

국내의료로봇의 도전과 과제

김광기

국립암센터 기초실험화학연구부 의공학연구과

Challenge and Problem of Medical Robot Surgery Research

Kwang Gi Kim

Biomedical Engineering Branch, National Cancer Center

(Received August 19, 2009. Accepted August 24, 2009)

Abstract

Recently, robot research and development was interesting the inside and outside of the country. Medical robot surgery showed diverse advantages according to advanced technical robot research. Also the academic society, research institute and industry showed concerning to the medical robot system. There is a growing need to introduce medical research for aging society. The surgical landscape is quickly changing because of the major driving force of robotics. Robot system and biomedical engineering research as defined a new engine of development show present ways of future revitalization of medical robot system. Medical robot system will be even more utilized when we keeps trying to combine high biomedical technique, IT research, and robot technique. . In this review article, we begin with a short historical review of medical robotics, followed by an overview of clinical applications where robots have been applied.

Key words : Robot surgery, Medical robot.

1. 서론

최 근 국내에서도 의료용 로봇에 대한 관심이 높아 지고 있다. Davinci, Robodoc 등의 수술용 로봇 시스템의 실제 임상 시술 사례 발표 건 수가 급격히 증가하고 있으며, 기존 시술 대비 로봇 시술의 장점들이 부각 되고 있다. 일반적으로 산업용 로봇은 사람이 직접 하기에는 위험하거나 힘이 드는 작업, 또는 높은 정밀도가 요구되는 단순 반복 작업의 수행에 활용되고 있지만, 의료분야에서의 로봇은 기존의 개복 수술 및 복강경 수술로는 구현이 불가능하던 고난이도의 시술을 가능케 해 준다는 측면에서 차세대 첨단 의료 기술의 하나로써 각광받고 있다.

예를 들면, 외과 의사의 손에 의한 술기로 대부분의 시술이 이루어져 왔던 기존의 의료 환경에 로봇 시스템을 적용하게 되면, 사람의 손과 기존의 수술 도구만으로는 수행하기 어려운 다양한 술기들을 정밀하고 작은 고자유도 로봇 시스템을 통해 구현할 수 있으며, 고해상도의 내시경 및 다양한 영상 처리 기능을 통해 다양한 각도에서의 폭넓은 시술 부위 영상을 확보할 수 있다. 현재 국내에서도 국립암센터, 연세대학교, 고려대학교 등의 의료 기관에서 수술 로봇 시스템을 이용한 임상 실시 사례가 지속적으로 발표되고 있으며, 초기 로봇 수술 시스템의 사용에서 얻어진 경험을 바탕으로

보다 다양한 의료 분야에 로봇 공학 기술을 적용하기 위한 수요와 요구가 확산되는 추세에 있다. 즉, 일선 의료 현장에 공학 기술이 접목됨으로써, 그동안 개별적으로 발전해 오던 두 학문 분야가 결합되어 새로운 융합 학문 분야로 성장하고 있는 것이다. 이러한 의료용 로봇 분야의 급격한 성장은 고부가가치 산업인 의료 산업 분야에도 획기적인 변화의 바람을 불러 일으키고 있으며, 신 의료 산업 시장의 주도권을 선점하기 위한 관련 산업체 및 기업들의 시장 진입이 지속적으로 이루어지고 있다.

하지만, 이러한 의료용 로봇 산업의 성장과 시장 선점을 위한 정부, 학교, 연구소 및 기업들의 관심과 노력에도 불구하고, 아직까지 국내 의료 로봇 시장에서는 괄목할 만한 성과를 찾아볼 수 없는 것이 현실이다. 가장 큰 이유는 앞서가는 몇 개의 다국적 해외 기업들이 전체 의료 시장을 독과점하고, 기술 특허의 선점을 통한 높은 기술적 진입 장벽을 쌓고 있기 때문이며, 또한 의료 분야의 특성 상 가격이나 참신성 보다는 신뢰성을 중시하여 해외에서 인증된 제품만을 선호하는 경향이 강하기 때문이다. 그 밖에, 의료용 로봇의 막대한 초기 개발 비용, 해당 분야에 대한 경험 부재 등의 문제들이 국내 의료용 로봇 분야의 성장을 가로막고 있는 요인이 되고 있다 [1].

국내 의료용 로봇 분야의 발전을 저해하는 또 다른 원인으로는 의료 일선과 기술 개발 분야의 원활하지 못한 협력 체계를 들 수 있다. 외과 의사 개인의 장기간에 걸친 경험에서 습득된 술기에 주로

Corresponding Author : 김광기
(410-769) 경기도 고양시 일산동구 정발산로 111 국립암센터
Tel : +82-31-920-2241 / Fax : +82-31-920-2242
E-mail : kimkg@ncc.re.kr

의존해 온 국내 의료진들과 자동차, 항공기, 반도체, 가전 등의 제조업에만 초점을 맞추어 연구 개발을 수행했던 로봇 개발 인력들이 서로 각자의 개별적인 관점에서만 의료용 로봇 분야를 바라보고, 서로 간의 원활한 의견 교환이 이루어지지 못함으로써, 실제 국내에서 개발되었거나 연구 중인 많은 의료용 로봇들이 일선의 의료 현장에서는 실효성 있게 적용되지 못하는 사례가 비일비재한 상황이다. 이러한 관점에서 본 논문에서는, 국내 의료용 로봇 시장의 현황, 의료용 로봇 시스템의 기술적인 분류 및 다양한 적용 사례 및 국내 개발 현황에 대해 간략히 소개하고, 의료용 로봇의 국내 개발을 위해 극복해야 할 과제들을 개략적으로 살펴보고자 한다.

II. 국내외 의료용 로봇 시장 현황

우리 나라에 의료용 로봇이 처음 도입된 것은 2005년 서울 신촌 세브란스 병원으로 그 해 7월 15일 국내 첫 로봇 수술이 수행되었다. 이후 2007년부터 국내 여러 대학병원 및 의기관들이 수술 로봇 시스템을 도입하고, 아시아에선 두 번째로 ‘로봇 수술 트레이닝 센터’가 국내에 개장하였다 [2]. 현재 세계적으로 의료용 로봇의 대명사라고 할 수 있는 다빈치 수술 로봇 시스템은 1999년부터 보급되기 시작해 2008년까지 세계적으로 940여 대가 판매되었다. 이 중 대부분인 870여 대는 미국 및 유럽의 병원에 설치되어 있으며, 아시아에 약 48여 대가 보급돼 있다. 일본에 6대가 도입되어 있고 중국은 11대, 그리고 우리나라에 20대가 있다 [3], 의료용 로봇 시장의 규모는 2008년 기준으로 28억 8300만 달러로 추산되며, 2013년에는 73억 4900만 달러까지 연 평균 20.6%의 성장률을 나타낼 것으로 전망되고 있다. 또한 국내 의료용 로봇 시장은 2008년에 약 920억원 규모로, 전년 대비 50.8% 증가 하였다 [4].

우리 나라는 인구 대비 의료용 로봇 보유 대수가 세계 3위로 집계되고 있지만, 현재 국내에서 사용되고 있는 의료용 로봇은 전량 수입된 것으로 관련 시장 발전 및 확대를 위해서는 국산 의료용 로봇 시스템의 조속한 개발이 필요한 상황이다. 이를 위해 2008년 대

한의료로봇학회가 설립되어 의료 로봇 분야의 학계, 연구계, 산업계의 활발한 정보 교환 및 공동 연구를 통한 기술 향상을 도모하고, 정부차원에서 고관절·무릎관절 의료로봇, 의료용 시뮬레이터 및 원격수술 시스템 등의 개발을 위한 연구개발비 예산을 증액하는 등 의료용 로봇의 국내 개발을 위해 다각적 노력을 기울이고 있다[5].

식약청에서도 허가 도우미 제도 외에 첨단 의료기기 개발연구비를 지원하고 있는 정부 기관과의 협의체를 구성하여, 개발 초기부터 제품화를 고려하여 연구가 이루어질 수 있도록 지원하고 있으며, 이를 통해 개발된 제품의 전임상 및 임상 허가에 소요되는 기간의 단축을 통한 비용 절감 및, 신속한 제품화를 통한 국내 의료기기 산업 활성화에 크게 기여할 것으로 기대하는 한편, 현재 개발 중인 다양한 의료용 의료용 로봇에 대한 허가 도우미 추가 지정에도 적극 나설 것이라고 밝히고 있다.

III. 의료용 로봇의 분류

의료용 로봇 분야는 크게 네 분야로 구분된다. 기존의 수술을 일부 보조하거나 수술 부위에 관련된 최적의 영상 획득을 위한 수술 보조 로봇(Surgery Assistant Robot), 수술 전체 과정 및 일부 과정을 전담하여 수행하기 위한 수술 로봇(Surgical Robot), 자기공명영상(MRI) 혹은 컴퓨터 단층 촬영(CT) 등을 통해 얻어진 3차원 영상 및 촉각 디바이스(Haptic Device)를 이용하여 획득된 정보들을 종합하여 수술에 관련된 다양한 훈련을 할 수 있도록 도와주는 수술 시뮬레이터(Surgery Simulator), 그리고 신체적 거동이 불편한 장애인이나 노인의 독립적인 활동을 가능하게 해주는 재활 로봇(Rehabilitation Robot) 등으로 구분할 수 있다 [6]. 수술보조 로봇은 수술을 원활하게 하기 위하여 집도의를 도와주는 보조의의 역할을 대신하는 로봇이다. 복강경수술에서 내시경을 제어하여 집도의에게 편안한 시야를 확보해줌으로써 수술실의 보조의를 대처하면서도 집도의의 명령을 정확하고 안정되게 따를 수 있는 로봇

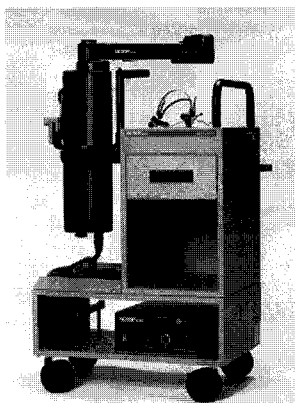


그림 1. 이습 3000, Intuitive surgical 회사 제공
Fig. 1. AESOP 3000; courtesy of intuitive surgical

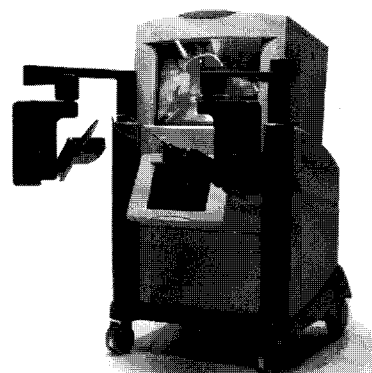


그림 2. 제우스 수술콘솔 (2001 Computer motion, USA)
Fig. 2. Zeus surgen's console (2001 Computer motion, USA)

을 중심으로 대부분의 연구가 진행되어 왔다. 대표적으로 그림 1에 있는 미국의 Computer Motion 회사의 AESOP이 있다. 1994년에 개발된 AESOP는 7자유도에 4개의 능동관절을 갖는 복강경 수술에서 카메라 보조 로봇이다. ASEOP는 그림 2에 있는 ZEUS 수술로봇 시스템의 기초가 된다. ZEUS는 수술도구는 탈착형으로 한번에 교체가 가능하며 2001년 복강경 수술과 심장수술의 일부 절차에서 FDA 승인을 받았다. 최근에는 첨단 IT/BT/RT 기술이 결합된 새로운 형태의 융합 의료 로봇이 개발됨으로써 사람이 하기 어려운 고난이도의 초정밀 미세 수술이 가능하게 되어, 수술 후 유증의 감소 및 회복시간 단축, 탁월한 미용효과 등을 얻을 수 있음이 보고되고 있다.

수술 로봇 시스템의 개발을 위해 요구되는 기술적 분야로는, 로봇 전체의 기구학적 제어를 위한 다축 제어 시스템 및 원격 제어 기술, 고해상도의 2차원 혹은 3차원 영상 획득을 위한 조명 및 광학 기술, 사람의 팔과 같이 자유자재로 움직이게 할 수 있는 다자유도 시스템의 설계 및 제어, 그리고 촉각 전달을 위한 햅틱 관련 기술 등이 있다. 이 중에서 사람의 손 끝에서 느껴지는 정도의 정교한 햅틱 기술은 아직 임상에 널리 활용되지 못하고 있으며, 이 부분이 현재 사용되고 있는 수술 로봇 시스템의 최대 단점의 하나로 지적되고 있다. 예를 들어, 집도의가 직접 손으로 환부를 껴매는 실을 잡아 당겨보면 팽팽한 느낌이 전달될 수 있지만, 다빈치 수술 시스템을 통해 환부를 껴매 때에는 그러한 느낌이 집도의의 손 끝으로 전달되지 않으므로, 다만 제공되는 화면을 보면서 짐작만을 할 뿐이다 [7].

일반적으로 거론되는 의료용 로봇의 범주는 매우 넓은 편이다. 의료용 로봇은 의료 산업 전반에 이용되는 로봇을 통칭하는 것으로, 의약품이나 의료기기 생산용 로봇이나 병원에서 사용되는 서비스 로봇까지도 포함된다. 하지만 의료계에서 일반적으로 인식하고 있는 것은 가장 화려하고 부가가치가 높은 수술용 로봇일 것이다. 현재 국내에서 판매 되고 사용 되고 있는 수술용 로봇으로는 복강경 수술을 위한 다빈치(Da Vinci) 로봇 시스템과, 관절 수술에

특화된 로봇인 로보닥(Robodoc) 시스템이 있다. 각각의 의료용 로봇이 적용되는 수술 분야는 서로 다르지만, 각 분야에서의 시술 건 수는 지속적으로 증가하고 있는 상황이다. 재활 로봇 분야에서도 최근 많은 연구가 진행되고 있는데, 이탈리아의 MOVAID가 대표적이며, MIT에서도 RIC와 같은 로봇신경재활로봇이 개발되었다. 국내 KAIST에서도 휠체어 로봇 시스템이 연구되고 있다 [8]. 원격수술로서는 도쿄대 공학부에서는 1997년 10월, 약 700km 떨어진 오카야마 의대 정형외과 사이에서 지름 1mm의 혈관을 봉합하는 원격 미세수술 실험을 시연하였다. 멀리 떨어져 있기 때문에 시간 지연이 발생하게 되는데, 비디오 이미지는 600ms, 제어 정보는 10ms의 시간 지연이 있었다. 연구팀에 속한 외과의가 집도하여 혈관 봉합수술을 10분 이내에 성공적으로 마쳤다[9].

다른 분야로서는 수술시뮬레이터분야가 있다. 최근 수술에서의 정밀한 수술을 확보하기 위해서 국내외적으로 항법, 컴퓨터 단층촬영정보 및 카메라 영상정보를 이용하여 상호정합기술을 사용한 시스템이 활발히 연구개발중이다. U.C. 버클리에서는 VESTA (Virtual Environments for Surgical Training and Augmentation) 시스템개발로 상호작용적인 힘 반향 모의 수술용 훈련시스템을 개발하였고 CMU에서는 히포크라테스 프로젝트를 통해서 정형외과의사의 수술방법을 모의 수술용 시스템을 개발하였다. 존스홉킨스에서 CISST(Computer Integrated Surgical System and Technology)로 뇌수술 및 안구 수술에 대한 모의 수술용 시뮬레이터를 개발하였다 [10].

IV. 복강경 수술로봇 시스템

복강경 수술은 최근 10년 동안 비약적인 성장을 이루어 2000년도 전체 개복 수술 건 수의 60~80%에 해당하는 시술이 복강경 수술로 수행될 정도로 급부상하고 있는 분야로, 외과 의사나 수술 보조원의 작업을 전부 혹은 일부 보조하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그림 3에서는 현재 사용되고 있는 다빈치 시스템의

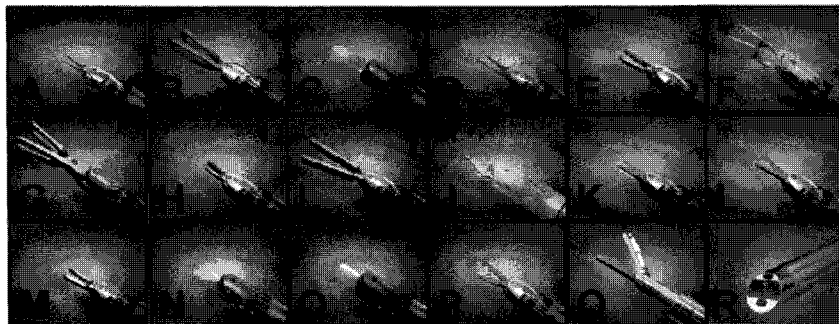


그림 3. 다빈치시스템에서 사용되는 툴

Fig. 3. Instruments currently available for the da Vinci Surgical System (Intuitive Surgical, Inc., Sunnyvale, CA). (A) Black diamond micro forceps; (B) Cadiere forceps; (C) cautery with spatula; (D) Cichon tissue forceps; (E) DeBakey forceps; (F) PreCise bipolar forceps; (G) ProGrasp forceps; (H) large needle driver; (I) long-tip forceps; (J) permanent cautery hook; (K) Potts scissors; (L) round-tip scissors; (M) round-tooth forceps; (N) scalpel cautery with 15-degree blade; (O) scalpel cautery with Beaver blade; (P) small clip applicator; (Q) ultrasonic shears; and (R) dual-channel laparoscope. (Courtesy of IntuitiveSurgical.) [15]

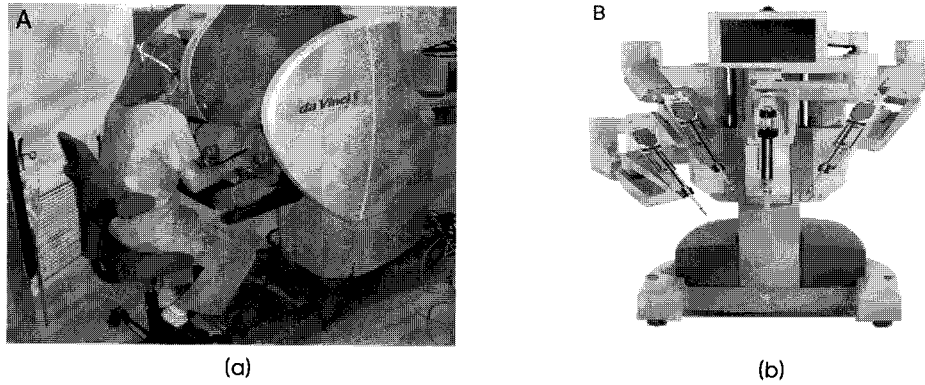


그림 4. 다빈치 시스템.

Fig. 4. (a) The da Vinci Surgical System (Intuitive Surgical Inc, Sunnyvale, CA) surgical console contains the 3-dimensional binocular display of the operative field provided by the camera held by the robot (courtesy of Intuitive Surgical). (b), The surgical tower that is docked next to the patient and handles the operative instruments. This model has 4 robotic arms-3 for the instruments and 1 for the laparoscope (courtesy of Intuitive Surgical) [16].

툴에 대한 그림을 보여준다. 복강경 수술의 대표적인 수술로봇으로서 툴의 범위내에서 시술이 용이하고 향후 각 전문 수술 부위에 따른 고자유도 툴이 계속적으로 개발 되어야 하겠다.

MIT Human Machine Systems LAB에서는 1996년에 Phantom haptic 인터페이스 암(arm)을 사용한 원격수술 시스템을 개발하였다. 복강경 수술에서 사용하는 수술도구인 그리퍼와 가위의 중간을 절단하여 마스터에는 그리퍼를 달고 슬레이브에는 가위를 설치한 후, 봉합용 실을 잡고 자르는 기초적인 동작을 수행하였다. 작업자가 마스터를 움직이며 그리퍼를 열고 닫으면, 마치 직접 외과 의사가 움직이는 것처럼 슬레이브 수술 로봇에 설치된 가위가 수술 작업을 수행하게 되고 이 때 발생하는 영상과 소리를 의사에게 전달할 수 있도록 하였다[11]. 현재 국내외에서 많이 사용하고 있는 다빈치 시스템은 크게 두 개의 부분으로 구성되어 있는데, 팔과 몸통으로 구성되어 있는 로봇 카트(the robotic cart, slave)와 의사가 로봇을 조종하는데 쓰는 수술 콘솔(the operating console, master)이다. 로봇 카트는 약 2m의 높이에 544kg의 무게를 가지고 있으며, 본체에는 4개의 팔(arm)이 붙어 있다. 가운데 있는 팔

에는 시술 부위의 영상 획득을 위한 내시경(endoscope) 카메라가 있고, 그 주위로 수술용 기구를 다루는 3개의 팔이 배치되어 있다. 수술 콘솔의 아래 부분에 있는 발판과 조종간을 적절히 조작하면, 그에 따라 로봇 팔 및 말단부에 체결되어 있는 수술 도구들이 다양한 움직임을 수행한다[12]. 그림 4은 다빈치 시스템의 사진을 보여준다.

최소침습수술(MIS)은 개복하지 않고 복벽에직경 5~10mm의 구멍을 뚫고 이 구멍을 통해 가늘고 긴 수술도구와 카메라를 삽입하여 수술하는 방법이다. 시술을 위해 필요한 절개부가 기존의 개복수술보다 매우 작아 환부 이의 조직의 손상을 최소화시킬 수 있으며 시술 도중의 출혈량이 적고, 수술 후 환자가 느끼는 통증이 적고, 회복 기간이 빨라지는 장점들을 가지므로 최근 활발히 이루어지고 있는 수술기법이다. MIS는 시술 부위에 따라 흉부경(Thoracoscopy), 관절경(Arthroscopy), 골반경(Pelviscopy), 혈관경(Angioscopy), 복강경(Laparoscopy) 등이 있다. U.C. 버클리대와 Endrobotics Co. Ltd. 에서는 4자유도의 힘반향 조이스틱 디바이스(Immersion System's Impulse Engine 3000)에 3자유도

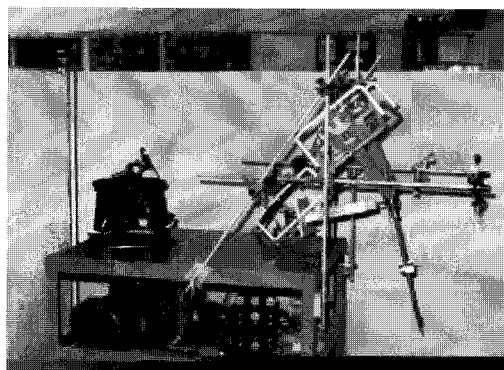


그림 5. 복강경수술용 7자유도의 마스터
Fig. 5. Laparoscopy master system of DOF 7

표 1. 해외 의료로봇 관련 회사

| | | |
|---|--|---|
| 1 | Graphical Representation of Knowledge (GROK) Lab | 의료영상 및 의료로봇의 컨트롤을 위한 가상현실 시스템 개발, http://grok.ecn.uiowa.edu/oldIndex.html |
| 2 | Cell Robotics International Inc. | 레이저 장치를 이용한 의료기기 개발 |
| 3 | Integrated Surgical Systems | 정형외과와 신경외과 의료로봇 개발 |
| 4 | Computer Motion | 수술실에서 사용되는 의료로봇 기구 제작 |
| 5 | Sacos | 의료기구 제작, 실제 활용되는 마이크로시스템 제작 |
| 6 | Computer Aided Surgery | 수술 시뮬레이터, 네비게이터, 3D 가시화, 가상현실 연구, 개발 |
| 7 | Armstrong Healthcare Ltd. | 복강경 보조로봇, EndoAssist, 최소침습수술로봇 제작 |
| 8 | Mechatronics in Medicine and Surgery | 수술로봇, 의료로봇, 지능형 연구개발센터운영 |

표 2. 국내 의료로봇관련 기관 및 회사

| | | |
|---|-------------|----------------------------------|
| 1 | 국립암센터 | 초소형 복강경 로봇, 생검 로봇 |
| 2 | KAIST | 관절수술 로봇, 복강경 로봇, 다자유도 로봇, MIS 로봇 |
| 3 | 한양대학교 | 척추수술 로봇, 뇌정위수술 로봇 |
| 4 | 큐렉소 | 관절치환수술을 위한 ROBODOC 개발 |
| 5 | 래보 | 복강경 로봇 연구개발 |
| 6 | NT Research | 의료로봇개발 |

의 끝무형 손목(Stylus-like handle)을 장착한 복강경 수술용 7자유도의 마스터 장치와, Stewart Platform 형태의 3자유도 슬레이브 로봇과 3자유도의 유압 액추에이터로 구동되는 미니 로봇형 슬레이브를 개발하였다[9].(그림 5)

V. 국내 개발 의료 로봇 사례

국내의 의료 로봇 시스템에 관한 연구 및 개발은 아직 초보 단계에 있는 실정이다. 하지만 관련 분야에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있고 정부에서도 관련 분야의 육성을 위한 지원 의지를 강력하게 내비치고 있는 만큼, 연구의 저변이 점차 확대돼 갈 것으로 기대되고 있다. 특히 한국의 의사들은 수술 기법이 뛰어나고 새로운 장비에 대한 거부감이 적고 그 적응 속도가 빠른 편이라 다른 나라에 비해 의료 로봇의 도입 및 활용 속도 역시 빠른 편이다. 최근 국내 업체인 큐렉소에서 인공관절 시술용 의료로봇(ROBODOC)의 상용화를 추진하고 있는데, 이 로봇은 정형외과 수술 시 무릎 관절과 엉덩이 관절 등에 인공 관절을 삽입하기 전에, 뼈를 자동으로 깎아 주는 로봇으로, 미국 Integrated Surgical Systems (ISS)사가 초기 개발한 제품을 큐렉소에서 인수한 것이다.

현재 국내에서 개발된 의료용 로봇 시스템으로는 한국과학기술원에서 개발한 인공관절 의료로봇 Arthrorobot과 내시경 로봇인 KaLar가 있다. Arthrobot은 인공 고관절 수술시 대퇴골을 성형하기 위한 로봇으로 같은 복강경 수술 로봇에 비해 크기를 줄인 것이 장점이며, KaLar는 기존의 내시경 홀더에 착탈 가능하며 팁 부위

에 고자유도의 조작 기능을 부여하고, 자체 개발한 수술 도구 자동 추적 기능을 내장하였다는 장점을 지니고 있다 [10]. 또한 한양대학교에서 척추 및 신경외과 수술용 로봇으로 2005년 개발된 “양방향 방사선 투시 로봇 시스템(Biplane fluoroscopy robot system)”은 환자 및 의료진의 방사선 노출량을 줄이고 영상 유도를 통해 시술 시간의 단축 및 정확도를 향상시켰다는 장점을 가지고 있다 [13].

개복 수술이나 복강경 수술을 넘어서 위벽, 질, 항문 등의 신체 내 자연 개구부를 통해 내시경과 수술도구들을 시술 부위로 이송시켜 시술하는 자연 개구부 내시경 수술(Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery, NOTES)은 시술로 인한 흉터가 외형적으로 드러나지 않는다는 장점을 가지므로 현재 세계적으로 활발한 연구가 이루어지고 있으며, 국내에서도 KAIST, 국립암센터, 서울대 등에서 부분적인 기술 개발 및 임상 연구가 진행되고 있다. KIST에서 개발한 캡슐내시경 로봇은 알약 크기의 캡슐을 삼키면 캡슐 내부에 내장된 카메라를 통해 소화기관의 영상을 실시간으로 촬영할 수 있는 시스템이다. 정부 지원으로 시작되어 상용화된 대표적 연구성과의 하나로서 인트로메딕(intromedic)이라는 국내 회사에서 작년 초에 식약청 허가를 받아서 시판 중에 있다.

최근 실용화 되어 사용되고 있는 심도자(Catheter) 방식이 많이 일반화 되어있다. 하지만 만성완전협착인 경우 실패율이 높아 새로운 대안필요성에 제기 되고 있다. 그에 따라 마이크로로봇기술을 이용하여 외부에서 이동을 제어하며, 유선전력공급방식을 이용하여 혈관치료로봇 연구가 진행되고 있다. 국내 정부출연기관 중

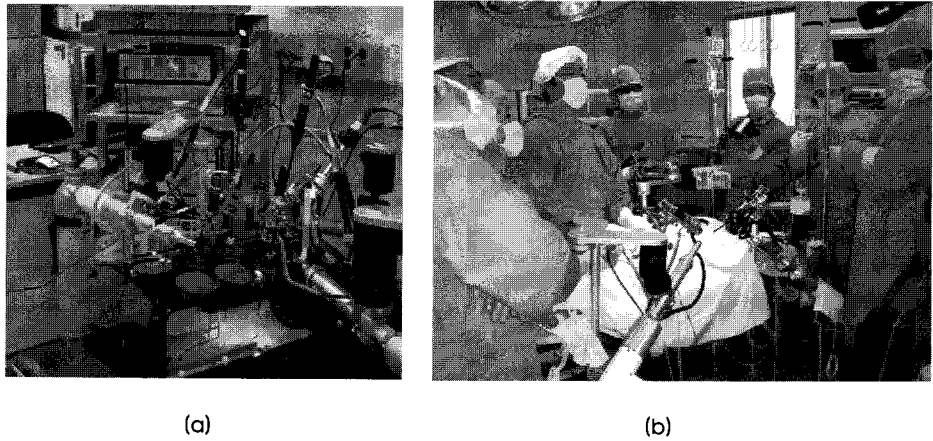


그림 6. 국립암센터 Laparobot 시스템

Fig. 6. National Cancer Center Laparobot systems. (a) National Cancer Center slave robot system (b)preparation robot surgery

에서는 국립암센터에서복강경 로봇 시스템에 대한 연구를 수행하고 있다 [1]. 기존의 다빈치 시스템보다 작고 수술대에 착탈 가능하도록 하여 설치 및 해체가 간편하도록 설계되었으며, 현재 전임상 실험을 통한 시스템 검증 및 개선 작업이 진행 중에 있다. 또한 국립암센터에서는 2008년 이후 영상기반 폐생검 로봇 시스템에 대한 연구가 함께 진행 중인데, 최근 CT 기반의 생검시술이 증가하면서 시술 의사들의 X-ray 과다 노출에 대한 문제점이 대두됨에 따라, 이러한 문제점의 해결을 위해 원격으로 정확한 생검 작업을 수행할 수 있는 영상 기반 로봇 시스템의 개발이 진행되고 있다.

VI. 결론 및 토의

현재 국내외의 의료용 로봇 분야는 초기의 연구 개발단계를 넘어 점차 상업화 단계로 진입하고 있다. 향후 가까운 미래에 수술 로봇 시장도 현재의 독점 체제가 약화되고, 본격적인 가격 경쟁 체제로 접어들어 보다 싸고 효율적이며 특화된 로봇 수술 시스템의 개발이 활발히 이루어질 것으로 예상되고 있다. 또한 의료용 로봇에 이용되는 부품들의(로봇암, 카메라 및 인식 시스템, 로봇용 수술기구 등) 규격화 및 표준화가 이루어지면생산 단가 및 판매 가격이 크게 낮아지고 관련 시장의 진입 장벽이 낮아져서 관련 시장 역시 크게 확대될 것으로 기대되고 있다. 외과 의사의 입장에서 수술 로봇 시스템들이 표준화 및 규격화되고, 신뢰성 있는 수술 프로토콜이 확립된다면, 기존의 방식으로는 수행할 수 없었던 다양한 시술을 수행할 수 있게 되므로, 결과적으로 환자들에게 제공되는 의료 서비스의 질 향상 및 치료를 향상이 가능하게 된다.

하지만, 수술용 로봇 시스템은 대량 제작 단가가 타 의료 기기에 비해 월등히 높고 시제품 제작 후 전임상 및 임상 시험을 통해 안전성과 유효성을 검증하기 위한 여러 단계의 복잡한 절차를 거쳐야 하므로, 실제 의료 현장에 투입되기까지는 오랜 개발 기간과 많은 개발비용이 투입되어야 한다. 뿐만 아니라 한국은 국제 기준을 만

족하는 임상시험을 효율적으로 수행할 수 있는 인프라가 아직 미비한 점도 개선돼야 할 부분이다. 그러나 최근 식약청이나 보건복지가족부에서 임상 시험을 시행할 수 있는 국내 전문 센터를 육성하고 개편하는 작업을 적극적으로 추진하고 있는 점은 고무적이다.

일례로써, 국내에서 상업화를 추진 중인 “인공관절 의료 로봇 시스템”의 신속한 제품화 지원을 위하여, 식약청에서는 의료기기 임상시험·기술평가 등 허가 담당자들로 구성된 “신기술 의료기기 허가도우미”를 2008년 신설하고 제품화 단계에 근접한 첨단 의료기기 기술을 선정하여 품목 허가에 필요한 행정절차 및 기술정보를 지원하기 위한 노력을 기울이고 있다.

하지만, 현재 의료용 로봇 시장을 독과점하고 있는 소수의 메이저 의료로봇 회사들이 의료용 로봇과 연관된 다양한 기술 개념들을 대부분 특허화하고 있으므로, 국내에서 새로운 로봇 시스템을 개발할 때에는 기존의 특허들을 면밀히 검토하여 추후에 발생 가능한 특허 분쟁의 가능성을 최대한 회피하기 위한 노력을 병행하는 것이 필수적이다.

이러한 관점에서 아직까지 관련 연구가 취약한 힘반향 제어 및 촉각 전달 기능의 구현에 대한 연구가 보다 적극적으로 이루어질 필요가 있다. 촉각 전달 기능의 부재는 현재 사용되고 있는 모든 의료 로봇 시스템에서 공통으로 지적되고 있는 약점으로, 국내 연구진들이 이 부분에 대한 다양한 특허권을 확보할 수만 있다면, 이를 기반으로 하여 기존의 의료용 로봇 시장에 진출하거나 보다 특성화된 전문 시술 로봇의 개발을 통한 신규 시장 창출도 가능할 것으로 기대된다.

둘째로 국내 개발된 의료 로봇 시스템이 성공적으로 상품화되기 위해서는, 무엇보다도 개발자가 시술자의 요구 사항들을 명확히 이해하고 상호간의 공감대가 폭넓게 이루어져야 한다. 즉, 의료 로봇 개발의 전 과정에서 임상 의사들이 적극적으로 참여하고 의견을 반영하여 설계가 이루어져야 시장에서의 성공 가능성을 높일 수 있다. 모든 상품들이 그러하듯이, 수술 로봇 시스템 역시 실질적

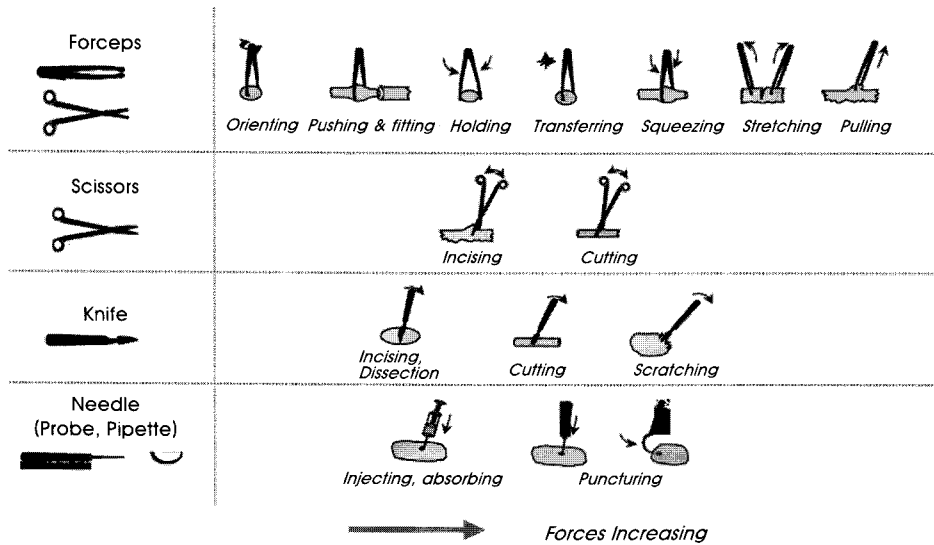


그림 7. 수술도구 동작의 모델링
 Fig. 7. Modeling of surgical tool motions.

고객들인 임상 의사들이 원하는 기능들을 편리하게 사용할 수 있도록 개발하여야 시장에서 살아남을 확률이 높아지므로, 시스템 설계 및 개발 단계에서도 반드시 개발자 편의에 따른 연구보다는 수요자 입장에서의 연구가 이루어져야 한다. 따라서, 다양한 분야의 외과 의사들이 의료용 로봇의 연구 및 개발에 관심을 가지고 적극적으로 참여 할 수 있도록 하기 위한분위기를 조성해 나가는 것이 중요하다. 그림 7은 외과 의사가 수술환경에서의 수술동작의 모델링을 나타낸것이다 [14]. 실제 상황에서의 모델링을 정확하게 하는 것이 수요자 입장에서의 연구예라 하겠다.

셋째로 로봇 수술 시스템의 전임상, 임상 실험 및 제품화 과정이

용이하게 수행될 수 있도록 정부 부처 간의 긴밀한 협조 및 조정이 필요하다, 현재 의료 로봇의 기술 개발은 지식경제부에서 맡고 있고, 이를 상업화 하기 위한 임상 및 제품화 허가는 보건복지부에서 담당하고 있으므로, 양 기관 간의 긴밀한 협조를 통해 발생 가능한 낭비 요소를 최소화하기 위한 노력이 필요하다.

넷째로 현재 의료로봇시험센터를 현재 로봇기술로서 큰성과를 거두고 있는 의료진들이 위치한 대형병원에 유치하는 것이 아니라 다른 곳에 유치하려는 움직임이 정책적으로 추진되고 있어서 우려가 된다. 가장 기술을 많이 한 의료진이 로봇에 대한 경험 및 시험을 진행할 수 있으므로 로봇임상시험센터는 현재 기술이 많이 진



그림 8. 다빈치 시스템, 손목관절 흉내장치
 Fig. 8. The daVinci Surgical system: the endowrist device (courtesy of Intuitive Surgical).

행되고 있는 대형병원에서 수행하는 것이 회사와 수술로봇을 수행하는 의료진에게 모두 도움이 될 수 있으리라 판단된다. 다섯번째로, 기존의 거대 기업들이 선점하고 있는 시장에 뛰어 들어 후발주자로서의 불이익을 감수하기 보다는, 기존 로봇 시스템들로는 수행할 수 없는 시술을 위한 보다 전문화되고 특화된 수술 로봇 시스템을 개발할 필요가 있다. 기존의 복강경 수술 시스템들은 그 크기 및 무게로 인해 뇌 질환 혹은 신경계 질환에서의 미세 수술용으로는 부적합한 단점을 가진다. 그러므로, 이러한 틈새 의료 시장들을 파악하고 이러한 수술에 최적화된 특성화 로봇 시스템을 개발한다면 새로운 시장 창출을 통한 수익 창출에 보다 유리한 위치를 점할 수 있을 것으로 기대된다. 여섯번째로, 좁은 공간에서 정확하게 작동자의 술기를 구사할 수 있는 효과적인 수술기구의 고안 및 개선과 이를 특허화한 상품개발이다. 그림 8은 다빈치 시스템에서 사람의 손목관절을 구현한 모습을 나타낸다. 로봇 매니퓰레이터를 통한 수술작업은 추가적인 고비용의 로봇시스템이 필요하다는 것을 전제로 한다. 하지만, 복강경이나 단일포트 시술과 같이 수술자가 직접 고자유도 도구를 이용하여 수술을 하는 것도 정밀하면서도 저렴하고 간편하게 시술하는 것을 가능하게 할 수 있다. 다만 수술도구 부분의 기구적 메커니즘들 중 상당부분이 다빈치와 같은 로봇 팔에 장착되는 수술도구에 구현되어 특허화되어 있는 경우가 많으므로 반드시 사전검색 및 특허회피 개발이 필요하다고 할 수 있다.

국내의 정보통신 기술, 의료 기술과 로봇 공학 기술은 세계적으로도 최고 수준에 올라 있다. 이러한 기술적 배경을 바탕으로 의료 로봇 분야에서도 집중적인 투자를 통해 짧은 시간 내에 세계적인 경쟁력을 갖추는 것이 충분히 가능하리라 판단된다.

참고문헌

- [1] 박종오, 국내외 의료로봇 현황과 발전방향. *정보과학회지*. vol. 26,no.4, pp. 49-54.2008.
- [2] 이우정. Future of Medical Robot Technology. in *Int'l Hospital Federation 35th World Hospital Congress*. 2007.
- [3] 이진한, 로봇이 수술하는 시대... 다빈치가 다가온다, in *세계일보*. 2009.
- [4] 이승재, 政, 의료용 로봇 개발에 100억 투입, in *데일리메디*. 2009.
- [5] 김광기, URAI참관기. *로봇과인간*. vol. 6,no.1, pp. 33-35.2009.
- [6] 이순요, 의료용 로봇의 기술개발동향, in *월간기계산업*. 2005, *한국기계산업진흥회*. p. 80-85.
- [7] 문찬두, [과학컬럼]의료기기와 로봇의 만남, in *디지털타임즈*. 2007.
- [8] 지경용 and 김유진, IT-BT 융합분야에서 의료용 로봇시장의 동향 및 전망. *전자통신동향분석*. vol. 23,no.2.2008.
- [9] 정재용, 정석원, and 김희대, IT 산업 공진화를 위한 기술혁신 선진국 사례조사 및 정책연구. 2002, *정보통신학술진흥과제*.
- [10] 권동수 and 김상연, 의료용 서비스로봇 시스템의 현황. *대한정밀공학회지*. vol. 17,no.9, pp. 21-31.2000.
- [11] 권동수 and 경기욱, 의료용 로봇의 연구 현황과 전망. *기계저널*. vol. 42,no.3, pp. 38-44.2002.
- [12] 이우정, 외과 영역에서의 Robotic Surgery. *대한내시경복강경외과학회지*. vol. 8,no.2.2005.
- [13] 김영수, 의료용 로봇의 현재와 미래. *대한병원협회지*. vol. 302, pp. 82-91.2006.
- [14] 송세경 and 권동수, 미세수술 동작분석을 통한 원격제어 수술로봇 설계. *의공학회지*. vol. 20,no.4, pp. 401-407.1999.
- [15] Hanly, E. and M. Talamini, Robotic abdominal surgery. *The American Journal of Surgery*. vol. 188,no.4S1, pp. 19-26.2004.
- [16] Chen, C.C. and T. Falcone, Robotic gynecologic surgery: past, present, and future. *Clin Obstet Gynecol*. vol. 52,no.3, pp. 335-343.2009.