

## The Advent of Robot in Surgical Field

한양대학교 의과대학 신경외과학교실, 차세대지능형 수술시스템 소장

김 영 수

21세기에 즈음하여 수술의 결과를 더욱 향상 시키며, 동시에 합병증과 유병률을 줄이려는 의사들의 노력이 더욱 요구되고 있다. 1990년도 미세침습수술이 전 수술분야에 적용되면서 이전의 수술 접근 방식이 점차 변화하였다. 이러한 변화는 다양한 의료 분야의 발달과 더불어 수술의 결과에 대한 추적검사의 방법과 수술 결과의 평가가 바뀌게 되어 환자의 일상생활 및 사회 생활등의 삶의 질을 향상시키는 방향으로의 수술전 계획 및 치료 방향이 변화한 것으로 알려졌다.

저자는 이번 제 10 차 두정부 중앙학회에서 위의 제목을 중심으로 최근에 대두되고 있는 로봇의 수술에서의 역할에 대하여 기술하고자 한다.

20세기 초 퀴리부인의 방사선 진단법의 발명을 시작으로 지난 100년간 진단방법의 현저한 발전은 다양한 질환에 대한 적절한 진단과 더불어 치료방향을 제시하였다. 또한 마취학의 발달은 장시간의 수술 특히 심장 수술 등을 가능케 하였다. 수술분야에서는 수술현미경의 발달과 미세수술기구의 발달로 수술의 합병증을 줄이며 높은 수술 성공률을 보였다. 20세기 후반에는 컴퓨터의 발달로 진단방법의 디지털화로 다양한 영상을 제공받게 되어 첨단 장비가 개발 되었으며 진단 및 치료에 현저한 공헌을 하였다.

1990년대에 이르러서 내시경수술의 확대로 미세침습수술분야가 등장하게 되었으며 이는 초기의 몇몇 진료과에서 진단을 위주로 시작되었으나 점차 수술분야로 확대되어 현재는 수술전과에서 내시경수술이 활발히 진행되고 있는 실정이다.

디지털 기술의 발달은 영상을 자유롭게 가공하여 사용할 수 있게 하여 다양한 소프트웨어의 등장과 더불어 신경외과 분야에서 처음으로 수술 전 환자의 영상을 가공한 관상면, 시상면, 횡단면의 영상 그리고 삼차원 가공영상이 실시간으로 위치를 찾아갈 수 있게 되었다. 동시에 이러한 영상 데이터와 환자의 환부를 일치시키는 장비를 영상소프트웨어와 일치시킨 뇌항법장치(navigation system)이 사용되었다. 이 장비를 이용하므로 보다 정교한 수술을 가능하게 했으며

현재 이는 여러 병원에서 많이 사용되고 있으며, 척추 수술에도 이용되고 있다. 뇌항법장치는 수술 전 영상을 이용하는 장비이므로 뇌수술시 뇌의 변형이 일어나는 경우 종양의 위치가 변동되어 수술전 영상을 이용하는데 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여 수술 중에 뇌MRI 촬영을 하게 되었다. 이를 위하여 미국의 하버드 대학의 울츠 교수 및 캐나다 캘거리 대학의 서드랜드 교수 등은 수술실내 MRI 장비를 설치하여 수술 중 환자의 뇌부위를 촬영하면서 뇌내 종양을 최대한으로 제거하는 수술방 시스템의 개발하고 있다.

항법장치를 이용한 수술은 신경외과 분야외에도 두정부 부위와 치과영역에도 이용되고 있다. 상악 및 하악의 골부위 질환과 치주에 관련된 단단한 구조에 대한 시술에는 적합한 수술로 이용되고 있다.

위와 같이 수술의 기술이 놀라운 속도로 개발되면서, 이제는 집도의에게 다양한 정보를 제공하면서 의사의 손을 대신 할 수 있는 장비 및 시스템의 개발과 로봇이 등장하게 되었다.

로봇이란 그 정의가 재 프로그램이 가능하며 다양한 기능을 갖는 자동시스템이다. 이러한 공학적 개념의 로봇은 다양한 기술이 융합된 현대의 발명품이며 여러 산업 및 문화에 적용되고 있다. 현재 이용되는 로봇의 범위를 살펴보자. 로봇은 단순하고 반복적인 수공작업을 수행하고, 지능적이며 정밀한 성능을 요하는 자동화 작업을 대체하며, 인간이 작업할 수 없는 극한지역 혹은 군사용 및 연구용에 이용되며, 최근에는 서비스 개념으로 가정용, 오락용 로봇이 개발되어 상용화 되고 있다. 이와 더불어 최근에는 의학 분야에도 로봇의 이용에 대한 요구가 증가하고 있는 실정이다.

의료용 로봇이 가시화 된 것은 1980년대 후반 고관절 수술에 이용되는 ROBODOC 시스템의 등장이다. 이후 내시경 수술시 내시경을 잡고 움직여 주는 AESOP(Automated Endoscopic System for Optim Positioning) 시스템 개발 후, ZEUS, da Vinci Surgical System 등 로봇이 등장하였다. 현재 미국 내 약 200여개 병원에서 수술에 이용되고 있다.

의료용 로봇은 이용방법에 따라 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 다빈치 시스템과 같이 흉곽 혹은 복강 내에 내시경을 삽입한 후 집도의가 수술 환부를 직접 보면서 주로봇(master robot)을 조정하면 이의 명령에 따라 종로봇(slave robot)이 움직여 수술을 하는 내시경유도로봇 수술 시스템이 있다. 둘째는 수술 전 및 수술 중 환부를 CT, MRI, 혹은 방사선 투시 영상을 이용한 수술 계획을 세우고, 집도의가 컴퓨터상에서 명령을 내리면 종로봇이 예정된 수술 작업을 수행하는 것으로 영상유도로봇 시스템이 있다. 후자에 해당되는 로봇은 신경외과에서 주로 발달 되었으며 대표적인 로봇에는 Neuromate가 있고, 정형외과 분야에서 인공관절 수술시 이용되는 ROBODOC 등이 있다. 이들은 대개 의사가 명령하는 수술의 일부 과정을 도우는 수술보조 로봇에 해당된다. 또 다른 영상 유도 로봇으로는 방사선 수술을 하는 CyberKnife 라는 로봇이 있는데, 이는 수술 전 환부를 촬영한 영상에서 방사선 조사 부위를 정하면, 정확한 방사선을 여러 방향에서 환부에 조사하는 시스템으로 임상적 효과가 뛰어나다.

의료용 로봇은 일반적인 지능형 로봇과는 분명 차이가 있다. 지능형 로봇은 주위의 상황을 인식하여 스스로 어떠한 행동을 할 것인지 판단하여 행동하는데 반하여, 의료용 로봇은 자체적인 판단의 범위가 제한적이며 의사에게 적절한 정보 제공 및 수술을 보조하는 기능을 맡는다.

로봇이 수술에 이용되는 목적으로는 수술로 인한 신체 손상을 최소화하고, 수술시간을 줄여 마취에 대한 환자의 노출을 줄이며, 수술 중 출혈 및 수혈을 최소화하고, 수술 후 환자의 통증이나 불편감을 최소화하고, 상처 감염의 기회를 줄이므로 해서 입원기간을 최소화하고 회복이 빨리되어, 최대한 빠른 시간 내에 사회 활동으로 복귀시키고자 하는데 있다. 따라서 현재 외과계가 시행하는 큰 수술이 로봇을 이용하면 소 수술로 변화할 수 있으므로, 환자가 수술에 대한 두려움을 줄일 수 있으며, 적극적으로 치료에 협조할 수 있다는 측면에서는 상당히 효과적이라 할 수 있다. 집도의의 측면에서는 수술시 정확한 부위를 정확하게 제거할 수 있도록 로봇이 도우며, 미세하고 정교한 수술을 대신하며, 눈으로 볼 수 없는 부위의 수술도 가능하게 하여, 의사의 피로도 줄이고 환자에게 덜 피해를 주면서 최대한의 수술 효과를 얻을 수 있도록 하는데 있다. 또한 경험이 없는 의사가도 로봇을 이용하면 경험 많은 의사의 수술 방법을 쉽게 터

득할 수 있고, 또한 원거리에서 경험 많은 의사의 도움을 받아서 수술을 무사히 마치도록 로봇이 도울 수 있다. 이러한 수술 로봇의 발달은 현재의 외과의들의 수술의 패러다임을 바꾸는 효과를 가져 올 것이다.

하지만 단점들도 있다. 현재의 기술로는 의사들의 로봇의 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 신뢰도가 낮다. 수술 중에 환자의 환부의 변화와 로봇과 의사간에 실시간 정보 교환 방법의 개선이 필요하다. 로봇의 큰 힘이 작용하여 환자와 주변 의사에게 위해를 가할 수 있다는 문제도 풀어야할 숙제이다. 경제적인 측면에서 로봇의 단가가 아직은 상당히 비싸며 또한 의료 수요 시장이 아직은 예측이 어려워 대기업에서 적극적인 연구 참여를 꺼린다는데 문제가 있다.

현재까지의 로봇의 개념은 정교한 수술기법을 대체하고 반복적인 수공 작업을 대체하는 수준의 로봇이 개발되었으나 앞으로는 수술하는 기구의 발달로 실제적으로 집도의가 주로봇을 조정할 때 종로봇의 말단 기구에서 느끼는 센스를 느끼면서 수술 할 수 있는 뛰어난 햅틱 기술에 대한 연구가 활발하며, 실시간으로 환부의 변화에 영상 및 로봇이 따라 갈 수 있는 시스템 개발에 대한 연구 역시 활발하다. 미래의 로봇의 이용으로는 미세 로봇의 이용으로 의사가 신체부위를 절개를 피하고 로봇을 신체내로 주입하여 원거리에서 미세 로봇을 조정하며 수술하는 시스템의 연구도 진행 중이다.

차세대 지능형 수술 시스템 개발 센터에서는 보건 복지부의 지원으로 현재 영상유도수술 시스템의 기반 기술위에서 의사의 능력을 극대화 할 수 있는 수술 로봇을 개발하고 있다. 이는 로봇이 의료영상을 이용해 계획되어진 정보를 의사가 정확하게 시술을 할 수 있도록 보조하는 역할을 수행하게 되며, 시술의 정확도를 높이기 위하여 실시간 환부의 정보를 다양한 방법으로 획득하여 최적화된 시술 환경을 제공하는 복합적인 시스템 연구도 함께 진행 중이다.

미래의 의료 로봇은 의사의 시술이 보다 정확하게 이루어질 수 있도록 돕는 기능에서 나아가 의사 자신의 능력 이상의 시술을 할 수 있도록 발달될 것이다. 인간이 볼 수 없고, 직접 조작할 수 없는 미세한 영역의 시술이 가능하게 하는 형태의 나노 로봇과 체내에 삽입하기 쉽게 작게 만든 세포 로봇이 체내에서 합하여져 작업을 수행하는 합체 로봇, 광대역 네트워크를 이용한 실시간의 원격 수술 로봇의 개발이 가능하다고 하겠다.