

두경부 영역에서의 로봇 수술

한양대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

태 경 · 신 광 수

Robotic Surgery in Head and Neck

Kyung Tae, MD and Kwang Soo Shin, MD

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Organ preservation surgery and minimally invasive surgery have been developed during the past 20 years with major focus on transoral laser surgery, endoscopic surgery, and robotic surgery. Two major robotic surgeries in head and neck area are transoral robotic surgery (TORS) and robotic thyroidectomy. Transoral robotic surgery is a safe and efficacious method of surgical treatment of oropharyngeal, hypopharyngeal and laryngeal neoplasm. Advantages of the technique include adequate ability to visualize and manipulate lesions with two hands. TORS can provide magnified three dimensional views and overcome the limitation resulting from the "line of sight" which hinders transoral laser procedure. The swallowing function following transoral robotic surgery show superior and patients were able to retain or rapidly regain swallowing function in the majority of cases. Recently, robotic thyroidectomy has also been developed to overcome the limitation of endoscopic thyroidectomy. Robotic thyroidectomy by a gasless unilateral axillo-breast or axillary approach using a da Vinci S Surgical Robot is a safe, feasible and cosmetically excellent procedure. It can be a promising alternative to endoscopic thyroidectomy or conventional open thyroidectomy.

Korean J Bronchoesophagol 2010;16:27-32

KEY WORDS Transoral robotic surgery · Robotic thyroidectomy · da Vinci surgical robot.

서 론

수술에 의한 이환율과 합병증을 줄이기 위해 최근 여러 수술 분야에서 최소 침습 수술(minimally invasive surgery)의 개념이 도입되어 시행되고 있으며 특히 복강경을 이용한 담낭 절제술을 시작으로 최소 침습 내시경 수술이 비약적으로 발전하였다. 두경부외과 분야에도 이런 경향에 발맞추어 레이저 수술, 내시경 수

술이나 로봇을 이용한 최소 침습 수술법이 시행되고 있다.

Robot은 1921년 체코의 극작가 Karel Capek이 자신의 작품에서 처음 사용한 단어이며, 항공우주와 산업 분야에서 시작된 로봇 기술의 발달은 의학계에도 영향을 미쳐 수술 로봇이 등장하게 되었다. 수술 로봇은 컴퓨터에 의해 제어되고 기구 조작과 술기를 이행할 수 있도록 프로그램 가능한 동력기계장치를 일컫는다. 수술 로봇은 술자의 조절이 필요 없는 능동형, 특정 술기를 시행할 때 술자의 입력이 필요한 반능동형 그리고 온전히 술자에 의해 조절되는 수동형으로 나눌 수 있다.¹⁾

의학에 이용된 최초의 로봇은 1985년 뇌의 조직검사

논문접수일: 2010년 6월 15일
교신저자: 태 경, 133-792 서울 성동구 행당동 17
한양대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실
전화: 02-2290-8585 · 전송: 02-2293-3335
E-mail: kytae@hanyang.ac.kr

시 내시경을 유지하기 위해 사용된 Puma 560이며, 이후 비뇨기과와 정형외과 수술에 사용된 Probot, Robodoc, Acrobot 등의 수술 로봇이 개발되었다.²⁾ 기구의 동작을 향상시키는 목적으로 내시경을 로봇 팔에 장착해 조작하였으며, Automated Endoscopic System for Optimum Positioning(AESOP)이 처음으로 FDA 승인을 받은 내시경 조절 시스템 로봇이다.³⁾

컴퓨터와 통신 기술의 발달로 로봇에 의해 조절되는 기구를 이용해 원격 수술이 가능한 원격 조절 로봇 시스템이 개발되었으며 더 나아가 사람의 손목과 손가락의 움직임과 같이 굴절과 회전이 가능한 혁신적인 로봇 내시경 수술기구들이 개발되었다. Advanced Robotic Telemanipulator for Minimally Invasive Surgery (ARTEMIS)가 1992년에 설계되어 실험적으로 사용되었고, 로봇 수술 기구의 움직임을 더욱 향상시키고 3차원 고화질 영상을 접목시켜 시판된 로봇이 Zeus Surgical System Robot(Computer Motion, Inc)과 da Vinci Surgical System Robot(Intuitive Surgical Co, Inc)이다.⁴⁾

원격 조절 로봇 시스템을 이용한 최초의 수술은 1997년에 시행된 담낭 절제술이며 같은 해에 최초의 심장 판막 수술에도 이용되었으며 이후 심장외과, 비뇨기과, 산부인과, 외과, 이비인후과의 여러 분야에 성공적으로 적용되었다.⁵⁾

현재 가장 많이 이용되고 있는 원격 조절 로봇 시스템은 da Vinci 로봇 시스템이며 da Vinci 로봇은 수술자 조정석과 환자 침대 옆의 1개의 내시경과 2~3개의 기구 팔이 있는 로봇 기계로 이루어져 있다. 수술자 조정석은 인체 공학적으로 설계되어 장시간의 수술에도 피로감을 줄여주고, 2개의 카메라가 사람의 눈처럼 목표상에 수렴되도록 통합되어 고화질의 3차원 영상을 제공한다. 로봇 팔에는 8 mm 또는 5 mm의 Endowrist(Intuitive Surgical Co, Inc) 기구를 장착하는데 이는 기존 내시경 기구의 지렛대 효과를 없애고 사람의 손관절과 같은 움직임을 구현할 수 있고 큰 손동작을 더욱 정교한 움직임으로 축소시키면서 동시에 떨림 현상을 없애 준다. 하지만 단점으로 지적되는 것은 촉각에 대한 정보가 없다는 것이며, 수술 기구의 종류도 아직 다양하지 못하며 구입과 유지에 막대한 비용이 들고 수술 준비에 많은 시간과 노력이 든다는 점이다.⁶⁾

두경부 영역에서의 로봇 수술

두경부 영역은 많은 주요 기관들이 서로 밀집되어 있어서 두경부암의 광범위한 수술은 높은 수술 이환율과 연하, 발성 및 미용적 장애를 남기기 때문에 일찍부터 다양한 기관 보존 요법과 최소 침습 수술이 적용되었는데, 1951년에는 구강을 통한 구인두 절제술이 시행되었고 1978년에는 CO2 레이저를 이용한 성문상부암 수술이 시행되었다.^{7,8)} 경부에 대한 내시경 수술은 1996년 Gagner가 내시경을 이용하여 부갑상선 아전절제술을 시행한 것이 최초이며, 1997년 Huscher는 최초로 내시경 갑상선 수술을 시행하였다.^{9,10)}

두경부 영역의 최소 침습 수술에 로봇이 처음으로 적용된 것은 2005년으로 후두개골 낭종 절제술에 사용되었고, 현재 두경부 영역에서의 로봇 수술은 크게 두 분야로 나눌 수 있는데 하나는 구강을 통해 구인두, 하인두, 후두종양을 제거하는 TORS(transoral robotic surgery)분야이며 하나는, 로봇을 내시경 수술에 도입하여 시행하는 로봇 갑상선 수술이다.¹¹⁻¹⁴⁾

경구강 로봇수술 (Transoral Robotic Surgery, TORS)

Hockstein 등은 마네킹과 사체를 이용하여 경구강 로봇수술의 적용 가능성을 보고하였으며^{15,16)} Weinstein 등이 처음으로 경구강 로봇수술(transoral robotic surgery, TORS)을 명명하였으며 구강을 통해 편도암, 성문상부암종의 수술을 시행하였다. 이 연구에서 경구강 로봇수술은 시술이 용이하고 안전하며 기존의 경구강 수술에 비해 많은 장점이 있다고 하였다.^{17,18)} 이후 경구강 로봇 수술은 구강, 구인두, 부인두, 후두 및 하인두 수술에 점점 많이 이용 되었고 안전성과 향상된 술 후 기능적 결과에 대한 연구들이 보고되었다.^{19,20)} 경구강 로봇 수술의 장점은 향상된 시야와 움직임이 자유로운 수술 기구를 이용하여 병변을 정확히 확인하고 주위 조직에 손상을 최소화하면서 정교한 절제를 시행할 수 있고, 재건술 시의 봉합이 용이하여 수술 시간이 단축될 수 있다는 것이다. 또한 술 후 환자들의 빠른 회복은 연하 재활 기간을 단축시키고 필요 시 술 후 방사선 치료를 빨리 받을 수 있다.

최소 침습 수술의 일환으로 시행된 육안을 이용한 경

구강 구인두암 수술은 구인두에 대한 시야에 많은 제약이 있는데 특히 대혈관들이 있는 측면과 구개 및 비인두의 상부 그리고 구인두의 하방에 대한 시야가 불량하다. 또한 혈관 결찰이 용이하지 않으며 조직을 다루는데 어려움이 있어서 이는 주위 조직의 손상으로 이어질 수 있다. 구인두의 기능을 보존하기 위해서는 주위의 근육과 신경에 대한 손상을 최소화 하는 게 중요한데 이런 면에서 경구강 로봇 수술은 많은 장점이 있다. 경구강 로봇 수술이 가장 많이 이용되는 부위는 구인두암의 수술이며 구인두암 수술에서 TORS는 수술 시 육안으로는 보는 시야보다 매우 좋은 확대된 수술 시야를 얻을 수 있으며, 하악절개술이나 기관절개술 등을 피할 수 있어 수술에 의한 이환율이 적으며 수술 후 연하 기능 등 기능의 회복이 빠르다는 장점이 있다.

경구강 로봇수술은 고화질 3차원 영상을 통해 병변의 모든 경계를 자세히 관찰하면서 주위 조직에 손상 없이 충분한 절제연을 확보한 병변의 제거가 가능하고 특히 대혈관 주위에서는 박동을 확인하면서 혈관과 같은 주행방향으로 절제를 진행할 수 있어 안전하고 또한 구인두의 재건도 용이하게 할 수 있다(Fig. 1). 원활한 수술을 위해서는 좁은 구강을 통해 충분한 공간을 확보하는 것이 중요한데, 환자의 하악과 경부에 대한 해부학적 고려가 있어야 하고 로봇 팔을 서로의 움직임에 방해가 되지 않도록 잘 위치 시키는 것이 중요하다(Fig. 2).²¹⁾

후두와 하인두는 구인두에 비해 구강으로부터 깊이 위치하고 좁은 공간으로 인해 병변의 노출이 더욱 중요한 관건이며 경구강 로봇 수술에서는 수술 전에 병변의 침범 정도와 노출 가능성을 사전 후두미세수술로 충분히 평가하는 것이 중요하다.²²⁾

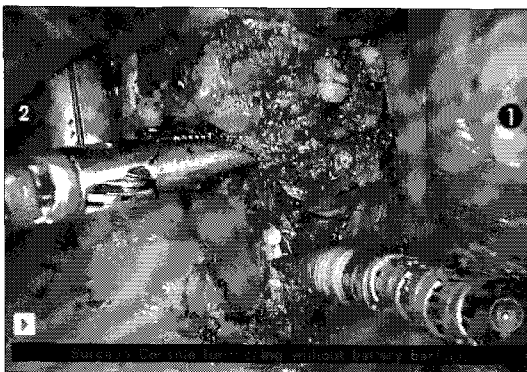


Fig. 1. Surgical view of transoral robotic surgery for tonsillar cancer.

레이저를 이용한 후두암과 하인두암의 수술은 병변이 항상 광선 상에 위치해야 하기 때문에 종양의 하부나 상부 절제연, 측방향 절제가 어렵다는 단점이 있으나, 경구강 로봇수술은 고화질 3차원 영상을 통해 병변의 모든 경계를 자세히 관찰하여 정상과 비정상 경계를 관찰하면서 주위 조직에 손상 없이 충분한 절제연을 확보한 3차원적 절제가 가능하다는 장점이 있다.

로봇 갑상선 수술 (Robotic Thyroidectomy)

전통적인 갑상선 절제술은 갑상선 종양에 대해 직접적인 좋은 수술 시야를 제공하고 경험 있는 외과외에 의해 시행될 경우 합병증과 이환율이 적은 매우 안전하고 효과적인 술식이나, 전경부에 미용적으로 보기 싫은 흉터를 남기는 단점이 있다. 따라서 경부의 흉터를 피하고 수술에 의한 이환율을 줄이고자 10여 년 전부터 갑상선 최소 침습수술법이 개발되었다.²³⁻³¹⁾ 전경부의 흉터를 줄이거나 없애고자 하는 목적의 최소 침습 갑상선수술에는 최소 절개 갑상선수술, 비디오 도움 하 수술법, 순수한 내시경 접근법 등 3가지로 크게 분류될 수 있다.

1990년도에 복강경 수술이 급격히 발달하면서 경부 수술에도 내시경 수술을 적용하게 되었으며 1996년 Gagner 등³²⁾이 내시경 부갑상선절제술을 처음 보고하였다. 이후 내시경 기구가 발달하고, 내시경적 경

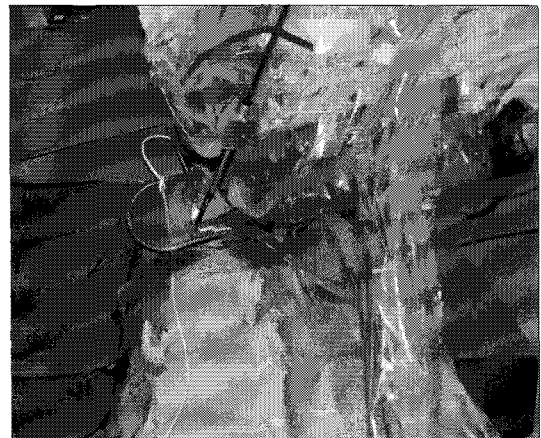


Fig. 2. Set up of robotic arms in transoral robotic surgery. An endoscope was placed in the center and two robotic arms (Maryland forceps and Harmonic scalpel) were placed on either side of the endoscope.

부 해부지식이 쌓이면서 내시경 갑상선 절제술이 시행되었으며 1997년 Huscher 등이 내시경 갑상선 절제술을 처음 보고한 이래로 여러 방법의 내시경 갑상선 절제술이 소개되고 있다.¹⁰⁾

내시경 갑상선 절제술에는 경부접근법(neck or supraclavicular approach), 전흉부접근법(anterior chest approach), 유방접근법, 액외접근법(axillary approach) 및 이들 접근법의 변형이나 조합의 여러 방법이 있다. 경부접근법은 전경부에 절개를 하여야 하지만, 가장 침습적이며 술자에게 친숙한 시야를 제공한다. 전흉부 혹은 유방접근법은 목에 상처가 남지 않아 목의 미용적 효과가 우수하며 액외접근법에 비해 양측 갑상선에 대한 접근이 용이하나, 또 다른 중요장기인 유방의 변형과 상흔이 남고 전흉부에 비후성 흉터가 남을 수 있는 단점이 있다.²³⁾ 액외접근법은 갑상선을 측외면에서 접근하므로 고식적인 갑상선 절제술과 비슷한 수술시야를 제공하며 반회후두신경과 부갑상선을 쉽게 확인하여 보존할 수 있으며, 경부에 상처를 남기지 않으므로 미용적으로는 매우 우수하다. 하지만 이 방법은 경부접근법에 비해 더 침습적이며 시간도 오래 걸리며, 반대측엽의 수술 시 시야가 좋지 않은 단점이 있다.^{25,27,29,30)}

내시경 갑상선 수술의 공간을 확보하는 방법으로는 가스를 주입하는 방법과 외부 견인기를 이용하는 방법이 있다. 가스 주입 내시경 수술은 만족할만한 공간 확보가 가능하지만 이산화탄소 주입 장치가 필요하고, 피하기종이나 심빈맥, 과탄산혈증, 호흡산증, 공기색전증 등 이산화탄소와 관련된 심각한 합병증이 발생할 수 있어 주의를 요한다. 최근에는 낮은 압력(4~6 mmHg)의 이산화탄소를 주입하여 비교적 안전하게 수술을 하였다라는 보고가 있다. 외부 견인기에 의한 무기하 내시경 갑상선 수술은 이산화탄소 주입으로 인한 여러 합병증을 방지할 수 있으며 고식적인 수술에서 사용 가능한 수술 기구의 사용이 가능한 장점이 있다.²⁹⁾ 직경 3~4 cm 이하의 비기능성 양성 결절이 내시경 갑상선 수술의 가장 좋은 적응증이 되지만, 그 적용범위가 점점 넓어지고 있어 1 cm 이하의 분화성 갑상선암 수술과 중앙구역 경부침소술이나 다발성 결절, 그레이브스병 등에서도 적용되고 있다. 하지만 내시경 갑상선 절제술은 단점과 한계점을 가지고 있다. 내시경 갑상선 수술의 단점은 수술 시야가 상대적으로 제한되며, 상대적으로 불편한 복강경 수술 기구를 이용하기 때문에 정교한

수술이 제한된다는 점이다. 이러한 내시경 갑상선 수술의 한계를 극복하고자 요즘은 da Vinci 로봇을 이용한 로봇 갑상선 수술이 시행되고 있다.³²⁻³⁴⁾ 로봇 수술은 원래 전립선 수술이나 심장의 판막 수술 같이 좁고 깊은 공간의 수술에서 내시경이나 개복 수술 보다 유리한데 갑상선 수술에서도 수술 공간의 확보가 어렵고 좁기 때문에 로봇을 이용한 수술이 유효하다.

로봇 갑상선 수술의 장점은 수술시야가 일반적인 내시경 수술에서 얻게 되는 이차원적 영상이 아니라 3차원적인 3D 영상을 얻을 수 있으며, 10~12배 이상 확대하여 볼 수 있기 때문에 부갑상선이나 반회후두신경 등의 중요 구조물을 잘 보존할 수 있다. 또한 술자의 손이 떨리는 것을 예방할 수 있으며 로봇팔에 사용하는 기구가 인간의 손목과 손같이 자유자재로 편리하게 움직일 수 있는 장점이 있다.

저자는 2008년부터 da Vinci 로봇을 이용한 갑상선 절제술을 시행하고 있는데, 외부견인기를 이용하여 무기하 일측 액와 또는 액와-유방접근법을 사용하고 있다. 현재까지 약 80례의 로봇 갑상선 수술을 시행하였으며 반회후두신경마비, 부갑상선기능저하증 등의 합병증은 고식적인 갑상선 절제술과 비교하여 비슷하였으며 미용적으로는 매우 우수한 결과를 얻어 조기 갑상선암과 갑상선 양성결절의 수술에서 안전하고 효과적인 수술법이라는 것을 확인할 수 있었다.³⁴⁾ 저자의 수술 방법을 간단히 기술하면, 전신 마취 하에 환자의 자세는 양외위에서 어깨를 받쳐 목을 약간 신전시킨 상태로 수술을 준비한다. 병변 측 팔을 머리 위로 들어 올려 액외부가 노출되게 하며 액외부와 갑상선 간의 거리를 단축시킨다. 액외부 피부 주름을 따라 약 6 cm의 절개를 가한 후 피하층과 대흉근 사이를 박리하여 피하 수술 공간을 확보한다. 피하층 박리를 전경부로 진행하여 흉쇄유돌근에 도달하면, 흉쇄유돌근의 sternal head와 clavicular head 사이를 박리하여 전경부로 진행하며 sternothyroid muscle을 만나면 이 피대근의 밑으로 박리를 진행하여 갑상선을 노출시킨다. 갑상선의 편측과 반대측의 일부도 노출되면 외부 견인기를 삽입하여 수술 공간을 확보한다(Fig. 3A). 다음 유륜의 가장자리에 작은 피부 절개를 한 후 8 mm 투관침을 삽입한다. 액와 절개부로는 300내시경과 2개의 로봇 팔을 위치시키는데 가운데에 내시경을 위치시키며 내시경 양측으로 Maryland forceps과 Harmonic scal-

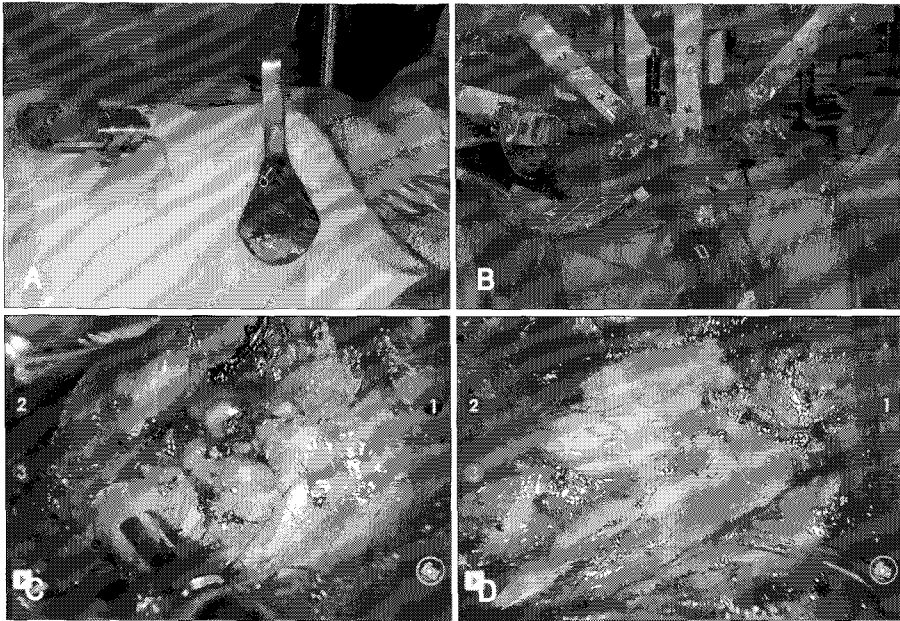


Fig. 3. Robotic thyroidectomy by a gasless unilateral axillo-breast approach: (A) A 5–6 cm skin incision was made in the axillary fossa, and a 0.8 cm incision was made on the circumareolar margin. An external retractor was used to maintain the working space without CO2 gas insufflations. (B) In the axillary port, an endoscope was placed in the center and two robotic arms were placed on either side of the endoscope. The fourth arm of the da Vinci S Robot was placed through the breast port for retraction of the thyroid gland with Prograsp. (C) Dissection of pretracheal lymph nodes and identification of the trachea (D) Identification and preservation of the recurrent laryngeal nerve.

pel를 위치시킨다. 유륜의 절개부의 8 mm troca로는 Prograsp forceps을 장착한 로봇팔을 위치시킨다(Fig. 3B). 먼저 Prograsp forceps으로 갑상선 하부를 상부로 당기면서 반회후두신경, 하갑상정맥분지, 하부갑상선 등을 확인하고 Maryland forceps과 Harmonic scalpel를 이용하여 혈관 및 갑상선 실질을 조각, 박리한다(Fig. 3C). 상부 갑상선은 하내측으로 견인하면서 갑상선에 바깥 붙여 박리하며 상부갑상선을 찾아 보존한다. 현수 인대와 연결된 갑상선 부위의 절단 시 반회후두신경이 손상되지 않도록 주의하여 박리한다(Fig. 3D). 이후 갑상선 협부를 절제하고 기관과 분리하며, 절제된 갑상선 조직은 액와부 절개를 통하여 제거하며 폐쇄 배액관을 삽입한 후 절개부위를 봉합한다. 초음파 절단기를 사용하면 조직손상을 최소화 하면서 갑상선의 박리나 지혈을 용이하게 할 수 있으나 초음파 절단기의 열에 의해 반회후두신경 등이 손상 될 수 있기 때문에 주의를 기울여야 한다. 갑상선 미세유두암종인 경우는 동측의 central neck dissection을 같이 시행한다.

앞으로 수술의 이환율과 시간을 줄이고자, 한 개의 로봇팔에서 여러 개의 수술도구가 나와 좁은 공간에서도

수술이 가능한 새로운 로봇 수술 기구 등이 개발되리라 생각하며, 편리한 수술기구는 갑상선 최소 침습수술을 더욱 발전시키리라 생각한다.

결 론

두경부 영역에서 da Vinci 로봇을 이용한 로봇 수술에는 구인두암, 후두암 및 하인두암에 대한 경구강 로봇 수술과 갑상선종양에 대한 로봇 갑상선 수술이 있으며 수술에 의한 이환율이 적고 수술 후 기능 손상이 적다는 장점이 있다. 향후 로봇 수술 후의 장기적인 기능적 결과에 대한 평가와 종양학적 안정성에 대해서는 추후 연구가 필요하리라 생각된다.

REFERENCES

- 1) Gourin CG, Terris DJ. Surgical robotics in otolaryngology: expanding the technology envelope. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;12:204-8.
- 2) Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles: a personal historical perspective. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2002;12:6-16.
- 3) Sackier JM, Wang Y. Robotically assisted laparoscopic sur-

- gery: from concept to development. *Surg Endosc* 1994;8:63-6.
- 4) Kim VB, Chapman WH, Albrecht RJ, Bailey BM, Young JA, Nifong LW, et al. Early experience with telemanipulative robot-assisted laparoscopic cholecystectomy using daVinci. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2002;12:33-40.
 - 5) Himpens J, Leman G, Cardiere GB. Telesurgical laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 1998;12:1091.
 - 6) Garg A, Dwivedi RC, Sayed S, Katna R, Komoroski A, Pathak KA, et al. Robotic surgery in head and neck cancer: A review. *Oral Oncol*. In press, 2010.
 - 7) Vaughan CW. Transoral laryngeal surgery using the CO2 laser. Laboratory experiments and clinical experience. *Laryngoscope* 1978;88:1399-420.
 - 8) Laccourreye O, Hans S, Menard M, Garcia D, Brasnu D, Holsinger C. Transoral lateral oropharyngectomy for squamous cell carcinoma of the tonsillar region II. An analysis of the incidence, related variables, and consequence of local recurrence. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;131:592-9.
 - 9) Gagner M. Endoscopic subtotal parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism. *Br J Surg* 1996;83:875.
 - 10) Huscher CS, Chiadini S, Napolitano C, Recher A. Endoscopic right thyroid lobectomy. *Surg Endosc* 1997;11:877.
 - 11) McLeod IK, Melder PC. Da Vinci robot-assisted excision of a vallecular cyst: A case report. *Ear Nose Throat J* 2005; 84:170-2.
 - 12) Ozer E, Waltonen J. Transoral robotic nasopharyngectomy: a novel approach for nasoharyngeal lesions. *Laryngoscope* 2008;118:1613-6.
 - 13) O'Malley BW Jr, Weinstein GS. Robotic skull base surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck* 2007;133:1215-9.
 - 14) Solares CA, Stome M. Transoral robot-assisted CO2 laser supraglottic laryngectomy: experimental and clinical data. *Laryngoscope* 2007;117:817-20.
 - 15) Hockstein NG, Nolan JP, O'Malley BW Jr, Woo YJ. Robotic microlaryngeal surgery: a technical feasibility study using the da Vinci surgical robot and an airway mannequin. *Laryngoscope* 2005;115:780-5.
 - 16) Hockstein NG, Nolan JP, O'Malley BW Jr, Woo YJ. Robot-assisted pharyngeal and laryngeal microsurgery: results of robotic cadaver dissections. *Laryngoscope* 2005;115:1003-8.
 - 17) O'Malley BW Jr, Weinstein GS, Snyder W, Hockstein NG. Transoral robotic surgery (TORS) for base of tongue neoplasms. *Laryngoscope* 2006;116:1465-72.
 - 18) Weinstein GS, O'Malley BW Jr, Snyder W, Hockstein NG. Transoral robotic surgery: supraglottic partial laryngectomy. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2007;116:19-23.
 - 19) Iseli TA, Kulbersh BD, Iseli CE, Carroll WR, Roenthal EL, Magnuson JS. Functional outcomes after transoral robotic surgery for head and neck cancer. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;141:166-71.
 - 20) Genden EM, Desai S, Sung CK. Transoral robotic surgery for the management of head and neck cancer: a preliminary experience. *Head Neck* 2009;31:283-9.
 - 21) Moore EJ, Olsen KD, Kasperbauer JL. Transoral robotic surgery for oropharyngeal squamous cell carcinoma: a prospective study of feasibility and functional outcomes. *Laryngoscope* 2009;119:2156-64.
 - 22) Boudreaux BA, Rosenthal EL, Magnuson S, Newman R, Desmond RA, Clemons L, et al. Robot-assisted surgery for upper aerodigestive tract neoplasms. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;135:397-401.
 - 23) Ohgami M, Ishii S, Arisawa Y, Ohmori T, Noga K, Furukawa T, et al. Scarless endoscopic thyroidectomy: breast approach for better cosmesis. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2000;10:1-4.
 - 24) Miccoli P, Berti P, Raffaelli M, Materazzi G, Baldacci S, Rossi G. Comparison between minimally invasive video-assisted thyroidectomy and conventional thyroidectomy: a prospective randomized study. *Surgery* 2001;130:1039-43.
 - 25) Ikeda Y, Takami H, Sasaki Y, Kan S, Niimi M. Endoscopic neck surgery by the axillary approach. *J Am Coll Surg* 2000;191:336-40.
 - 26) Shimazu K, Shiba E, Tamaki Y, Takiguchi S, Taniguchi E, Ohashi S, et al. Endoscopic thyroid surgery through the axillo-bilateral breast approach. *Surg Laparosc Endosc* 2003;13:196-201.
 - 27) Yoon JH, Park CH, Chung WY. Gasless endoscopic thyroidectomy via an axillary approach: experience of 30 cases. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2006;16:226-31.
 - 28) Choe JH, Kim SW, Chung KW, Park KS, Han W, Noh DY, et al. Endoscopic thyroidectomy using a new bilateral axillo-breast approach. *World J Surg* 2007;31:601-6.
 - 29) Tae K, Kim SY, Lee YS, Lee HS. Gasless endoscopic thyroidectomy by a axillary approach: preliminary report. *Korean J Otolaryngol* 2007;50:252-6.
 - 30) Koh YW, Kim JW, Lee SW, Choi EC. Endoscopic thyroidectomy via a unilateral axillo-breast approach without gas insufflation for unilateral benign thyroid lesions. *Surg Endosc* 2009;23:2053-60.
 - 31) Miyano G, Lobe TE, Wright SK. Bilateral transaxillary endoscopic total thyroidectomy. *J Pediatr Surg* 2008;43:299-303.
 - 32) Kang SW, Jeong JJ, Yun JP, Sung TY, Lee SC, Lee YS, et al. Robot-assisted endoscopic surgery for thyroid cancer: experience with the first 100 patients. *Surg Endosc*, DOI: 10.1007/s00464-009-0366-x, Mar 5, 2009.
 - 33) Lee KE, Rao J, Youn YK. Endoscopic thyroidectomy with the da Vinci robot system using the bilateral axillary breast approach (BABA) technique: our initial experience. *Surg Laparosc Endosc Percuta Tech* 2009;19:e71-5.
 - 34) Tae K, Ji YB, Jeong JH, Lee SH, Jeong MA, Park CW. Robotic thyroidectomy by a gasless unilateral axillo-breast or axillary approach: our early experiences. *Surg Endosc*. 2010 Jun 22. [Epub ahead of print]