers: past, present, and the future. *World J Gastroenterol* 2014;20:997-1004.
- 9) Han ES, You YK, Kim DG, et al. Clinical significance of single-port laparoscopic splenectomy: comparison of single-port and multiport laparoscopic procedure. *Ann Surg Treat Res* 2015;89:55-60.
- 10) Jeong WJ, Choi BJ, Hwang JK, Yuk SM, Song MJ, Lee SC. Novel method of laparoendoscopic single-site and natural orifice specimen extraction for live donor nephrectomy: single-port laparoscopic donor nephrectomy and transvaginal graft extraction. *Ann Surg Treat Res* 2016;90:111-115.
- 11) Kim JM, Jeong WJ, Choi BJ, Yuk SM, Hwang JK, Lee SC. Transumbilical pure single-port laparoscopic donor nephrectomy. *Ann Surg Treat Res* 2015;89:278-283.
- 12) Lim SW, Kim HR, Kim YJ. Single incision laparoscopic colectomy for colorectal cancer: comparison with conventional laparoscopic colectomy. *Ann Surg Treat Res* 2014;87:131-138.
- 13) Ryu YB, Lee JW, Park YH, Lim MS, Cho JW, Jeon JY. One-year experience with single incision laparoscopic cholecystectomy in a single center: without the use of inverse triangulation. *Ann Surg Treat Res* 2016;90:72-78.
- 14) Kim SJ, Lee SC. Technical and instrumental prerequisites for single-port laparoscopic solo surgery: state of art. *World J Gastroenterol* 2015;21:4440-4446.
- 15) Mohrmann-Lendla H, Fleischer AG. The effect of a moving

- background on aimed hand movements. *Ergonomics* 1991;34:353–364.
- 16) Chen YC, Shih CL, Wu CH, Chiu CH. Exploring factors that have caused a decrease in surgical manpower in Taiwan. *Surg Innov* 2014;21:520–527.
 - 17) Deedar-Ali-Khawaja R, Khan SM. Trends of surgical career selection among medical students and graduates: a global perspective. *J Surg Educ* 2010;67:237–248.
 - 18) Marschall JG, Karimuddin AA. Decline in popularity of general surgery as a career choice in North America: review of postgraduate residency training selection in Canada, 1996–2001. *World J Surg* 2003;27:249–252.
 - 19) Kim SJ, Choi BJ, Jeong W, Lee SC. The feasibility of single-port laparoscopic appendectomy using a solo approach: a comparative study. *Ann Surg Treat Res* 2016;90:164–170.
 - 20) Kim SJ, Choi BJ, Lee SC. Novel approach of single-port laparoscopic appendectomy as a solo surgery: A prospective cohort study. *Int J Surg* 2015;21:1–7.
 - 21) Tranchart H, Benoist S, Penna C, Julie C, Rougier P, Nordlinger B. Cutaneous perianal recurrence on the site of Lone Star Retractor after J-pouch coloanal anastomosis for rectal cancer: report of two cases. *Dis Colon Rectum* 2008;51:1850–1852.
 - 22) Robotics in endoscopic surgery: can mechanical manipulators provide a more simple solution for the problem of limited degrees of freedom? *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2001;10:289–293.