

기관고유연구사업 최종보고서

(과제번호 : 1010880 )

Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 술기 및 수술기구 개발

Development of Single-port access laparoscopy device and applicative operation procedure

과제책임자 : 조 영 호

국 립 압 셴 터

	↑ 5cm ↓
	Single-port Access (SPA) Laparo- scopy
	시술 용
	수술 술기
	및
	수술 기구
	개발
	국 립 압 션 터
	↑ 3cm ↓

1. 이 보고서는 국립암센터 기관고유연구사업 최종보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 인용할 때에는 반드시 국립암센터 연구사업 결과임을 밝혀야 합니다.

(14 pont, 고딕체)

↑  
6cm  
↓

# 제 출 문

국립암센터 원장 귀하

이 보고서를 기관고유연구사업 “Single-port Access (SPA) Laparoscopy  
시술용 수술 술기 및 수술기구 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 11. 7

국립암센터

과 제 책 임 자 : 조 영 호

연 구 원 : 김 광 기

          "      : 박 상 윤

          "      : 서 상 수

          "      : 임 명 철

          "      : 이 정 찬

          "      : 남 경 원

          "      : 백 두 진

          "      : 서 보 람

          "      : 김 동 준

# 목 차

## < 요약 문 >

(한글) Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 술기 및  
수술 기구 개발

(영문) Development of Single-port access laparoscopy device and  
applicative operation procedure

1. 연구의 최종목표	-----	5
2. 연구의 내용 및 결과	-----	5
3. 연구결과 고찰 및 결론	-----	28
4. 연구성과 및 목표달성도	-----	32
5. 연구결과의 활용계획	-----	35
6. 참고문헌	-----	37
7. 첨부서류	-----	37

※ 여러개의 세부과제로 과제가 구성된 경우 위 목차와 동일하게 세부과제별로 작성 함  
(I. 총괄과제, II. 제1세부과제, III. 제2세부과제.....)

## &lt; 요약 문 &gt;

연구분야(코드)	과제번호 1010880		
과제명	Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 술기 및 수술 기구 개발		
연구기간/연구비 (천원)	합계	2010 3월 일 ~ 2012년 2월 일	235,000
	1차년도	2010년 3월 일 ~ 2010년 12월 일	80,000
	2차년도	2011년 1월 일 ~ 2011년 12월 일	80,000
	3차년도	2012년 1월 일 ~ 2012년 2월 일	70,000
과제책임자	성명	조영호	
	소속	의공학과	
책임단어	국문	최소 침습 수술, 로봇 수술, 매니플레이터, 원격 수술, 시간 지연	
	영문	Minimally invasive, surgery, Robot surgery, Compact manipulator, Teleoperation, Time delay	
<b>◆ 연구목표</b> <최종목표> Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 복강경 수술 기구 개발 및 기존 도구 개선  <당해년도 목표> 1. 전년도에 개발된 Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 기구의 보완된 시제품 설계 및 제작 2. 개발한 기구의 성능 평가 진행 3. 신규 특허 출원 및 관련 논문 작성			
<b>◆ 연구내용 및 방법</b> - Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 복강경 수술 시스템 개선 1) 전문가 면담을 통한 기존 수술 도구들의 문제점, 한계점 분석 2) 기구 기계부 설계, 제작  - 개발한 Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 기구의 보완된 시제품 설계 및 제작 1) 싱글포트 수술도구 2) 수술기구 개발을 위한 구체적 고안점 3) SPA laparoscopic 수술 기구의 개념 설계			

- 개발된 기구의 유효 성능 평가
  - 1) In vitro 및 전임상 동물실험을 통한 수술 기구의 성능 평가
  - 2) 임상적 효율성 평가안 도출 및 구체적 분석 모델 개발
- 관련 논문 및 신규 특허 창출
  - 1) 지지력, 파지력이 증가된 forcep, (end effector)의 굽힘 상태에서 정 및 역회전 기능을 개선한 가요성 복강경 수술 기구의 특허 출원
  - 2) 최소 침습 수술을 위한 원격 수술 로봇 시스템과 평가에 관한 논문 등재

## ◆ 연구성과

## &lt;2011년 성과&gt;

- 정량적 성과

구분	달성치/목표치 <sup>1)</sup>	달성도(%)
SCI 논문 편수	2 / 1	200
IF 합	2.6 / 3	90
기타 성과	1 / 특허출원 1 건 2 / 학술발표 2 회	100

1) 총연구기간내 목표 연구성과로 기 제출한 값

- 정성적 성과

- 최소 침습 수술용 수술 기구의 개발
- 독자적 시술 프로토콜 개발

## &lt;당해년도 성과&gt;

- 정량적 성과

구분	달성치/목표치 <sup>1)</sup>	달성도(%)
SCI 논문 편수	1 / 1	100
IF 합	1.33 / 1.5	88
기타 성과	1 / 1 특허출원	100

1) 총연구기간내 목표 연구성과로 기 제출한 값

◆ 참여연구원  
(최종연도 참여인원)

성명	조영호, 김광기, 박상운, 서상수, 임명철, 이정찬, 남경원, 백두진, 김동준
----	---

※ 요약문의 총분량은 2page 이내로 제한함

## Project Summary

<b>Title of Project</b>	Development of Single-port access laparoscopy device and applicative operation procedure
<b>Key Words</b>	
<b>Project Leader</b>	Yung Ho Jo
<b>Associated Company</b>	
<p><b>◆ Research Objectives</b></p> <p>&lt;Final Objective&gt; Development of laparoscopic surgical instrument for Single-port Access (SPA) Laparoscopy and improvement of the existing instrument</p> <p>&lt; Objectives of this year&gt; 1. Design and production of the improved product of the surgical instrument for Single-port Access (SPA) Laparoscopy developed last year 2. Performance evaluation of the developed instrument 3. Application for a new patent and writing of a relevant thesis</p> <p><b>◆ Research Contents and Methods</b></p> <p>- Enhancement of the surgical instrument for Single-port Access (SPA) Laparoscopy</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analysis of problems of surgical instruments which already existed according to meetings with specialists</li> <li>2. Design and production of mechanical parts</li> </ol> <p>- Design and production of the improved product of the surgical instrument for Single-port Access (SPA) Laparoscopy already developed</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Single-port surgical instrument</li> <li>2. Concrete ideas in developing the surgical instrument</li> <li>3. Design of the concept of SPA laparoscopic surgical instrument</li> </ol> <p>- Evaluation of the valid performance of the instrument to be developed</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Application for a patent of forcep with improved bearing force and grasping force, and flexible laparoscopy surgical instrument with the improved clockwise and counterclockwise rotations in the bent state of end effector</li> <li>2. Listing for efficient clinical experiment and development specific analysing model</li> </ol>	

- Application for a new patent and writing of a relevant thesis

  1. Achieved results of a goal within the total research period, already submitted
  2. A compact telesurgical robot sysetm for minimally invasive surgery: Part 1. System description, published
  3. A compact telesurgical robot sysetm for minimally invasive surgery: Part 2. Surgery Evaluation, published

### ◆ Research Achievements

#### <2011 Achievements>

-Quantitative achievements

Type	Achievement / Goal	Achievement percentage(%)
No. of SCI thesis	2 / 1	200
IF Total	2.6 /3	90
Other achievements	1 / 1 patent application 2 / 2 academic peresentations	100

-Qualitative achievements

- Development of the surgical instrument for Minimally Invasive Surgery
- Development of an unique operating protocol

#### <Achievements of this year>

-Quantitative achievements

Type	Achievment / Goal <sup>D</sup>	Achievement Percentage (%)
No. of SCI Thesis	1 /	
IF Total	1.5 /	
Other achievements	1 / patent applicatoin	

※ 연구목표, 연구방법, 연구성과를 영문으로 요약하여 2쪽이내의 분량으로 작성

### 1. 연구의 최종목표

○ 당초 연구계획을 참고하기 위한 자료임. 선정당시 「과제계획서」와 전년도 제출하였던 「연구차실적·계획서」상의 내용과 동일하게 작성해야 함. 연구사업의 목적, 범위 등에 대해 기술

(1) 최종목표

부인과 치료에 사용되는 최소 침습 수술용 수술기구의 개발 및 이를 이용한 시술 프로토콜 개발

(2) 2012년도 목표

- 가. 전년도에 개발된 Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 기구의 보완적 시제품 설계 및 제작
- 나. 제작된 시제품을 이용한 전임상 동물실험 수행
- 다. 신규 특허 출원 및 관련 논문 작성

### 2. 연구의 내용 및 결과

○ 연구의 이론적, 실험적 연구 방법, 연구 내용 및 결과를 객관적으로 기술

(1) 연구 수행 방법

- 가. Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 기구의 보완된 시제품 설계 및 제작
  - 전문가 면담을 통한 기존 수술 도구들의 문제점, 한계점 분석
  - SPA Laparoscopy 시술용 수술 시스템 구체화
  - 시뮬레이션을 통한 구동 반경 모델링, 구동 성능 모의 평가
- 나. 개발된 기구의 유효 성능 평가
  - 성능 개선을 통한 전임상용 시제품 개발, 제작
  - 가요성 복강경 수술기구
- 다. 신규 특허 창출
  - 임상적 효용성 평가안 도출 및 구체적 분석 모델 개발

(2) 수술기구 개발의 구체적 고안점

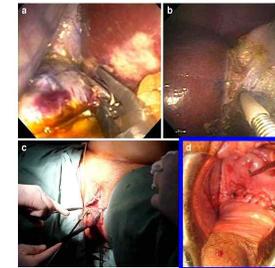
가. 수술기구 개발의 고안점 1

- 복부 접근 route로 질 후방부 (posterior fornix) 절개를 통해 promotory를 거쳐 복강 내 도달하는 수술 기구의 원활한 조작성 고려

나. 수술기구 개발의 고안점 2

- 질 절개를 위한 회음부 접근에 의한 시야 확보 고려

Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery (NOTES)  
Transvaginal Cholecystectomy in a Morbidly Obese Patient



(DeCarli et al, 2008, Obese)

그림 1. NOTES Transvaginal Cholecystectomy in a Morbidly Obese Patient

다. 수술기구 개발의 고안점 3

- Levator ani m.인 puborectalis m 등으로 구성되는 pubovisceralis m.에 의해 형성되는 vaginal axis (통상 130도) 를 고려한 기구 개발

수술 기구 개발 시 고려점

Vaginal axis (질의 축)  
Flap valve effect

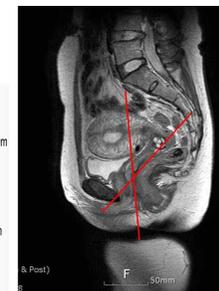
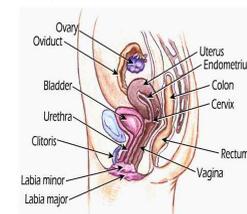


그림 2. 수술기구 개발시 고려사항

라. 수술기구 개발의 고안점 4

- 연령 및 부인과 질환에 따른 자궁의 크기 위치에 따른 고려

Transvaginal Hybrid NOTES  
수술 기구개발시 고려점

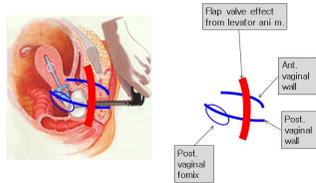


그림 3. Transvaginal Hybrid NOTES 수술기구 개발시 고려할 점

마. 수술기구 개발의 고안점 5

- 질식 접근을 통한 내시경적 기구의 원활한 조작을 위해서 surgical platform 개발

Transvaginal Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery  
Cholecystectomy



Natural orifice surgery (NOTES) and biliary disease,  
is there a role?



그림 4. 출시된 NOTES 수술기구

바. 수술기구 개발의 고안점 6

- 질식 접근을 통해서 수술 영역에 도달을 위해서 길지만 고 자유도를 보유한 수술 기구 개발

Laparoscopy-Assisted Intracavitary Radiotherapy Tandem  
Placement for Patients With Cervical Cancer

Myong Cheol Lim, MD, PhD,\* Dae Chul Jung, MD,† Joo-Young Kim, MD, PhD,‡  
and Sang-Yoon Park, MD, PhD‡

**Objective:** To determine the requirement and benefit of laparoscopy-assisted surgical procedures for optimal placement of intracavitary radiotherapy (ICR) tandem in patients with cervical cancer patients.

**Methods:** We reviewed a database of 231 cervical cancer patients who underwent radiotherapy and computed tomography-based 3-dimensional ICR planning at our institute between July 2003 and December 2007.

**Results:** Misplacement of ICR tandem was identified in 12 patients. Optimal placement of ICR tandem was possible in 6 patients under sonographic guidance at the second attempt. Laparoscopy-assisted placement of an ICR tandem was required in 6 patients (2.6%) because of failures of ICR tandem insertion. As a result of this procedure, tandem insertions were corrected in all patients, with the exception of 1 patient who initially presented with fixed pelvic wall disease with an acute angle between the uterine body and the cervical axis. Laparoscopic procedures were tolerable with a median operative time of 68 minutes and an estimated blood loss of less than 20 mL. There were no complications related to the laparoscopic procedures. All the patients remain free of local disease at the time of this writing. There was 1 patient with grade 4 late radiation toxicity of the bowel who developed a rectovaginal fistula 3 months after completion of ICR.

**Conclusions:** Laparoscopy-assisted placement of an ICR tandem was required in 2.6% of the patients with primary advanced cervical cancer. Laparoscopy-assisted placement of an ICR tandem allows optimal implementation of ICR in difficult cases without causing significant morbidity and without delaying the planned ICR.

**Key Words:** Cervical cancer, Radiotherapy, Intracavitary radiation, Brachytherapy, Laparoscopic surgery

(Int J Gynecol Cancer 2009;19: 1125-1130)

그림 5. A. 자궁경부에 고정되는 수술기구, B. 복강경하에서 자궁경부에 고정된 ICR tube, C. 자궁경부와 방광 사이에 ICR applicator가 위치한 모습, D. 복강경 수술 후 ICR applicator가 정위치에 고정된 모습.

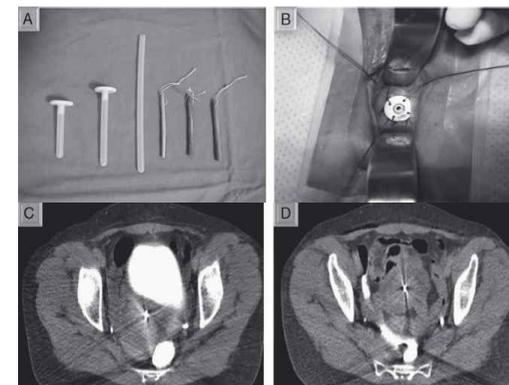




그림 6. 복강경 수술로 Intra-Cavity Radiotherapy (ICR) tube를 설치하는 수술 중 사진 [2009년 10월]

바. 현재 시행되는 최소 침습 수술에서의 선두적 역할

- 2009년 5월 Cleveland clinic에서 E-NOTES에 대한 보고가 있었음. 자궁암센터에서는 이보다 1달 빠른 2009년 4월 세계에서 E-NOTES시술에 대한 첫 보고함.

(3) Single-port Access(SPA) Laparoscopy 시술용 수술기구의 보완된 시제품 설계 및 제작

가. 싱글포트의 시장현황

- 현재 우리나라에서 많이 사용되는 포트는 상처견인기(ALEXIS® wound retractor, Applied Medical)와 수술장갑을 사용하여 수작업으로 제작된 포트임.

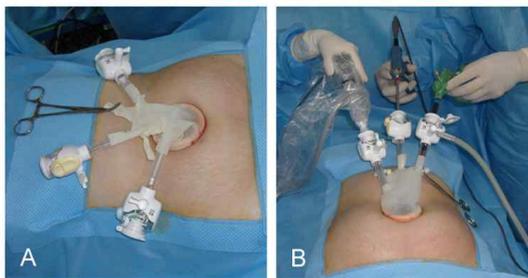


그림 7. 상처견인기와 수술장갑을 사용해 제작된 싱글포트 (제공: 김용욱, 가톨릭의대 산부인과학교실)

- 현재 시장에 있는 싱글포트로는 TriPort와 QuadPort (Olympus), SILS™ Port (Covidien), Uni-X Single Port™ (Pnavel system), AirSeal® (SurgiQuest), OCTO port (다림 바이오텍) 등이 있음.



그림 8. Olympus의 TriPort와 QuadPort



그림 9. Covidien의 SILS™ Port



그림 10. Pnavel system의 Uni-X Single Port™



그림 11. SurgiQuest의 AirSeal®



그림 12. 다립 바이오텍 OCTO port



그림 14. Autonomy™ (CambridgeEndo)



그림 15. Roticulator™ (Autosuture)



그림 16. HiQ LS™ (Olympus)

- 싱글포트 디자인 고려사항
- \* CO<sub>2</sub> 주입을 위한 insufflation valve와 수술시 발생하는 smoke와 mist 제거를 위한 evaluation valve
- \* 수술시 조직을 쉽게 제거하기 위한 방법
- \* 복벽의 손상을 최소화하는 방법
- \* 수술기구의 동작 범위를 최적화시키는 디자인

나. 싱글포트 수술 도구

- 현재 SPA laparoscopic 수술에 사용되는 수술 기구는 일반 복강경 수술기구, RealHand™ (Navare Surgical System), Autonomy™ (CambridgeEndo), Roticulator™ (Autosuture), HiQ LS™ (Olympus)등이 있음.



그림 13. RealHand ThermoSeal™ (Navare Surgical System)

- 현재 사용되는 싱글포트 수술 기구의 문제점
- \* 직선형 기구의 경우 원근감 상실 및 기구 간 충돌 문제 발생
- \* 말단부가 다관절로 이루어진 기구의 경우, work load가 고정식에 비해 낮음

\* 고정식 기기의 경우 자유도가 떨어져 복잡한 작업 수행이 힘들

다. 플랫폼, 기기 일체형 기기

- SPA laparoscopic 시술용 포트와 flexible 수술 기구를 조종하는 기구부가 일체형으로 설계된 제품으로 TransEnterix의 SPIDER™ (Single Port Instrument Delivery Extended Reach)가 있음.

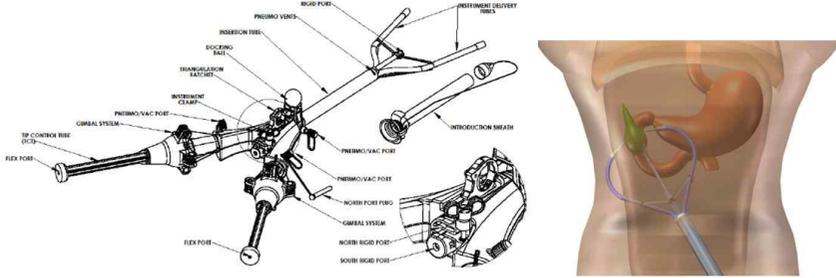


그림 17. SPIDER™ 시스템의 각 부 명칭

- SPIDER™ 시스템은 docking ball을 이용하여 외부에 고정 서포트 받을 수 있음. 와이어로 말단부의 굽힘이 제어되어 큰 하중을 지지하기 힘들고, 일체형 구조로 인하여 기구의 다양한 조합이 힘들.

- 핵심 문제해결 사항

- \* Crowding of surgical instrument in single port
- \* Loss of tri-angulation of surgical instrument
  - Extra-abdomen
  - Intra-abdomen

라. SPA laparoscopic 수술 기구의 개념 설계

- 기존의 복강경 수술 기구를 SPA laparoscopic 수술에 사용시 발생하는 아래와 같은 문제점을 해결하고자 개념 설계를 수행함.

- \* 수술적 접근을 원활히 하는 triangulation의 소실
- \* 기구들의 밀집으로 인한 수술기구 간의 충돌
- \* 한 선상의 기구 배열로 인한 원근감 소실

- SPA laparoscopic 수술 중 suturing과 매듭 만들기 같은 작업은 위의 문제점으로 인하여 어려움이 많아서 다음과 같은 개념의 설계로서 이를 해결하고자 함

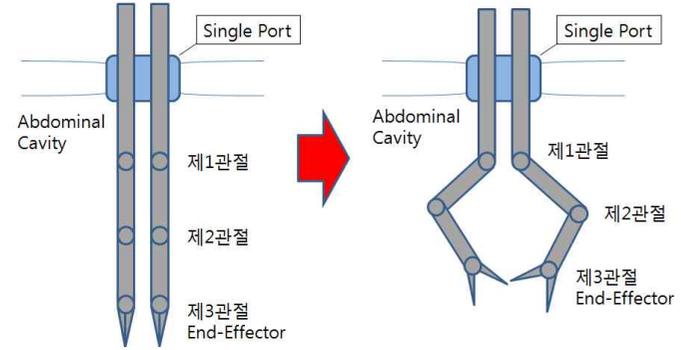


그림 18. 다관절로 이루어진 SPA 복강경 수술 기구의 개념도

- 위에 제시된 개념도를 구현하기 위한 flexible SPA laparoscopic 수술 기구의 구동부를 flexible tool guide와 flexible tool with end-effector로 이루어진 개념 설계를 수행하였음.

\* Flexible tool guide: 직선 슬라이딩 운동으로 single port를 통한 삽입 후에 제 1, 2 관절의 굽힘을 통해 triangulation을 구현함. 기구 가이드를 굽히기 전 단계에 내부의 통로를 이용하여 flexible tool을 삽입함.

\* Flexible tool with end-effector: 기구 말단부의 추가 자유도(제3관절)를 구현

- Flexible tool guide의 문제점 중의 하나는 기존의 비가요성 복강경 수술도구에 비하여 버틸 수 있는 하중이 낮다는 것임. 관절 구동부의 구조를 단순화하고 작업 하중을 개선하기 위해 아래와 같은 구동 개념을 도출함.

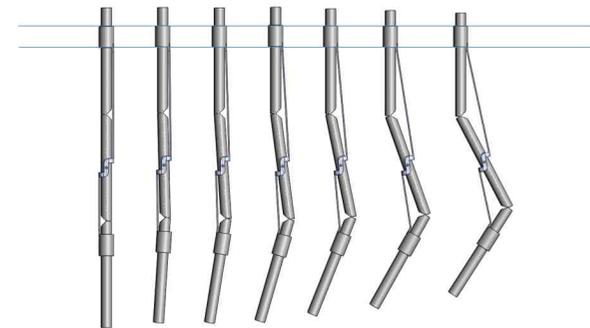
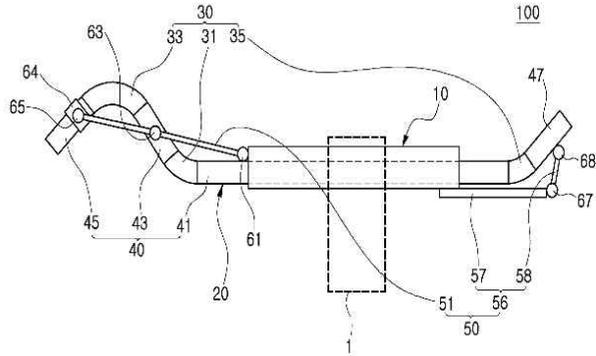


그림 19. Flexible tool guide의 구동 개념 설계

- 위의 제 1, 2 관절 구동 개념 설계는 flexible 수술 기구가 삽입되는 통로가 현지 운동으로 인하여 꺾이는 구조로 인하여, 수술 기구의 말단부 구동 설계가 난해함. 시작품 설계를 위하여 통로상의 현지부를 연성부재를 사용하여 완만한 굴곡을 구현할 수 있도록 working 개념도를 도출함.



1: 싱글포트, 10: 튜브, 20: 가이드 로드, 30: 연성 부재, 31: 제 1 연성부재, 33: 제 2 연성부재, 35: 제 3 연성부재, 40: 강성 부재, 41: 중간 부재, 43: 제 1 강성부재, 45: 제 2 강성부재, 47: 제 3 강성부재, 50: 보조 로드, 51: 제 1 보조 로드, 56: 제 2 보조 로드, 57: 고정 로드, 58: 연동 로드, 61, 63, 65, 67, 68: 현지,

그림 20. 가요성 SPA 복강경 수술 기구 가이드의 Working concept

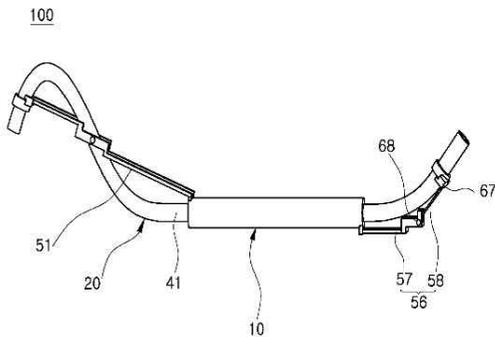


그림 21. 가요성 SPA 복강경 수술 기구 가이드의 삼차원 모델

- 가요성 SPA 복강경 수술기구 가이드에 삽입 구동되는 flexible 수술 기구의 개념 설계

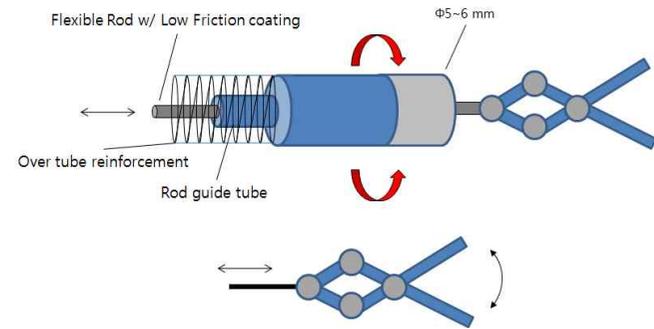


그림 22. 말단부 2 자유도 복강경 가요성 수술 기구: 로드 타입

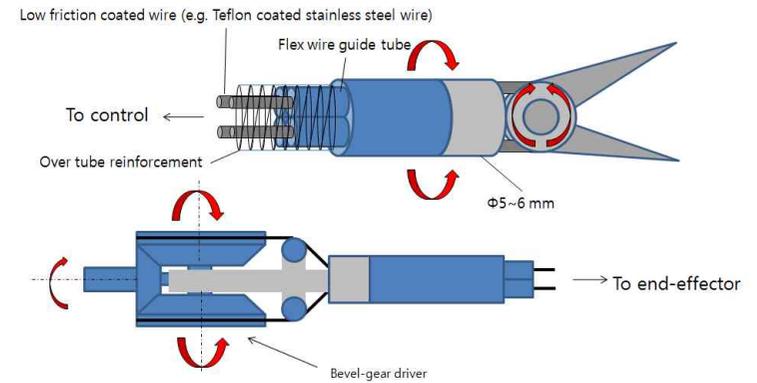
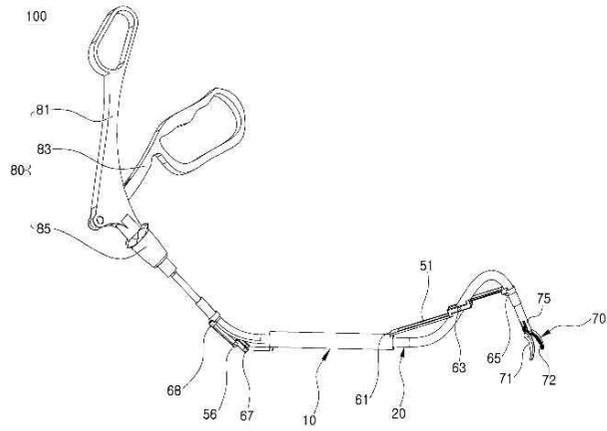


그림 23. 말단부 3 자유도 복강경 가요성 수술 기구: 와이어 타입

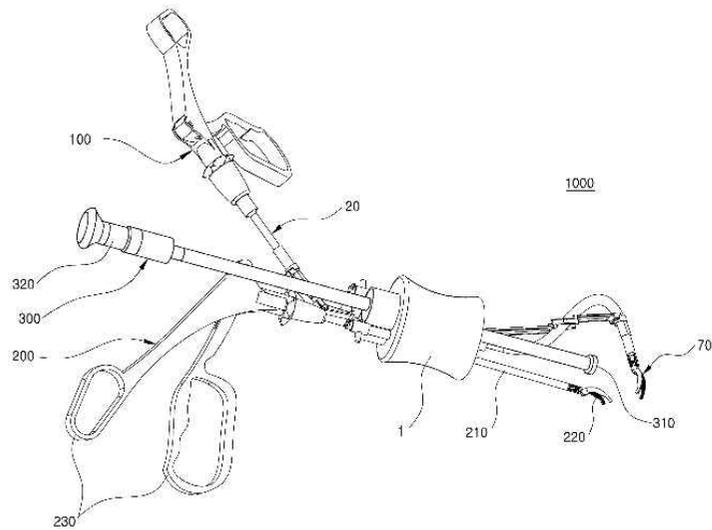
마. SPA Laparoscopy 시술용 수술 시스템 구체화

- 도출된 두 가지 개념의 가요성 복강경 수술도구 중 말단부에 2 자유도를 가지는 기구의 삼차원 모델을 구현했음.



70: 엔드 이펙터, 71: 제 1 집게부, 72: 제 2 집게부, 75: 결속부, 80: 조작부, 81: 제 1 손잡이, 83: 제 2 손잡이, 85: 조절봉

그림 24. SPA 가요성 복강경 수술기구와 가이드 삼차원 모델



100: 가요성 복강경 수술기구, 200: 강직성 복강경 수술기구, 300: 카메라 기구, 310: 렌즈부, 320: 렌즈 조절부

그림 25. SPA 복강경 수술기구 실시 예

(4) 개발된 기구의 유효 성능 평가

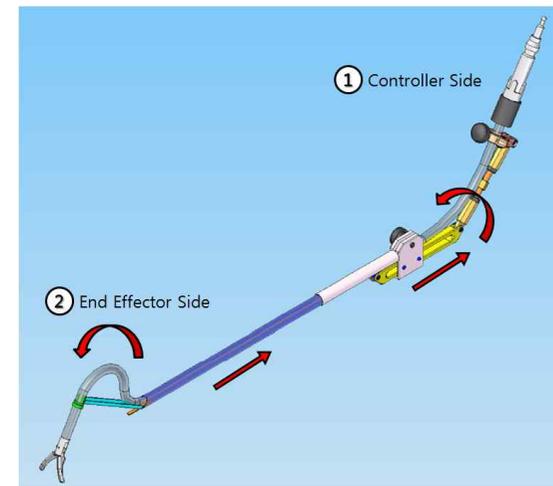
가. 단계별 성능 개선을 통한 최종 시작품 개발 및 제작

- 상기에 제시된 SPA Laparoscopy 시술용 수술 시스템 중 가요성 복강경 수술기구의 시작품 설계 및 제작이 완료됨.

- 가요성 복강경 시술용 수술기구 시작품 작동원리

\* 본 기구의 초기 세팅은 말단부의 집게가 닫히고, 제 1 측 조작부에서 제 2 측 말단부까지 일직선을 이룸.

\* 싱글포트를 통하여 복강 내로 삽입한 뒤, 조작부의 굽힘 조절 관절을 구부러, 복강 내 기구가 타 기구와 triangulation을 이루게 함



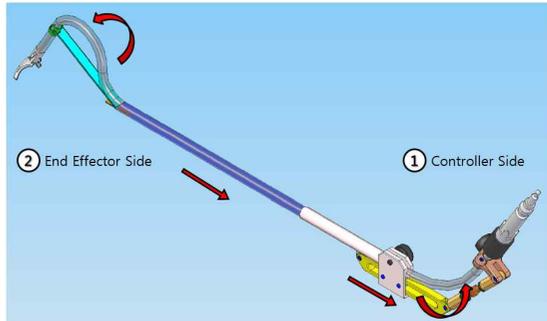


그림 26. 개선된 가요성 복강경 수술 기구의 삼차원 모델

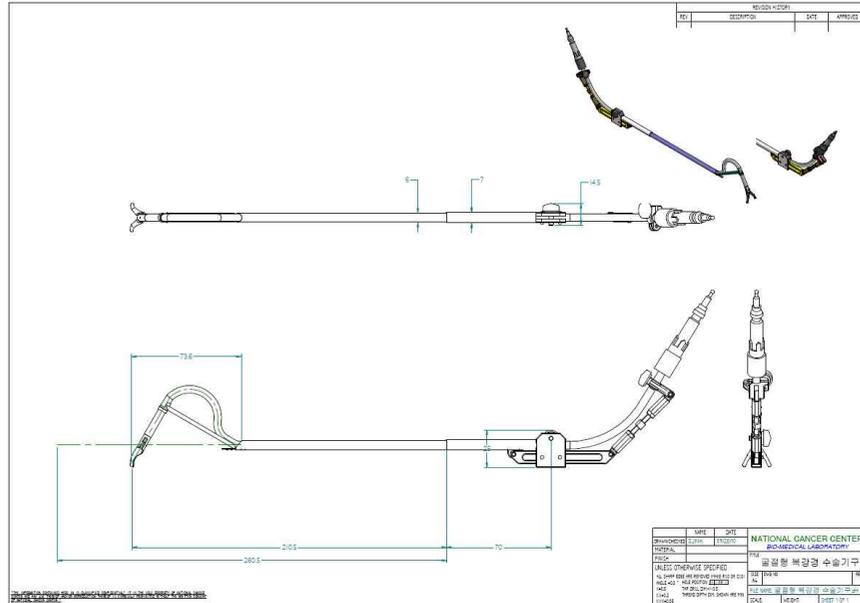


그림 27. 굴절형 복강경 수술기구 시작품 제작을 위한 설계

- 기존 수술기구 대비 장점

\* Exoskeleton을 사용한 구동방식으로 기존의 다관절 기구에 비해 가용 하중이 높음

\* SPIDER™ 시스템에 비교하여 포트와 기기의 분리된 형태로 단순화

\* 여러 종류의 포트와 수술 기구의 다양한 조합으로 사용가능

나. 말단부 4자유도 SPA 복강경 시술용 수술기구 개념

- 말단부에 2 자유도를 가지는 Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 기구의 개선안으로 말단부에 4 자유도를 가지는 수술 기구 설계.

- Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 기구의 보완 및 개선된 시제품의 제작 및 평가는 크게 정량적인 분석과 정성적인 분석.

- 정량적인 분석방법으로 SPA 복강경 시술자의 동작 분석을 사용하여 개발하고자 하는 수술 기구의 디자인을 최적화하는 자료 활용.

- 정성적인 분석방법으로 개발된 수술기구를 시술자가 가상 수술 시스템을 사용 후 제안하는 개선사항을 SPA 복강경 수술기구의 디자인에 반영해 나가고자 함.

- simplified model은 다음과 같음

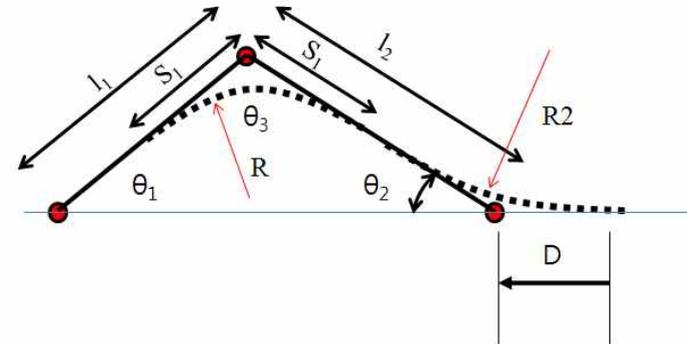


그림 28. simplified Model(R = Radius of Flexible Tool Bending between L1 & L2)

$$D = (l_1 + l_2) - (l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_2) \tag{1}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{l_1 \sin \theta_1}{l_2} \right) \tag{2}$$

$$\theta_3 = 180 - \theta_1 - \theta_2 \tag{3}$$

$$R = S_1 \tan \frac{\theta_3}{2} \tag{4}$$

다. 4자유도 SPA 복강경 시술용 수술기구의 설계 및 제작

- Single Wire 기반의 다자유도 구원 메커니즘의 구현

\* 4자유도 구현 (Roll, Pitch, Yaw, Grasp) 구현

\* Single 와이어 구성 방안 : 1차년도에 도출된 동작 개념을 구현하기 위해서는 각 관절에서 수직으로 교차하는 동작축 2개 이상을 한 관절에서 구현하여야 하지만, 이를 제한된 사이즈 (Da Vinci 수술로봇의 소모품 수술기구의 외경인 8mm) 내에서 충분한 강성을 가지는 조건으로 설계하기 어려우므로, 그림 28과 같이 축간 간격을 d만큼 두고 90도의 각도로 수직되는 축들을 배치함

\* 축간 간격 사이에 위치하는 풀리 p1, p2는 서로 수직을 이루는 동작축에 들어가는 풀리 간의 Wire의 방향을 부드럽게 전환해주기 위한.

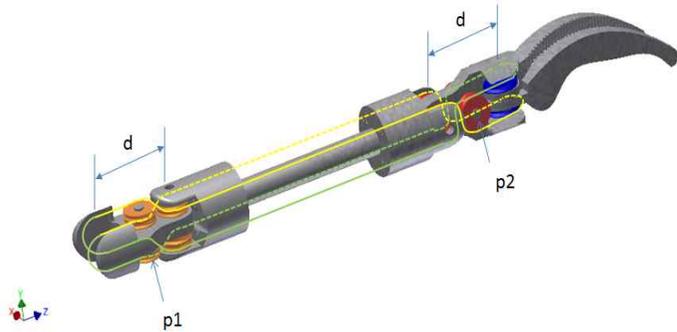


그림 29. Single Wire 구성 방안(녹색선 및 황색선은 wire의 구성을 나타냄.  
d : 동작축 간의 거리, p1, p2 : wire의 방향 전환을 위한 보조 풀리)

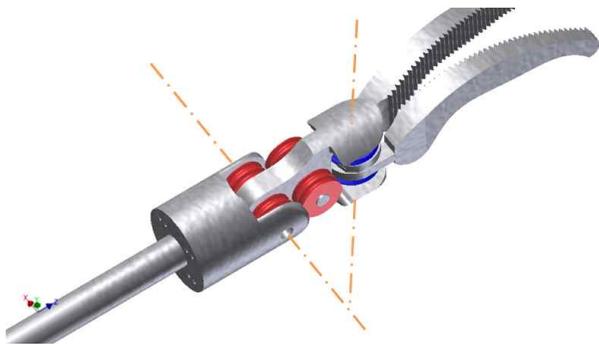


그림 30. 관절부분의 풀리 배치의 상세도(서로 수직하는 두 관절이 짧은 거리 내에 구성이 되어 있으며, wire를 배치하기 위한 풀리들이 그 사이에 배치되어 있음)

\* 핸들의 구성: 핸들 내에서는 Grasp 기능만 담당하지만, Yaw, Pitch, Roll 등 나머지 동작 모두 핸들이 도구와의 상대적인 조작용에 의해 구현되게 됨. 특히 Yaw와 Pitch 는 핸들 전단부의 관절에서 모두 구현되어야 함.

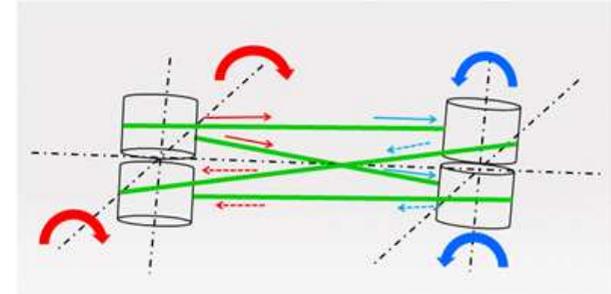


그림 31. Yaw 동작 구현의 개념

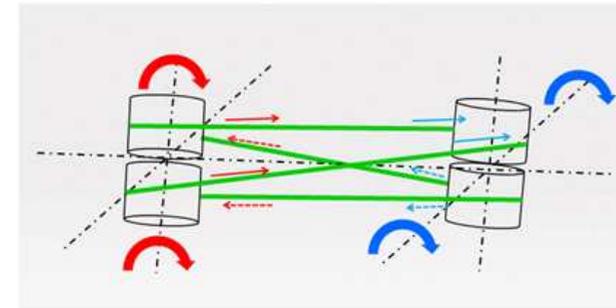


그림 32. Pitch 동작 구현의 개념

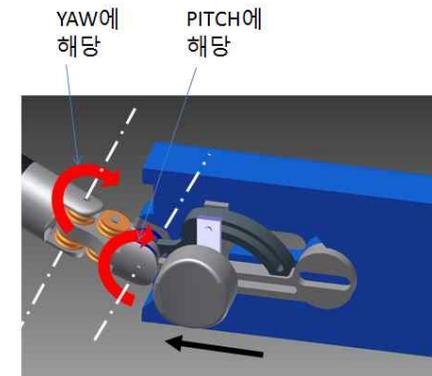


그림 33. Yaw-Pitch 동작의 실제 설계 구현 (수술기구의 축이 고정되어 있는 상태에서 핸들과의 상대적인 조작용에 의하여 yaw와 pitch 동작이 구현 가능함)

\* Grasp 동작의 구현 : 핸들에 구성된 slider를 통해 손가락의 수직운동을 회전운동으로 변환하여 전달할 수 있는 설계를 구현함.

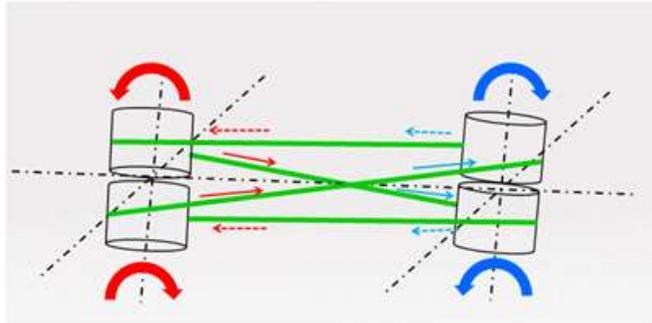


그림 34. Grasp 동작 구현

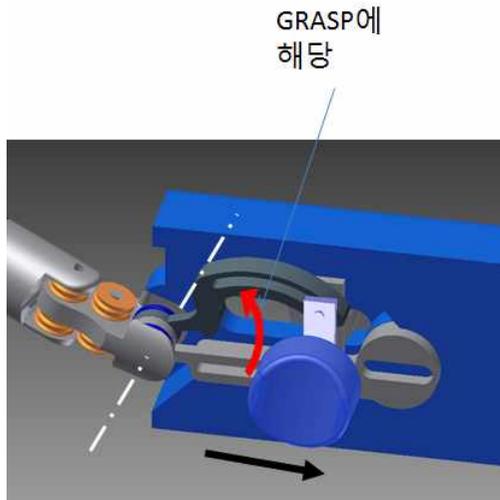


그림 35. Grasp 동작의 실제 설계 구현

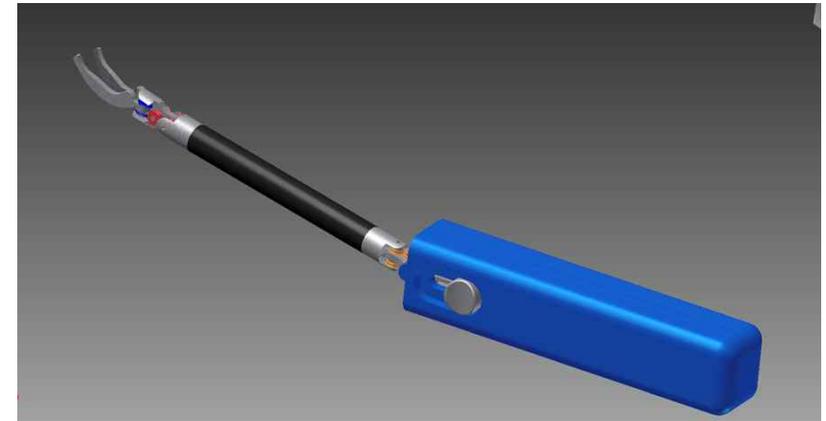


그림 36. 4자유도가 구현된 SPA복강경 시술도구와 핸들의 전체 설계

라. SPA 복강경 시술 동작 분석

- 현재 의공학연구과에서 보유하고 있는 VICON 장비를 사용하여 복강경 시술시 술자의 동작 데이터를 수집하여 데이터 확보.
- 가상 시스템을 사용하여 수술 동작 구현시 피험자에 아래 그림 37에서 제시된 것과 유사하게 마커를 부착하고 지시된 동작을 수행하며 데이터 수집.
- 수집된 동작 데이터를 해석하여 실험에 사용된 수술 기구의 개선점을 찾는 데 이용함.

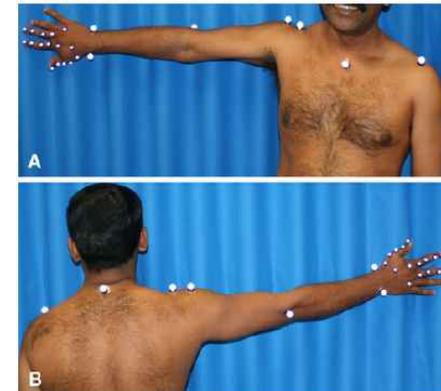


그림 37. 시간-동작분석을 위한 마커 배치 (Kolwadkar et al., 2010)

(5) 고자유도 SPA 수술기구 개념 도출

가. 외과용 수술 도구의 끝단 집게(forceps)의 가위질 동작을 가능하게 하는 인장(extract)력 발생이 기존 가위의 교차링크 형식과 다른 대칭구조의 2절 링크구조와, 손을 움직이는 동작에 의해 힘을 발생하는 장갑식 구동메커니즘.

나. 집게부위에 수개의 와이어를 통하여 연결된 구동손잡이를 손목부의 굽힘 또는 회전동작을 통해 집게부의 고자유도 작업을 구현 가능.

다. 외과용 수술도구의 손잡이 부분에서 가위식 또는 모터진동식 인장력 발생이 손가락을 포함한 손 전체의 움직이는 동작으로 끝단 집게(forceps)의 가위질(scissoring)동작을 구현하는 메커니즘.

라. 주로 1자유도의 작업이 가능한 가위식 수술도구의 장접인 힘감지 우월성과 수 개의 모터진동식 로봇팔(arm)에 의한 고자유도 집게의 고자유도 작업 능률성을 겸비한 단순하면서도 고성능 구조와 힘발생 메커니즘 등.

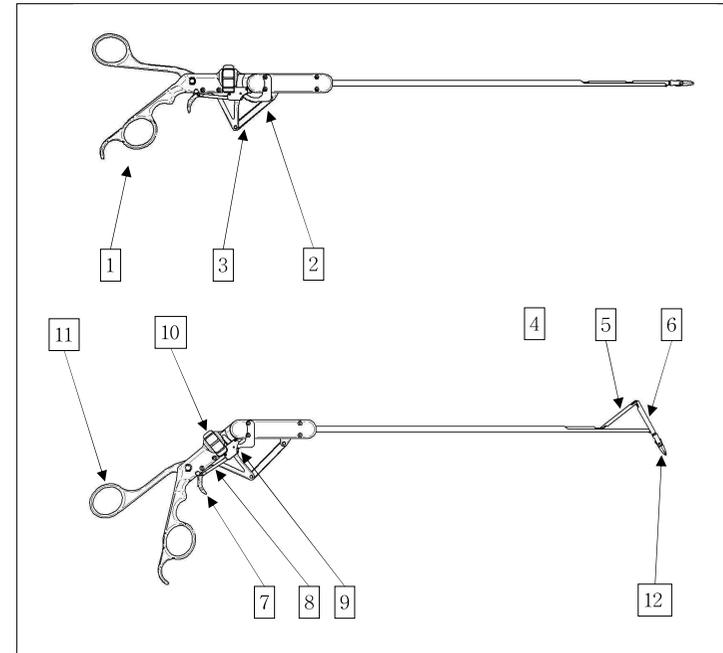


그림 39. 가요성 복강경 수술기구의 각 부 동작

- 작동 원리

(6) 복강경 수술기구 제작

\* 다관절로 이루어진 작동 로드를 이용하여 단일 포트를 통해 복강을 통한 외과적 수술을 시행할 수 있는 가요성 복강경 수술기구에 관한 것이다.

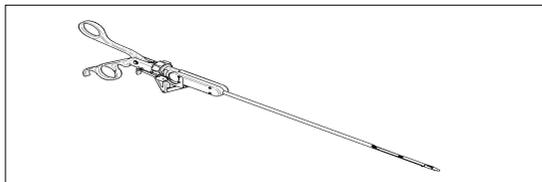


그림 38. 가요성 복강경 수술기구

\* 집게 부분 굽힘

- 3번 부품으로 연결된 1번 부품의 회전으로 2번 부품은 수평이동.
- 2번 부품과 연결된 4번 부품은 위의 그림 41 같이 5번, 6번 관절 링크 꺾임.

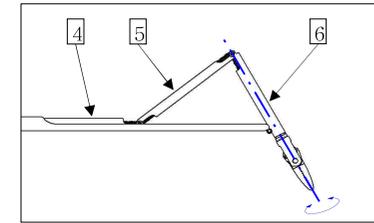


그림 41. 가요성 복강경 수술기구의 말단부 확대

\* 집게 부분 굽힘 잠금 또는 풀림

- 7번 부품을 당기면 8번 부품이 9번 부품을 당겨 Latch가 해제 되어 1번 부품을 아래로 굽힐 수 있음.
- 9번 부품은 스프링과 연결되어있어 7번 부품을 놓는 순간 원위치 하여, 더 이상 1번 부품이 위로 펴지는 작동을 막음.

\* 집게 부분 회전

- 10번 부품을 회전하면, 내륜 기어로 연결된 부품들로 인해 집게 부분 회전

\* 집게 작동

- 11번 부품을 아래로 누르면 12번 집게가 열리고, 반대로 11번 부품을 위로 올리면, 12번 집게가 닫힘



그림 40. 가요성 복강경 수술기구의 말단부 확대

- 기구의 특징

- \* 복강 내에서 원하는 위치의 각도만큼 굽힐 수 있어 기존 복강경 수술기구의 단점 개선.
- \* 유사 굽힘 가능한 복강경 수술 기구 보다 금속 링크 구조(4,5,6번 부품)가 가지고 있는 뛰어난 지지력이 집게의 파지력 증가.
- \* 집게 부분의 회전은 굽혀진 상태에서 회전축을 유지하면 정회전 또는 역회전을 무한하게 할 수 있음.

라. 개발 이후 동물실험을 통한 임상적 feasibility test를 수행하고 상품화를 추진하여 실제 진료 현장에서 활용하도록 추진할 계획이다.

(7) 현재까지 Single-port Access (SPA) Laparoscopy 수술 진척 상황

가. 2008년 10월부터 “Embryonic Natural Orifice Transumbilical Endoscopic Surgery (E-NOTES) for Adnexal Tumor”에 대한 prospective study를 진행하여 현재 (2009. 10)까지 10명의 환자를 등재하고 삶의 질 평가를 수행 중임. Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시행 후 삶의 질 평가 연구로는 세계적으로 최초임.

3. 연구결과 고찰 및 결론

- 국내·외 관련분야의 기술개발 현황과 연구결과가 국내·외 기술개발 분야에서 차지하는 위치 등을 기술
- 연구결과 해석 및 다른 결과와의 비교분석 등에 대해 고찰하고 결론을 서술함

(1) Single-port 수술기구의 확대적용 경향

가. 부인과 수술의 전망

- 향후 수술 방향을 예측하기 위해서는 과거 개복 수술에서 복강경 수술이 도입된 과정을 다시 살펴볼 필요성이 있음. 1985년 독일학회에서 복강경 담낭 절제술이 보고되었지만, 맹렬한 비판이 주된 반응이었으나, 일부 열정을 가진 연구자들이 수술을 발전시켰고, 결국 1992년에는 미국 NIH Consensus Developing Conference에서 표준 수술로 인정되었음. 즉, 복강경 수술이 임상에 도입된 과정을 보더라도, 현재 연구단계에서 임상 초기 도입 단계인 NOTES (natural orifice transluminal endoscopic surgery) 수술은 향후 5-10년 내로 표준수술로 도입될 가능성이 매우 높으며, 그 중간 단계로 주로 배꼽을 통한 단일 통로 복강경 수술 [Single-port Access (SPA) Laparoscopy]이 적극 시행될 수 있음.

Forwards Through the Rear-View Mirror

현재 NOTES?

복강경 담낭절제술

1985 독일 학회 첫 보고: 대다수 비판  
1992 미국 NIH Consensus Developing Conference: 표준 수술

*"Those who cannot remember the past are condemned to repeat it."*  
Philosopher, essayist, poet and novelist George Santayana (1905)

그림 42. 복강경담낭절제술에 대한 보고서

나. SPA Laparocopy 수술 현황

- Single-port Access (SPA) Laparoscopy 는 주로 Umbilicus(배꼽)을 통한 복강경 수술이다. Single-port Access (SPA) Laparoscopy는 NOTES로 이행되는 시기에서 활발하게 시행되면서 NOTES의 수술기구와 수술법의 기본을 제시할 수술로 평가된다.

- 국립암센터 자궁암센터의 Single-port Access (SPA) Laparoscopy 수술의 선도적 연구 현황

- \* 산부인과 영역에서 세계에서 최초로 Single-port Access (SPA) Laparoscopy (Embryonic NOTES)수술을 시행하여 보고함 (2009년 4월). 약 1달 뒤 (2009년 5월) 미국의 Cleveland Clinic에서 유사한 보고를 함.

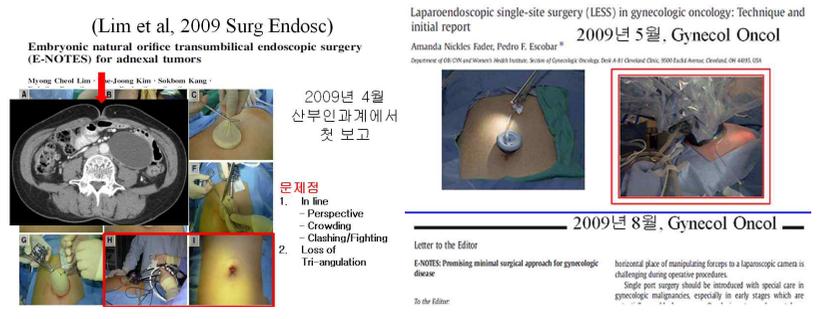


그림 43. 암센터 Single Port관련 임상연구

- Single-port Access (SPA) Laparoscopy 수술은 현재 복강경 수술과 가장 유사하면서도 배꼽내로 상처를 제한할 수 있는 장점이 있어서 pure NOTES의 이행기에 활발히 시행되어 질 것으로 예상되지만, 다음과 같은 극복해야 할 과제들이 있다.

- \* 수술적 접근을 원활히 하는 triangulation이 소실되어 수술 기구가 배꼽 한군데로 물리게 되어 기구들이 밀집되어 서로 부딪히며, 또한 한 선상에 기구가 배열되므로 원근감 소실이 수술을 어렵게 한다.
- \* 배꼽보다 큰 절제를 필요로 하는 수술도 있다.
- \* 복강 내 triangulation확보를 보장하기 위해서 아래 그림 44과 같이 magnetic instrument를 이용하거나, 작은 multi-needle approach를 이용해야 한다.

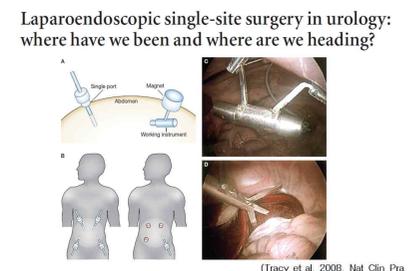


그림 44. Magnetic 장비를 이용한 연구

다. NOTES 수술 현황

- Transgastric / transcolic NOTES는 위장이나 대장을 천공하여 복강내 수술을 시행 후 다시 천공부위를 봉합하여야 하는데, 현재 안전한 봉합법이 개발되어 있지 않아서 장관을 통한 NOTES수술 시행에 문제가 있음.
- 반면, 질을 통한 NOTES는 현재 질식 자궁절제술, 질식 난소난관중양절제술, 질식 충수돌기 절제술이 안전하게 시행되고 있어서 이러한 봉합의 문제가 없음. Transvaginal NOTES는 transgastric NOTES나 transcolic NOTES에 비해서 여러 장점이 있음.
  - \* 질 절개 후 수술은 현재 시행 중인 시술 (자궁, 난소, 충수 절제술) vs. 새로 접근법 개발
  - \* 질 접근법은 직선으로 수술부위 접근가능 vs. 위, 대장은 내시경이 휘어져 들어가는데
    - 견고한 힘 전달 가능 vs. 약함.
    - 공간 이해 쉬움 vs. 어려움.
  - \* 질 공간 큼 (분만) vs. 작음
  - \* 수술 후 봉합 필요 없음(탈장, 감염가능성 없음) vs. 반드시 봉합해야 함.
  - \* 수술 부위로 배액 가능
  - \* 수술부위 유착 걱정 없음 vs. 위, 대장은 유착 가능성 ↑
  - \* 수술 당일 식사 가능함(빠른 회복) vs. 2-3일 기다렸다 식사
  - \* 척추마취 & 수면마취하에 수술 가능성
  - \* 부인과 질환으로 자궁절제술 후 동시 수술의 용이
  - \* 복강 내 탈착 기구(mini mobile robot) 삽입 용이

라. 임명철 등은 Single-port Access (SPA) Laparoscopy 에 대해 세계적으로 첫 번째로 임상 경험을 보고 하였고, 수술방법론 및 수술기구 개발에 대한 leading group이다. 그 동안 국립암센터 자궁암센터의 수술경험과 현재까지 출간된 논문에서 지적된 사항을 기반으로 보다 transvaginal Hybrid NOTES에 적합한 수술기구 및 수술법을 연구

(2) 연구결과 해석 및 고찰

Single-port Access (SPA) Laparoscopy 시술용 수술 기구의 개발을 위해서 전문가 면담을 통한 기존 수술 도구들의 문제점, 한계점 분석하였고 이를 바탕으로 SPA Laparoscopy 시술용 수술 시스템 구체화, 시뮬레이션을 통한 구동 반경 모델링, 구동 성능 모의 평가를 통해서 전임상용 시작품을 개발, 제작하였다.

개발된 제품의 특징으로는

- 복강 내에서 원하는 위치의 각도만큼 굽힐 수 있어 기존 복강경 수술기구의 단점을 개선하였고,
- 수술기구 끝단에 금속링크구조를 도입하여 기존의 굴곡형 수술기구에 비하여 원하는 각도에서 펴지지 않는 sustaining strength의 강도가 아주 높아 단일통로를 이용한 수술을 용이하게 할 수 있게 하였고
- 또한 집게 부분의 회전은 굽혀진 상태에서 회전축을 기준으로 정회전 또는 역회전을 무한하게 할 수 있는 등의 장점이 있다.

이와 같은 특징으로 본 개발제품을 임상에 활용하기 위하여 향후 전임상 동물실험에 의한 제품의 상세 성능평가를 바탕으로 임상시험을 추진하고자 한다.

4. 연구성과 및 목표달성도

(1) 연구성과

- 과제시작시점부터 과제종료시점까지의 연구성과(학술지 게재, 학회발표, 학위논문, 산업재산권 출원·등록, 워크숍 또는 심포지움 개최, 전시회 참가, 임상응용, 기술성과 이전, 벤처 창업 등의 실적)를 기재하되, 본 과제와 관련성이 있는 성과에 한하여 기재
  - ※ 논문, 특허성과는 과제 시작시점이후 게재 신청 또는 출원된 실적만 기재. 다만, 후속과제의 경우는 예외

가. 국내 및 국제 전문학술지 논문 게재 및 신청

논문명	저자 (저자구분 <sup>1)</sup> )	저널명(I.F.)	Year; Vol(No): Page	구분 <sup>2)</sup>	지원 과제 번호 <sup>3)</sup>
Gait symmetry analysis protocol for whole leg movement symmetry evaluation	조영호 (공동)	Journal of mechanics in medicine & biology(0.493)	2012.9; 12; E-publish	국외 SCIE	없음
Design and Evaluation of 2-DOF Compliant Forceps with Force Sensing Capability for Minimally Invasive Robot Surgery	조영호 (교신)	IEEE Transaction on Robotics(3.063)	2012.8; 28; (932 ~ 941)	국외 SCI	1110250, 1010880
A compact, telesurgical robot system for minimally invasive surgery. Part I. System description	조영호 (교신)	Minimally Invasive Therapy(1.330)	2012.5; 21; (188 ~ 194)	국외 SCI	1110250
Lapabot: A compact, telesurgical robot system. Part II. Telesurgery evaluation	조영호 (교신)	Minimally Invasive Therapy(1.330)	2012.5; 21; (195 ~ 200)	국외 SCI	1110250
최소침습수술을 위한 복강경 매니퓰레이터 제어	조영호 (교신)	제어로봇시스템 학회지	2011.7.17; 17; (685 - 696)	국내	1010880

- 1) 저자구분 : 교신, 제1, 공동  
 2) 구분 : 국내, 국내 SCI, 국내 SCIE, 국외, 국외SCI, 국외SCIE 등  
 3) 지원과제번호(Acknowledgement)  
 - 과제번호를 연차 표시(-1, -2, -3 등)를 생략하고 7자리로 기재하고, 과제와 관련성은 있으나 불가피하게 Acknowledgement가 누락된 경우에는 '없음'으로 기재

나. 국내 및 국제 학술대회 논문 발표

논문명	저자	학술대회명	지역 <sup>1)</sup>	지원과제번호
Development of LAPABOT as a Compact Telesurgical Robot System for Minimally Invasive Surgery	조영호, 최재순, 박준우, 김영우	ACCAS 2011	태국, 방콕	1110251
Grasping and pulling force sensing surgical instrument for minimally invasive surgery	조영호, 홍만복	CARS 2011	독일, 베를린	1110251
Development of a robotic surgical instrument for minimally invasive surgery	조영호, 홍만복	SMIT 2011	이스라엘	1010800

1) 지역 : 국내, 국외

다. 산업재산권

구분	주발명 자성명	발명 명칭	출원 (등록)국	특허출원 (등록)번호	특허출원 (등록)년월
발명특허	조영호 김동준 박준우	소구경 복강경 수술기구	일본	등록결정	2012.10.05
발명특허	조영호 백두진 임혜원 김영우	회전 3자유도를 가지는 발판입력장치	미국	등록결정	2012.09.10
발명특허	조영호 최재순 박재감 외	Robotic surgical system for laparoscopic surgery	미국	등록 (8231610)	2012.07.31
발명특허	조영호 김동준 박준우	소구경 복강경 수술기구	중국	등록결정	2012.07.06
발명특허	조영호 김광기 김동준 김유신 박상운 서상수 임명철	가요성 복강경 수술기구	한국	출원 (10-2011-0139311)	2011.12.21
발명특허	조영호 백두진 임혜원 김영우	회전 3자유도를 가지는 발판입력장치	한국	등록 (10-1038925)	2011.5.30

1) 구분 : 발명특허, 실용신안, 의장등록 등

라. 저서

저서명	저자	발행기관(발행국, 도시)	쪽수	Chapter 제목, 쪽수 (공저일 경우)

마. 연구성과의 정부정책 기여

보고서명	정부정책	기여내용

바. 기타연구성과

(2) 목표달성도

가. 연구목표의 달성도

- 사업목표에 대한 달성내용 및 관련분야 기술발전에의 공헌도 등을 기술
- 달성도(%)는 연차별목표대비 당해연도 달성도 및 최종목표대비 당해연도까지의 누적 달성도를 반드시 기입

최종목표	연차별목표		달성내용	달성도(%)	
	연차	최종		연차	최종
부인과 치료에 사용되는 최소 침습 수술용 수술 기구의 개발 및 이를 이용한 시술 프로토콜 개발	1차년도	기존 SPA수술기구 및 장치의 조사분석	관련 문헌 및 온라인 조사를 통해서 기존 기구와 장치 조사분석함	100	100
		SPA Laparoscopy 시술용 수술 기구 개발	신개념의 굴곡형 SPA 수술기구를 개발함	100	100
	2차년도	SPA Lararoscopy 시술용 수술 기구의 보완적 시제품 설계 및 제작	sustaining strength를 크게 강화한 SPA 수술도구를 개발제작함	100	100
		신규 특허 출원 및 관련 논문 작성	가요성 복강경수술기구' 특허 출원	100	100
	3차년도	임상시험용 SPA수술 기구의 보완적 시제품 설계 및 제작	최종 시제품 제작 완료	100	100
		개발된 기구의 성능 평가 신규 특허 출원 및 관련 논문 작성	동물실험 수행계획 수립, 연내 시행	30	30

나. 평가의 착안점에 따른 목표달성도에 대한 자체평가

평가의 착안점	자 체 평 가
수술도구 보완 시제품 개발 (50%)	이중 굴곡형 가요성 수술기구의 독창적 모델에 대한 시제품 개발을 완료함
전임상 동물실험 수행 (20%)	12월 동물실험 수행 예정임
관련논문 및 특허 신규 창출 (30%)	관련특허에 대한 특허 출원

### 5. 연구결과의 활용계획

(1) 연구종료 2년후 예상 연구성과

- 연구종료 2년후까지 연구사업 결과로 발생할 것으로 예상되는 성과, 즉 학술지 게재, 산업재

- 산권 등을 단계별로 다음의 양식에 의거하여 작성함. 학술지 게재는 게재 예상 학술지 명과 Impact Factor 등을 기재함
- 연구사업의 내용이 논문이나 산업재산권과 연결되기 힘든 과제의 경우, 자유 형식으로 예상연구성과 및 활용정도를 기재하되 최대한 계량화할 것
- 예) DB 및 건 구축완료, OOO 시스템 구축 및 OO사업 완료

구 분	건 수	비 고
학술지 논문 게재	2	Minimally invasive therapy [1.35]
산업재산권 등록	1	대한민국, 가요성 복강경 수술기구
기 타		

### (2) 연구성과의 활용계획

- 연구성과물의 활용분야 및 활용방법, 활용범위 등을 구체적(특히 시간적 구체성, 예를 들어 몇 년 안에 치료기술 실용화 등)으로 기술하되, 참여기업이 포함되어 있는 과제의 경우 기업과 연계한 활용방안에 대해서도 기술함
- 추가 후속연구의 필요성에 대해서도 간략하게 기술함

가. SPA Laparoscopy 시술용 수술 기구 개발

- 진료적 측면

- \* 기존 수술 도구에 비해 향상된 조작성(dexterity)을 통해 보다 정교한 수술로 결과를 더욱 향상시킴
- \* 기존 수술 도구로 어려운 고도 미세 수술을 가능케 함
- \* 기존 수술 도구로 접근이 어려운 환부에 대한 수술을 가능케 함
- \* 술기술에 대한 숙련도가 낮은 경우에도 일정수준 이상의 수술시행이 가능함
- \* 시술 시 편의성 증대 및 정확도 향상

(2) 지식 및 기술적인 측면

- \* 간암, 유방암, 뇌암 환자의 고형 종양 제거 시술에의 확대 적용 추진
- \* 복강 내 고자유도 미세수술을 기반한 최소침습적 수술의 새로운 영역을 개척함

(3) 산업적인 측면

- \* 최소침습적 수술의 활용을 확대하여 직간접적 의료비용 절감
- \* 장기적으로 초래 가능한 숙련된 외과 의료 인력의 부족 현상에 대한 대응

## 6. 참고문헌

○ 보고서 작성시 인용된 모든 참고문헌을 열거

- (1) Lim MC, Kim TJ, Kang S, Bae DS, Park SY, Seo SS. Embryonic Natural Orifice Transumbilical Endoscopic Surgery (E-NOTES) for Adnexal Tumors. Surgical Endoscopy 2009 April 3 [Epub ahead of print].
- (2) Lim MC, Park SY, Seo SS. E-NOTES: Promising minimal surgical approach for gynecologic disease. Gynecologic Oncology 2009 Aug 19 [Epub ahead of print].

## 7. 첨부서류

○ 본 연구의 성과로 논문, 저서, 산업재산권, 정책정책 기여 등이 있을 경우 관련 증빙자료를 첨부토록 함

## 관인생략

# 출원번호통지서

**출원 일자** 2011.12.21  
**특기사항** 심사청구(유) 공개신청(무)  
**출원 번호** 10-2011-0139311 (접수번호 1-1-2011-1019249-91)  
**출원인 명칭** 국립암센터(1-2000-036786-6)  
**대리인 성명** 손민(9-1999-000420-6)  
**발명자 성명** 조영호 김광기 김동준 김유신 박상윤 서상수 임명철  
**발명의 명칭** 가요성 복강경 수술기구

## 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
\* 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
\* 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 국내출원 건을 외국에도 출원하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정 받을 수 있습니다.  
\* 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12월, 상표·디자인은 6월 이내  
\* 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적고환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.  
\* 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

[Minim Invasive Ther Allied Technol](#). 2012 May;21(3):188-94. Epub 2011 Jul 11.

## Lapabot: a compact telesurgical robot system for minimally invasive surgery: part I. System description.

Choi J, Park JW, Kim DJ, Shin J, Park CY, Lee JC, Jo YH.

Biomedical Engineering Branch, Division of Convergence Technology, Research Institute, National Cancer Center, Goyang, Korea.

### Abstract

The applications of robotic minimally invasive surgery (MIS) have widened, providing new advantages such as augmented dexterity and telesurgery. However, current commercial robotic laparoscopic surgical systems still have aspects to be improved such as heavy and bulky systems not suitable for agile operations, large rotational radii of robot manipulator arms, limited remote control capacity, and absence of force feedback. We have developed a robotic laparoscopic surgical system that features compact slave manipulators. The system can simultaneously operate one laparoscope arm and up to four instrument arms. The slave robot is controlled remotely through an Ethernet network and is ready for telesurgery. The developed surgical robot has sufficient workspace to perform general MIS and has been shown to provide acceptable motion tracking control performance.

PMID: 21745135 [PubMed - indexed for MEDLINE]

## Lapabot: A compact telesurgical robot system for minimally invasive surgery: Part II. Telesurgery evaluation

May 2012, Vol. 21, No. 3, Pages 195-200 (doi:10.3109/13645706.2011.579978)

Jun Woo Park<sup>1</sup>, Duck Hee Lee<sup>1</sup>, Young Woo Kim<sup>2</sup>, Byeong Han Lee<sup>3</sup> & Yung Ho Jo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Biomedical Engineering Branch, Division of Convergence Technology, Research Institute, National Cancer Center, Goyang, Korea

<sup>2</sup>Gastric Cancer Branch, Division of Translational & Clinical Research I, Research Institute, National Cancer Center, Goyang, Korea

<sup>3</sup>Laboratory of Animal Research, Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Correspondence: Yung Ho Jo, Biomedical Engineering Branch, Division of Convergence Technology, Research Institute, National Cancer Center, 323 Ilsan-ro, Ilsandong-gu, Goyang-si, Geonggi-do, 410-769, Republic of Korea. +82-31-920-1754. +82-31-920-1756. [joyh@ncc.re.kr](mailto:joyh@ncc.re.kr)

<a href="#">HTML</a>
<a href="#">PDF (278 KB)</a>
<a href="#">PDF Plus (284 KB)</a>
<a href="#">Reprints</a>
<a href="#">Permissions</a>

### Abstract

As described in Part I, the *Lapabot* was developed considering telesurgery from the initial design stage. The robot configuration is based on the master-slave structure in which the operator can be separated spatially from the patient. The distributed control architecture communicating through high-speed network enables remote control of surgical robot manipulators. In this work, we added network communication modules using user datagram protocol/internet protocol for implementation of the telesurgical system. For a stable network environment, a dedicated research network was adopted. To characterize the network environment, a data packet sender and a repeater whose packet length and packet structure are similar to those of the real data packet were developed. The developed system was evaluated through *in-vitro* and *in-vivo* experiments. With the developed system, we have successfully performed remote control of the *Lapabot*. The roundtrip time delay for the control signal ranged from 1.4 to 4.1 ms. The total time delay for the operator including image signal acquisition and transmission delays was under 333 ms. It did not impede surgical procedures. Initial evaluation results demonstrate the feasibility of the developed telesurgical system.

### Keywords

Minimally invasive surgery, robotic surgery, telesurgery, time delay

■ 제어·로봇·시스템학회 논문지 [(Journal of Institute of Control, Robotics and Systems) ISSN 1976-5622, eISSN 2233-4335]

2011년 7월 17권 7호	
제목	최소침습수술을 위한 복강경 매니퓰레이터 제어 Laparoscope Manipulator Control for Minimally Invasive Surgery
분야	로보틱스 및 응용
저자	조영호(국립암센터), 김수현(유한대학), 김광기(국립암센터)
키워드	minimally invasive surgery, laparoscope manipulator, tooltip detection, kinematical constraints
언어	Korean
초록	An efficient laparoscope manipulator robot was designed to automatically control the position of laparoscope via a passive joint on end-effector position. The end position of the manipulator is controlled to have corresponding velocity defined in the global coordinate space using laparoscopic visual information. Desired spatial position of laparoscope was derived from detected positions of surgical instrument tips, then the clinical viewing plane was moved by visual servoing task. The laparoscope manipulator is advantageous for automatically maintaining clinically important views in the laparoscopic image without any additional operator. A laparoscope is mounted to a holder which is linked to four degree of freedom manipulator via universal joint-type passive rings connection. No change in the design of laparoscope or manipulator is necessary for its application to surgery assistant robot system. Expanded working space and surgical efficiency were accomplished by implementing slant linking structure between laparoscope and manipulator. To ensure reliable positioning accuracy and controllability, the motion of laparoscope in an abdominal space through trocar was inspected using geometrical analysis. A designed laparoscope manipulating robot system can be easily set up and controlled in an operation room since it has a few subsidiary devices such as a laparoscope light source regulator, a control PC, and a power supply.