

기본적인 기술 습득을 위해 개발된 복강경 훈련 연습기(LS-600)

연세대학교 의과대학 외과학교실

김준영 · 최기홍 · 강창무 · 이우정

Development of Laparoscopic Simulator for Training in Basic Surgical Skills (LS-600)

Jun-Young Kim, M.D., Gi-Hong Choi, M.D., Chang-Moo Kang, M.D., Woo-Jung Lee, M.D.

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

The apprenticeship model for learning complex surgical skills is no longer adequate. A simulator must be added to the surgical training curriculum in order for a surgeon to satisfactorily familiarize themselves with those advanced techniques. Surgical simulation in skills training offer a valuable opportunity to learn and practice advanced skills outside a real surgical operation environment prior to performing those skills on patients. We are introducing the newly developed laparoscopic trainer simulator (LS-600) to all the laparoscopic surgeons. The body of the LS-600 consists of 3 folding plates with 2 arms each; one arm has 3 artificial joints. The size of the bottom board of the plate is 300×250 mm. The accessory kits are artificial bowels, vessels and skin that are very similar to the real things. This simulator was manufactured with consideration to: the body shape of the trainers, the degree of

difficulty for control and to resolving tedious repetitions. There are no light source nor a camera-monitor system in this simulator, however, you can create perfect 2-dimensional images as one eye of the operator is covered with a band that can be attached to a camera. LS-600 is a relatively new type of training simulator, nonetheless, it presents tremendous potential for superior training of highly complex surgical skills, objective assessment of abilities and for utilizing it as a tool for certification of surgeons. The LS-600 is a cost-effective laparoscopic training simulator, which offers a simple and an effective means for laparoscopic practice for both the novice and the experienced laparoscopist.

Key words: Laparoscopy, Simulator, LS-600

중심단어: 복강경, 연습기, LS-600

서 론

약 20여 년 동안 최소 침습 수술은 모든 수술에 적용되는 것은 아니지만, 많은 영역에서 적합한 수술로 인정을 받고 있다.

게다가, 작은 부위의 손상으로 합병증을 줄이고, 미용상의 이점을 얻을 수 있고, 더 빨리 일상으로 복귀할 수 있다는 장점이 있다.

최소 침습 수술의 대표적인 복강경 수술의 기본적인 개념은 수술하고자 하는 부위에 도달하면서 발생시키는 주위 조직의 손상을 최소화하는데 있다. 개복술의 비교적 큰 절개창을 광학장치와 복강경 기구를 위한 작은 몇 개의 입구를 위한 구멍으로 대체하고, 적절한 포트 위치를 선택하여 조직의 손상의 범위를 줄이고 수술의 공간을 확장시킴으로써 환자의 회복을 극대화 하는 것이다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 외과의사 입장에서 복강경 수술은 수술 부

위를 직접적으로 만지지 못해서 발생할 수 있는 여러 가지 문제가 여전히 부담스러운 것이 사실이다. 상황이 이렇다 하더라도 환자의 안전을 고려한 수술을 하는 것은 다른 무엇보다도 우선적으로 강조되어야 한다. 기존의 수술 방법과 도제형태의 교육 방법은 복강경 수술을 위해 필요한 수술적 기술을 연습하고 교육하기에는 어려운 점이 많다. 무엇보다도 복강경 수술에서 요구되는 특별한 기술들은 많은 훈련을 통해서만 습득하고 적응할 수 있다. 그러므로 여러 가지 수술 상황에 필요한 기술 향상을 위해 윤리적이면서 반복적으로 실행 가능한 복강경 훈련 장치가 필요한 것이다. 이에 저자는 기존의 연습기 중 장점을 채택하고 단점을 보완하여 새로운 복강경 기술 훈련 연습기를 만들었기에 소개하는 바이다.

증 례

1) 개요

이번에 개발된 복강경 연습기는 3단 접이식 판과 2개의 지지대로 구성되어 있는 본체와 다양한 종류의 실습 보조 기구로 구성되어 있다. 하지만, 기존에 만들어진 복강경 연습기구들과는 달리 카메라-모니터 시스템과 광원이 없다. 대신에 눈가림 밴드를 사용함으로써 2차원의 영상을 재현할 수 있도록 구성하였다. 전원의 연결이 필요한 장치가 없

※ 통신저자 : 이우정, 서울시 서대문구 신촌동 134번지
우편번호 : 120-752

연세대학교 의과대학 외과학교실

Tel : 02-2228-2100, Fax : 02-313-8289

E-mail : wjlee@yuhs.ac and jykim@yuhs.ac

본 내용은 'ELSA 2006 in Seoul'에서 구연 발표되었음.

지만 기존의 제품과 동일한 효과를 나타내도록 하였으며, 또한 이렇게 함으로써 기존 제품보다 이동이 쉬우면서도 간단히 설치할 수 있어 장소의 제한을 받지 않고 복강경 수술의 연습이 가능하도록 고안하였다.

2) 본체(Fig. 1)

가로 300 mm, 세로 250 mm 크기의 사각형 모양인 3단 접이식 판과 2개의 지지대가 본체로 구성되어 있다.

3개의 판은 바닥 판과 2개의 실습 판으로 펼쳐지고, 각도를 각각 조절할 수 있다. 바닥 판의 좌, 우에는 각각 8개의 구멍이 있고, 여기에 지렛대의 받침 역할을 하는 지지대를 설치할 수 있다. 2개의 지지대는 연습자의 체형을 고려하여 각각 설치 가능할 뿐만 아니라, 3개의 관절이 있는 지지대의 위치와 각도를 조절하여 난이도를 조절 가능하도록 하였고, 실제 수술에서 일어날 수 있는 멀리 떨어져 있거나 가까운 곳에서 있는 2개의 투관 창에서 시술을 하여야 할 경우를 대비하여 연습할 수 있도록 하였다. 실제 투관 창의 역할을 할 수 있도록 지지대의 가장 위 부분에는 링으로 만들어져 있으며, 여기에는 현재 제품화 되어있는 모든 형태의 투관이 설치 가능하게 만들었다. 이 부분은 받침점의 역할을 하면서 상하좌우로 자유롭게 움직일 수 있어 복강경 술식 중 가장 먼저 그리고 가장 많이 익숙해져야 하는 지렛대의 원리를 익힐 수 있는 핵심 부위이다.

2개의 실습 판은 철판으로 구성되어 있으며, 액세서리로 구성되어 있는 여러 종류의 실습 보조 기구를 설치되도록

하였다. 상단과 하단도 각도를 조절함으로써 실제 환자의 위치 변환에 따른 연습이 가능하도록 하였다. 실습 보조 기구로는 바닥에 자석으로 만들어진 홀더와 코르크 판을 사용할 수 있도록 하였다.

3) 실습 보조기구(Fig. 1)

보조기구는 실습 판에 고정할 수 있도록 하는 홀더와 실제 실습을 할 수 있는 인조 조직 및 고무 링과 줄이 있고, 추가적으로 지루함을 느끼지 않고 복강경 연습에 익숙해질 수 있도록 도와주는 몇 가지의 게임 판으로 구성되어 있다.

홀더는 클립형과 고리형이 있고 압정을 사용할 경우에 대비하여 코르크 판이 있다. 홀더는 바닥이 자석으로 만들어져 있어 실습 판에 부착할 수 있고, 위치와 거리의 조절이 가능하도록 만들었다.

실제 복강경 술기를 연습할 수 있는 인조 조직은 4겹의 인조 소장/대장이 있고, 인조 혈관과 인조 피부로 구성되어 있다. 여기에서는 실제로 장문합술과 장봉합술, 혈관 문합과 혈관 봉합 등의 연습이 가능하고, 인조 피부는 절개 및 봉합 연습을 할 수 있고, 고리형 철사막대를 쫓아 고무 링 잡기와 이동하기, 고리에 바늘 통과연습 등을 할 수 있도록 하였다. 4개의 홀더를 이용하여 2개의 고무줄을 위치시킨 후 결찰 연습이 가능하다.

자석 놀이 기구는 오폭게임, solo게임, 십자/별 모양의 Chinese checkers 등의 놀이판을 실습 판에 부착하여 복강경

Laparoscopic Trainer

Basic to more advanced laparoscopic skills
aimed to develop coordination, technique, and precision

Skills & Feature

For Laparoscopic skills proficiency / Portable

Techniques and skills depending on the synthetic soft tissue component presented

Package supplied

Plate, Arm(2ea), trocar(2ea), LS 600-S, LS 600-H, LS 600-BV, Magnet Cork Board, Magnet Stick, Knot Tying Magnet, Flexible Pincers

Dimensions / Plate bottom board Size 300 x 250mm

Laparoscopic Skill

Basic to more advanced laparoscopic skills
aimed to develop coordination,
technique, and precision

LS 600-H

For elementary Skills training

LS 600-BV

Dissection and suture

LS 600-S

Practice dissection and suture skills

LS 600-W

suturing /
knot tying skills

Fig. 1. Newly developed training simulator for basic to more advanced laparoscopic skills.

연습 시 지루함을 없앨 수 있도록 하였다.

고 찰

복강경 수술을 제대로 수행하기 위해서는 새롭고 특이한 정동(精動) 기술(psychomotor skill)이 필요하고, 이는 개복 수술과는 완전히 다른 문제가 발생하기 때문에 복강경 수술에는 개복 수술과는 전혀 다른 기술이 필요하다(Table 1). 이러한 기술을 습득하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하며, 복강경 기술 습득에 적합한 훈련기구가 있어야 한다.¹

여러 연구자들의 보고에 의하면 복강경 훈련을 위해 어떠한 종류의 연습기를 사용하든지 기술 습득에는 큰 차이가 없다고 하였고, 연습기를 사용하지 않은 그룹과 비교하면 현저히 기술 습득에 도움이 된다고 하였다.¹⁻³

복강경 훈련 연습기에서 중요한 점은 복강경 수술에 필요한 모든 술기를 가르칠 수 있고, 술기에 익숙하지 않거나 처음 접하는 술자가 실제 수술에 적용이 가능하도록 실제적인 기술 연습을 할 수 있어야 한다. 또한, 술자의 질 향상이 환자의 안전성과 밀접한 관계가 있기 때문에, 공공 보건 의료의 측면에서 볼 때 많은 복강경 술자를 위해 유용성과 가격 대비 효과적이어야 한다. 현재까지의 복강경 기술 습득을 위해 많은 연습 방법이 있지만 대부분 윤리적 측면과 가격 효과면에서의 단점 때문에 쉽게 이용하는데 어려움이 있다.¹

저자는 수 년 전부터 복강경 연습기를 개발하기 시작하였는데, 여러 번의 수정과정을 거쳐서 지금과 같은 형태의 LS-600을 만들게 되었다. 초기에는 다른 상자형 연습기와 마찬가지로 광원과 카메라를 사용하여 모니터를 보면서 연습을 할 수 있도록 하였다. 그러나, 공간을 많이 차지하고, 전기를 사용할 수 있는 곳에서만 사용할 수 밖에 없는 단점이 있었다. 또한 단순히 고무 링을 집고 옮기는 수준의 연습이나 고무줄에 결찰술 연습을 하기에는 큰 장애가 없었으나, 소형 카메라가 화질이 좋지 않고, 화질이 좋은 소형 카메라는 가격이 비싸서 장문합 연습이나 혈관 문합 연습 등

은 하기가 어려운 단점도 있었다. 물론 복강경 카메라를 사용하여 화질을 향상시키고 좀 더 정교한 술기를 연습할 수 있었지만, 보조자가 필요하였고 광원과 카메라를 위한 또 다른 기구를 설치하여야 하는 문제가 있어 현재 개발된 LS-600에서는 광원과 카메라를 설치하지 않음으로써 전원이 없는 좁은 공간 어디에서든지 복강경 연습기를 설치할 수 있도록 하였다.

복강경 술기가 개복술과 다른 주요한 부분은 모니터를 보면서 수술하기 때문에 발생하는 입체감이 상실됨으로써 발생하는 깊이감과 실제감에 대한 인지 능력 저하가 첫 번째로 꼽을 수 있다. 입체감을 일으키는 여러 요인 중, 우리들의 눈이 가로 방향으로 약 65 mm 떨어져서 존재하여 나타나게 되는 양안시차(binocular disparity)가 입체감을 나타내는 가장 중요한 요인이라 할 수 있다. 즉, 좌우의 눈은 각각 서로 다른 2차원 화상을 보게되고, 이 두 화상이 망막을 통해 뇌로 전달되면, 뇌는 이를 정확히 서로 융합하여 본래 입체 영상의 깊이감과 실제감을 재생하는 것이다. LS-600은 3차원 입체 효과를 없애기 위해 눈가림 밴드를 사용하여 2차원의 화상을 보도록 유도를 한다.

Chandrasekera 등⁴은 종이 박스를 이용하여 카메라와 모니터가 없는 복강경 연습기를 만들어 한 눈을 가림으로써 입체감을 없앤 후 연습의 결과를 기존의 모니터 복강경 연습기의 결과와 비교하였다. 아주 간단하고 가격이 매우 싼 복강경 연습기였지만 기존의 연습기와 비슷한 효과를 얻을 수 있었다 하며, 카메라는 물체를 좀 더 확대해 주는 효과는 있었지만 술기의 연습에는 영향을 크게 주지 않는 것 같다고 하였다. 실제로 3차원 입체 영상은 2차원 평면 영상과 비교하여 6 cm 이하의 거리에서 그 효과가 극대화 되고, 10 cm까지는 약간의 효과가 있으며, 그 이상은 큰 차이가 없다고 한다. 사실 3차원 입체 영상이나, 2차원 평면 영상이나가 중요하다고 보다는 떨어지는 화질과 잘못된 카메라의 시계 방향 회전으로 인해 발생하는 시각적 착오가 술기를 수행하는데 더욱 문제를 발생시킨다.⁵

저자가 강조하고자 하는 복강경 연습기에서 적응해야 하는 중요한 점은 손의 방향과 기구의 끝이 서로 다른 방향으로 움직이는 ‘지렛대 효과’, 긴 막대형 복강경 기구를 사용하여 느끼는 ‘간접적 촉각 인식’과 복강경 기구에 대한 ‘친숙도’라고 생각한다. 가상 현실 연습기는 충수 돌기 절제술, 담낭 절제술, 장 문합술 등의 술기를 반복 연습이 가능하고 자신의 결과를 모아 수준 향상의 정도를 측정할 수 있는 장점은 있으나, 간접적 촉각 인식과 복강경 기구에 대한 친숙도는 느낄 수 없는 단점이 가장 크다고 생각하며, 가격 또한 비싸고, 소프트웨어의 발전이 더 필요할 것으로 생각된다. Madan 등⁶은 각각 10명씩, 3그룹으로 구성된 가상 현실 연습기와 박스형 연습기를 사용하여 비교한 보고서에서 가상 현실 연습기가 약간의 장점이 있을 지는 모르나, 대부분의 참가자들이 박스형 연습기가 더 도움이 되었고 더 재

Table 1. Psychomotor skills necessary to perform laparoscopic surgery

Shift from three-dimensional operating environment to two-dimensional monitor display
Judgment of depth perception and spatial relationships
Video-eye-hand coordination
Adaptation to the fulcrum effect (pivoting action of body wall on instrument handling)
Manipulation of long surgical instruments while adjusting for amplified tremor, minimal haptics, and fewer degrees of freedom
Adaptation to reduced view of operative field

미가 있었으며, 둘 중에서 하나만 선택한다면 가상 현실 연습기보다는 박스형 연습기를 선택하겠다고 하였다. 이들은 박스형 연습기를 사용할 때 실물 복강경 기구를 직접 사용하기 때문에 더욱 실제적이라고 하였다.

LS-600에 사용된 인조 장기는 모두가 국산품(SINI CO., Seoul, Korea)으로 구성이 되어있으며, 어떤 제품보다도 촉감과 장력, 제질의 부분에서 실제적이므로 복강경 기술을 습득하는데 많은 도움이 될 것으로 생각되고, 가격도 합리적인 수준까지 저하되어 가격대비 효과의 측면에서 볼 때 많은 연습자들에게 도움이 될 것으로 확신한다.

현재 개발되어 시판되고 있는 복강경 연습기나 인체 또는 동물을 이용한 복강경 술기의 연습 방법 중 어느 것이 가장 좋은 훈련 방법인지는 아직 검증이 되지 않았지만 실제 복강경 수술을 시도하는데 있어 도움이 되는 것은 확실하다. “한 번 보는 것이 백 번을 듣는 것 보다 낫고, 한 번을 해 보는 것이 백 번을 보는 것보다 낫다.”라는 수 백 년간의 동양 속담이 복강경 술식에도 그대로 적용이 될 것이라 생각된다. 앞으로 복강경 수술의 적용 범위 확대와 수술 횟수의 증가가 있을 것으로 예측되어 미래의 외과 의사에게는 복강경 술식이 반드시 필요하게 될 것이다. 환자의 안정성 고려뿐만 아니라, 술자의 학습 곡선을 단축시키기 위해서도 가격 대비 최대 효과를 볼 수 있는 저자의 복강경 연습기는 도움이 될 것으로 확신한다.

참고문헌

- 1) Munz Y, Kumar BD, Moorthy K, et al. Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? Surg Endosc 2004;18:485-494.
- 2) Kothari SN, Kaplan BJ, DeMaria EJ, et al. Training in laparoscopic suturing skills using a new computer-based virtual reality simulator (MIST-VR) provides results comparable to those with an established pelvic trainer system. J Laparoendosc Adv Surg Tech A 2002;12:167-173.
- 3) Torkington J, Smith SG, Rees BI, Darzi A. Skill transfer from virtual reality to a real laparoscopic task. Surg Endosc 2001; 15:1076-1079.
- 4) Chandrasekera SK, Donohue JF, Orley D, et al. Basic laparoscopic surgical training: examination of a low-cost alternative. Eur Urol 2006;50:1285-1291.
- 5) Wentink M, Jakimowicz JJ, Vos LM, et al. Quantitative evaluation of three advanced laparoscopic viewing technologies: a stereo endoscope, an image projection display, and a TFT display. Surg Endosc 2002;16:1237-1241.
- 6) Madan AK, Frantzides CT, Tebbit C, Quiros RM. Participants' opinions of laparoscopic training devices after a basic laparoscopic training course. Am J Surg 2005;189:758-761.