

Robotic Thyroidectomy

Kyung Tae

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

로봇 갑상선 수술

태 경

한양대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

Conventional open thyroidectomy provides direct exposure to perform safe and quick operations with minimal morbidity and almost no mortality. However, the procedure leaves a scar on the anterior neck. Thyroid nodules are common in young women, who are interested not only in treatment of the disease but also in aesthetic results. As a result, a variety of minimally invasive techniques to minimize neck scars and surgical morbidity have been developed. The minimally invasive thyroidectomy technique includes mini open incision thyroidectomy, video assisted minimally invasive thyroidectomy, and pure endoscopic thyroidectomy. However, there are some limitations to endoscopic thyroidectomy in obtaining adequate surgical viewing angles, precisely manipulating endoscopic instruments and meticulously dissecting tissues. These limitations result from the narrow working space, two-dimensional operative views and the use of inadequate endoscopic instruments. Recently, robotic technology using the da Vinci surgical system robot has been applied to minimally invasive thyroid surgery to overcome the limitations of endoscopic thyroidectomy. The da Vinci surgical system robot provides a three-dimensional 10-12 x magnified view of the surgical area. It also provides hand-tremor filtration, fine motion scaling, and precise and multi-articulated hand-like motions. Robotic thyroidectomy by a gasless unilateral axillo-breast or axillary approach using da Vinci surgical system robot is safe, feasible and cosmetically excellent procedure in properly selected patients. It might have an advantage in the preservation of recurrent laryngeal nerve and parathyroid gland with magnified view. However, it is more invasive than open thyroidectomy. The postoperative pain or discomfort is comparable with open thyroidectomy. The oncologic safety of robotic thyroidectomy should be verified with long-term follow-up data.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2010;53:463-9

Key Words Robotic thyroidectomy · da Vinci robot · Endoscopic thyroidectomy.

Address for correspondence

Kyung Tae, MD
Department of Otolaryngology-
Head and Neck Surgery,
Hanyang University
College of Medicine,
17 Haengdang-dong, Seongdong-gu,
Seoul 133-792, Korea
Tel +82-2-2290-8585
Fax +82-2-2293-3335
E-mail kytae@hanyang.ac.kr

갑상선 수술의 역사

기록에 의하면 칼을 이용한 갑상선 절제술은 1646년에 처음 시행되었는데, 수술 후 환자는 출혈로 사망하였고 의사들은 감옥에 투옥되었다. 그 후 1791년에 처음으로 갑상선 부분절제술이 성공적으로 시행되었으나, 대부분 초기의 갑상선수술은 출혈과, 감염으로 인해 매우 높은 사망률과 술 후 이환율을 보였다. 1850년대까지도 갑상선 수술의 사망률은 40%에 이르렀고, 프랑스 의학회는 갑상선 수술은 하지 말아야 하는 수술로 인식하여 갑상선 수술을 금지하였

다.¹⁾ 하지만 효과적인 전신 마취제의 개발, 소독 개념의 도입, 그리고 지혈에 필요한 수술기구의 발달에 힘입어 보다 안전한 수술로 발전하게 되었으며, 갑상선 수술의 선구자인 Theodor Kocher, Theodor Billroth와 William Halsted 등의 노력에 의해 갑상선 수술은 매우 안전하고 체계화된 술식으로 발전하였다.¹⁾ 근대 갑상선 수술의 아버지라 불리는 Theodor Kocher는 1898년 갑상선 수술 후의 사망률을 0.2%까지 낮추었다고 보고하였으며, 갑상선 수술의 발전에 대한 공로로 1908년 노벨 의학상을 수상하였다. 갑상선 수술 후의 생존자가 늘어나면서 점액 수종

(myxedema), 애성, 테타니(tetany)가 중요한 합병증으로 대두되었으며 Gley에 의해 갑상선 수술 후에 발생하는 테타니가 술 중 부갑상선의 제거 또는 혈류의 장애에 기인한다는 것이 알려졌고,²⁾ 애성을 예방하기 위해 반회후두신경 보존을 위한 노력이 시작되었다. 또한, 한 유명한 오페라 소프라노 가수가 갑상선종 수술 후에 고음역의 목소리를 상실한 사건이 계기가 되어 상후두신경 외측 분지 보존의 중요성도 알려지게 되었다.¹⁾

20세기에 와서 갑상선 수술에 대한 안전하고 효율적인 원칙들이 더욱 확립되었고 마취, 수술 도구, 갑상선 약물, 광학 기계, 영상 진단 기계 등이 비약적으로 발전하였다.^{3,4)} 그 외 수혈, 암 병기 분류법의 발전, 동결절편조직검사 등이 발달되었고 갑상선 전절제술 후의 증상들이 갑상선 조직의 이식을 통해 예방될 수 있음이 알려졌고 이는 점차 동물의 갑상선 추출물로 생산된 경구 약제로 대체되었다.^{3,4)} 수술 대신 항갑상선제와 방사성 요오드 치료가 갑상선 기능항진증 치료에 이용되었다. 초기에는 갑상선종과 갑상선 기능항진증이 갑상선 수술의 주 대상이었으나 현재는 갑상선 결절과 갑상선암이 주된 수술 적응증이 되었다. 갑상선암을 포함한 갑상선 결절의 진단에 갑상선 동위원소 스캔, 초음파 검사와 세침흡인세포검사가 중요한 진단 도구로 사용되게 되었으며 현재 초음파 검사와 세침흡인 세포검사는 갑상선 결절 진단의 표준 검사가 되었다.⁴⁾ 지혈과 절단을 효과적으로 할 수 있는 수술 기구(LigaSure, Harmonic scalpel 등)가 개발되어 갑상선 수술이 한층 더 용이하여졌으며, 반회후두신경을 수술 중에 지속적으로 감시하여 신경 손상을 줄이기 위한 방법이 제안되고 있다. 최근 10여 년 전부터는 갑상선 질환에 대해 분자생물학적 검사가 임상적으로 이용되기 시작하였으며 최소 침습 갑상선 수술법이 개발되어 현재 계속 발전하고 있다.⁴⁾

최소 침습 갑상선 수술의 발달

전통적인 갑상선 절제술은 갑상선에 대해 직접적인 좋은 수술 시야를 제공하고 경험 있는 외과의에 의해 시행될 경우 합병증과 이환율이 매우 적은 안전하고 효과적인 수식이나, 전경부에 흉터가 남는 단점이 있다. 갑상선 결절은 여성에 호발하며, 특히 짚은 여성의 경우 전경부의 흉터가 중요한 관심사가 될 수 있다. 따라서 경부의 흉터를 줄이거나 피하고 수술에 의한 이환율을 줄이고자 10여 년 전부터 여러 방법의 최소 침습 갑상선 수술법이 개발되었다.⁵⁻²²⁾ 수술에 의한 이환율과 합병증을 줄이기 위한 최소 침습 수술법(minimally invasive surgery)은 최근 여러 수

술 분야에서 시행되고 있으며 특히 복강경을 이용한 담낭 절제술이 1980년 중반에 시작되면서 최소 침습 내시경 수술이 비약적으로 발전하였다.

전경부의 흉터를 줄이거나 없애고자 하는 목적의 최소 침습 갑상선수술에는 최소 절개 갑상선수술법, 내시경 보조 하 최소 침습 갑상선수술법, 순수한 내시경 갑상선절제술 등 크게 3가지로 분류될 수 있다.

복강경 수술과 달리 경부에는 기존의 공간이 없기 때문에 내시경 수술이 늦게 발달하였으며, 1996년 Gagner가⁵⁾ 부갑상선 선종에서 내시경을 이용한 최초의 부갑상선절제술을 보고하였다. 내시경 갑상선절제술은 1997년 Hüscher 등이 처음 보고하였으며 이후 내시경 기구가 발달하고, 내시경적 경부 해부지식이 쌓이면서 여러 방법의 내시경 갑상선 절제술이 소개되고 발전되었다.⁶⁾

최소 침습 갑상선 수술법의 장점은 미용적으로 우수하며, 내시경으로 확대된 수술 시야를 얻을 수 있으며, 내시경 보조 하 최소 침습 갑상선수술법이나 경부 접근법의 내시경 갑상선 절제술은 수술의 침습성이 적다.

최소 절개 갑상선수술법은 6~8 cm의 절개가 필요한 전통적인 갑상선 절제술에 비해 약 3~4 cm의 작은 피부절개를 가하고 내시경 도움 없이 기존의 갑상선 수술법과 비슷하게 수술하는 방법으로 시야 확보를 위해 피대근을 절제할 수 있으며 주로 일측 엽절제술에 적용된다. 전통적인 갑상선절제술과 술기가 비슷하기 때문에 배우기 쉽고 피부절개를 줄여 미용적으로 우수한 장점이 있다.

내시경 보조 하 최소 침습 갑상선수술법은 1999년 이태리 의사인 Miccoli 등이 개발한 수술법으로 경부에 약 2~3 cm의 피부 절개를 하고 내시경 도움 하에 수술하는 방법으로 내시경 갑상선절제술이나 전통적인 갑상선절제술보다 침습성이 적고, 전통적인 수술법과 비슷하여 친숙한 수술 시야를 제공하며, 갑상선 전절제술과 중심 경부 림프절 절제술도 가능한 장점이 있다. 하지만 경부에 작은 피부절개 흉터가 남으며 learning curve가 필요하며, 작은 절개창을 통해 내시경 보조 하에 시술을 하기 때문에 견인에 의한 피부 미란이 생기면서 절개부위의 상처치유가 방해 받을 수 있는 단점이 있다.¹⁰⁾

순수한 내시경 갑상선 절제술은 절개를 가하는 위치에 따라 분류하면 경부접근법(neck or supraclavicular approach), 전흉부접근법(anterior chest approach), 유방접근법과 액와접근법(axillary approach)으로 나눌 수 있으며, 이들 접근법의 변형이나 조합으로 Axillo-bilateral breast approach(ABBA), Bilateral axillo-breast approach(BABA), Unilateral axillo-breast approach, Bi-

lateral transaxillary approach 등의 여러 방법이 있다.⁵⁻²²⁾ 경부접근법은 경부에 3~4개의 port를 만들고 CO₂ 가스를 이용하여 수술 공간을 확보하는 방법으로 직접 경부를 통하여 접근하므로 침습성이 가장 적으며 술자에게 친숙한 수술 시야를 제공한다.^{12,15)} 전흉부 접근법과 유방접근법은 경부에 절개 흉터가 남지 않아 목의 미용적 효과가 우수하며 액와접근법에 비해 양측 갑상선에 대한 접근이 용이하나, 유방의 변형과 흉터가 남을 수 있고, 특히 흉부는 비후성 흉터가 남을 수 있는 확률이 높은 단점이 있다.^{8,9,13)} 액와접근법은 경부에 흉터를 남기지 않으므로 미용적으로 매우 우수하며, 갑상선을 측외측에서 접근하므로 전통적인 갑상선 절제술과 비슷한 수술시야를 제공하고 반회후두신경과 부갑상선을 쉽게 확인하여 보존할 수 있으며 동측의 중심 경부 림프절 절제술이 용이하다는 장점이 있다. 하지만 이 방법은 경부접근법에 비해 더 침습적이며, 반대측 갑상선 옆의 수술 시 시야가 좋지 않은 단점이 있다.^{11,16,18,19,20,22)} 여러 내시경 갑상선 수술법은 서로 장단점을 가지고 있기 때문에 어느 방법이 가장 좋다고 말하기 어려우나 미용적인 면에서 평가하면 경부에 흉터를 남기지 않는 액와접근법과 유방접근법이 우수한 방법이다.

내시경 갑상선 절제술의 수술 공간을 확보하는 방법은 CO₂ 가스를 주입하는 방법과 외부 견인기를 이용하는 방법이 있다. CO₂ 가스 주입법은 민족할만한 수술 공간 확보가 가능하지만 이산화탄소 주입 장비가 필요하고, 피하기 좋이나 심빈맥, 과탄산혈증, 호흡신증, 공기색전증 등 CO₂ 가스와 관련된 심각한 합병증이 발생할 수 있어 주의를 요한다. 최근에는 낮은 압력(4~6 mmHg)의 CO₂ 가스를 주입하여 비교적 안전하게 수술을 하였다는 보고가 있다. CO₂ 가스 주입 없이 외부 견인기를 이용하여 수술 공간을 확보하는 방법은 CO₂ 가스 주입으로 인한 여러 합병증을 예방할 수 있으며 전통적인 갑상선 수술에서 사용하는 수술 기구를 이용하여 지혈이나 박리가 가능하고, 수술 중에 연기나 피 등에 의해 수술 시야가 방해 받는 것을 피할 수 있는 장점이 있다.^{19,22)}

최소 침습 갑상선 수술법은 초기에는 주로 양성 갑상선 결절의 수술에 적용되었으나, 점차 술기가 발달하고 경험 이 축적되면서 저위험도의 분화성 갑상선암의 수술로 적응증이 넓어지고 있다.^{22,23)} 저자는 2005년부터 외부 견인 기구를 이용한 무기하 액와접근법이나 무기하 일측 액와-유방접근법 내시경 갑상선 수술을 시행하고 있다.¹⁹⁾ 액와 접근법은 액와부에 내시경과 두개의 수술 기구가 위치하기 때문에 내시경 수술 기구들의 충돌이 있어 기구의 조작이

불편할 수 있는데, 이런 불편을 줄이고자 액와에 위치하였던 port를 유방 유륜부위로 이동하여 기구들의 작동 각도를 넓혀 기구들의 방해를 줄이고자 개발된 방법이 무기하 일측 액와-유방접근법이다. 무기하 일측 액와 또는 액와-유방접근법은 전통적인 갑상선 수술과 같이 측면에서 접근하므로 친숙한 수술 시야를 제공하며, 경부에 흉터가 남지 않으므로 미용적으로 매우 우수하며, 부갑상선과 반회후두신경의 보존이 용이한 장점이 있으나 단점으로는 수술 공간이 좁기 때문에 술기가 어려우며 반대측 옆의 수술에는 시야가 제한되어 어렵다는 단점이 있다.

내시경 갑상선절제술은 여러 장점이 있지만 동시에 단점과 한계점을 가지고 있다. 내시경 갑상선수술법은 learning curve가 필요하고 수술시간이 오래 걸리며, 수술 공간이 협소하고 이차원적인 내시경 영상으로 인하여 수술시야가 제한적이며, 원래 복강경 수술에 사용된 수술 기구를 사용하기 때문에 기구가 크고, 정교하지 못하고 유연하지 못하기 때문에 섬세하고 정교한 수술이 제한된다는 단점이 있다. 내시경 갑상선 수술의 한계점을 극복하기 위해서는 내시경 갑상선 수술에 적합하도록 제작된 작고 정교한 새로운 수술 기구와 수술 기법의 개발이 필요하리라 생각된다. 또한 최근 내시경 갑상선 수술의 한계를 극복하고자 da Vinci 로봇을 이용한 로봇 갑상선수술이 시행되고 있다.²⁴⁻²⁶⁾ 로봇 수술은 원래 전립선수술이나 심장의 판막수술 같이 좁고 깊은 공간의 수술에서 내시경이나 개복 수술 보다 유리한데, 갑상선 수술도 수술 공간의 확보가 어렵고 좁고 깊기 때문에 로봇을 이용한 수술이 유효하리라 생각된다.

의료용 로봇의 발전

로봇(robot)은 1921년 체코의 극작가 Karel Capek^o 자신의 희극 작품에서 처음 사용한 단어이며, 항공우주와 산업 분야에서 시작된 로봇 기술의 발달은 뒤늦게 의학계에도 영향을 미쳐 의료용 수술 로봇이 등장하게 되었다. 수술 로봇은 컴퓨터에 의해 제어되고 기구 조작과 술기를 이행할 수 있도록 프로그램이 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.²⁷⁾

의료에 이용된 최초의 로봇은 Puma 560으로, 원래 산업용 로봇이었는데 1985년 뇌의 조직검사 시 내시경을 유지하기 위해 처음으로 사용되었다. 이후 3년 뒤인 1988년 Puma 560이 전립선 절제술에 이용되었으며, 이후 전립선

수술에 안전하고 적합하도록 개선된 Probot 로봇으로 발전하였다. 또한 1991년 Robodoc이 개발되었는데, 이는 대퇴골에 정확히 편을 박기 위해 고안된 로봇으로 사람이 수행하는 것보다 훨씬 정확한 시술을 할 수 있게 되었다. 내시경 수술에서 수술 기구의 동작을 항상시키는 목적으로 내시경을 로봇에 장착해 조작할 수 있는 Automated Endoscopic System for Optimum Positioning(AESOP)이 개발되었는데, 1995년 처음으로 FDA 승인을 받은 로봇이 되었으며 나중에는 사람의 목소리에 의해 조절될 수 있는 형태로 발전하였다.²⁸⁻³⁰⁾

컴퓨터와 통신 기술의 발달로 로봇에 의해 조절되는 기구를 이용해 원격 수술이 가능한 원격 조절 로봇 시스템이 1992년 처음 개발되었는데 이는 프로그램 된 대로 자동으로 작동하는 Probot이나 Robotoc과는 다른 개념의 로봇으로 술자가 조절하는 대로 움직이는 로봇 시스템(master-servants telemanipulator system)이다.²⁹⁾ 더 나아가 사람의 손목과 손가락의 움직임과 같이 굴절과 회전이 가능한 혁신적인 로봇 수술기구들이 개발되었다. Advanced Robotic Telemanipulator for Minimally Invasive Surgery(ARTEMIS)는 1992년에 독일에서 설계되어 1996년 실험적으로 사용되었는데, 기존의 내시경 수술 기구가 3도의 움직임이 가능한 것에 비해 6도의 움직임이 가능한 로봇 수술 기구를 가지고 있다. 1992년에 개발된 원격 조절 로봇시스템은 이후 더욱 발전하여 로봇 수술 기구의 움직임을 더욱 향상시켜 사람의 손목과 같은 7도의 움직임이 가능하고, 고화질의 3차원 영상을 접목시킨 Zeus Surgical System Robot(Computer Motion, Inc)과 da Vinci Surgical System Robot(Intuitive Surgical Co, Inc)으로 발전하였다.^{28,29)} 현재는 Computer Motion사가 Intuitive Surgical 사로 병합되면서 Zeus 로봇은 더 이상 시장에서 사용되지 않고 da Vinci 로봇으로 대치되고 있다.

원격 조절 로봇 시스템을 이용한 최초의 수술은 1997년에 시행된 담낭 절제술이며 같은 해에 심장 판막 수술에도 최초로 이용되었다. 이후 심장외과, 비뇨기과, 산부인과, 외과, 이비인후과 등의 여러 분야에 성공적으로 적용되고 있다.³¹⁾

da Vinci 로봇은 수술자 조정석과 환자 옆에 위치하는 1개의 내시경과 3개의 로봇 기구 팔이 있는 환자 측 로봇 기계로 이루어 진다. 수술자 조정석은 인체 공학적으로 설계되어 장시간의 수술에도 적합하도록 설계되었으며, 2개의 카메라가 사람의 두 눈처럼 목표에 수렴하여 고화질의 3차원 영상을 제공한다. 로봇 팔에는 8 mm 또는 5 mm의

Endowrist(Intuitive Surgical Co, Inc., California, USA) 기구를 장착하는데 이는 기존 내시경 수술 기구의 지렛대 효과를 없애고 사람의 손과 같이 다양한 움직임을 구현할 수 있다. 또 다른 da Vinci의 장점은 큰 손동작을 더욱 정교한 움직임으로 축소시키면서 동시에 떨림 현상을 없애는 것이다. 하지만 단점으로 촉각에 대한 정보가 없기 때문에 시각을 훈련하여 촉각을 대신해야 하며, 로봇 팔 수술 기구의 종류가 아직 다양하지 못하며 로봇의 구입과 유지에 막대한 비용이 들고 수술 준비에 많은 시간과 노력이 듣다는 점이다.²⁹⁾

로봇 갑상선 수술 (Robotic Thyroidectomy)

내시경 갑상선 수술의 한계점을 극복하고자 최근 액와접근법과 Bilateral axillo-breast approach(BABA)의 내시경 갑상선 절제술에 da Vinci 로봇을 적용한 로봇 갑상선 절제술이 시행되고 있는데²⁴⁻²⁶⁾ 내시경 갑상선 수술에 비해 로봇 갑상선 수술의 장점은 수술시야가 일반적인 내시경 수술에서 얻게 되는 이차원적 영상이 아니라 고화질의 3차원적인 영상을 얻을 수 있으며, 10~12배 이상 확대하여 볼 수 있기 때문에 부갑상선이나 반회후두신경 등의 중요 구조물을 잘 찾고 보존할 수 있으며, 또한 수술자의 손 떨림을 예방할 수 있으며 로봇팔에 사용하는 기구가 인간의 손목과 손가락 같이 자유자재로 편리하게 움직일 수 있기 때문에 정교한 수술이 가능하고 중심 경부 림프절 절제술이 용이하다는 점이다. 또한 내시경을 유지하여 줄 보조 시술자가 필요 없어 인력 절감의 효과도 있다.²⁶⁾

저자는 2008년 10월부터 무기하 일측 액와접근법이나 액와-유방접근법에 da Vinci 로봇을 적용하여 로봇 갑상선 수술을 시행하고 있다.²⁶⁾ 저자의 수술 방법을 간단히 기술하면, 전신 마취 하에 환자의 자세는 양와위에서 어깨를 받쳐 목을 약간 신전시킨 상태로 수술을 준비한다. 병변 측 팔을 머리 위로 들어 올려 액와부를 노출시킨다. 액와부에 약 5~6 cm의 절개를 가한 후 피하층과 대흉근 사이를 박리한다(Fig. 1A). 피하층 박리를 전경부로 진행하여 흉쇄유돌근에 도달하면 흉쇄유돌근의 sternal head와 clavicular head 사이의 공간으로 박리를 진행하며, sternothyroid muscle을 만나면 이 근육의 밑으로 박리하여 갑상선을 노출시킨다. 갑상선이 노출되면 외부 견인기를 이용하여 수술 공간을 확보한다(Fig. 1B). 다음 유륜의 가장자리에 작은 피부 절개를 한 후 8 mm 투관침을 삽입한다. 액와 절개부에는 30° 내시경과 2개의 로봇 팔



Fig. 1. Robotic thyroidectomy by a gasless unilateral axillo-breast approach. A 5-6 cm skin incision was made in the axillary fossa, and a 0.8 cm incision was made on the circumareolar margin (A). An external retractor was used to maintain the working space (B). In the axillary port, an endoscope was placed in the center and two robotic arms were placed on either side of the endoscope (C). The third arm of the da Vinci S Robot was placed through the breast port for retraction of the thyroid gland with Prograsp.

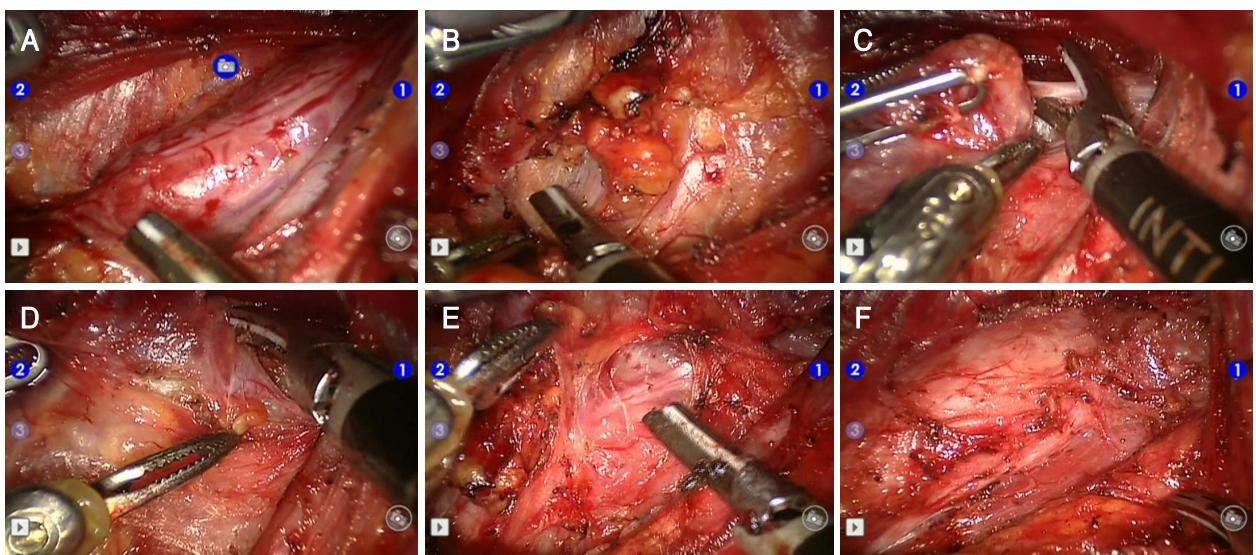


Fig. 2. Surgical procedure for robotic thyroidectomy by a gasless unilateral axillo-breast approach. The left thyroid lobe was exposed with placement of an external retractor (A). Dissection of pretracheal lymph nodes and identification of the trachea (B). Superior thyroid vessels were divided with Harmonic curved shears (C). The superior parathyroid gland should be preserved (D). Identification and preservation of the recurrent laryngeal nerve (E). Surgical view after completion of left lobectomy and ipsilateral central compartment neck dissection (F).

기구를 위치시키는데 가운데에 내시경을 위치시키며 내시경 양측으로 Maryland forceps과 Harmonic scalpel를 위치시킨다. 유륜 절개부의 8 mm port에는 Prograsp forceps을 장착한 로봇팔을 위치시킨다(Fig. 1C). 로봇이 장착되면 갑상선 절제술을 시작하는데 저자는 전통적인 갑상선 수술에서와 같이 하부 갑상선 부위에서 박리를 시작한다(Fig. 2A). Prograsp forceps으로 갑상선 하부를 당기면서 Maryland forceps과 Harmonic scalpel을 이용하여 기관 앞의 림프절과 지방 조직을 박리하여 기관을 찾고 수술의 지표로 삼는다(Fig. 2B). 반회후두신경을 확인하고 주위의 paratracheal lymph node를 박리한다. 다음 갑상선 상부로 이동하여 갑상선 상부를 하내측으로 견인하면서 갑상선에 바짝 붙여 상갑상선 혈관을 절단한다(Fig. 2C). 상부갑상선을 찾아 보존하여야 하며(Fig. 2D), 혈수인대와 연결된 부위의 박리 시에는 반회후두신경이

손상되지 않도록 주의 한다(Fig. 2E). 이후 갑상선 협부를 절제하고 기관과 분리하며, 절제된 갑상선 조직은 액와부 절개를 통하여 제거하며 폐쇄 배액관을 삽입한 후 절개부위를 봉합한다(Fig. 2F). 갑상선 전절제술의 경우는 동측 엽절제술 후 반대측 엽을 편측 엽의 수술과 비슷하게 수술하는데 주로 갑상선 피막을 따라 박리하여 피막절제술을 시행한다. 초음파 절단기(Harmonic scalpel)를 사용 할 때에는 초음파 절단기에서 발생하는 열에 의해 반회후두신경이 손상 될 수 있기 때문에 주의를 기울여야 한다. 갑상선 유두암종인 경우는 동측의 중심 경부 림프절 절제술을 같이 시행한다. 저자는 현재 약 80여례의 로봇 갑상선 절제술을 시행하였으며 반회후두신경마비, 부갑상선기능 저하증 등의 합병증은 전통적인 갑상선 절제술과 비교하여 비슷하였으며, 갑상선에 접근하기 위한 박리 범위가 크기 때문에 수술 시간이 오래 걸리고, 배액량이 많았다. 수

술 후의 통증은 수술 1주 후 전흉부의 통증이 전통적인 갑상선 절제술과 비교하여 약간 많았으나 수술 후 1달, 3달 후의 통증은 두 술식 간에 차이가 없이 호전되었으며, 전경부의 통증은 전통적인 수술과 유의한 차이가 없었다. 미용적으로는 로봇 갑상선 수술이 전통적인 수술에 비교하여 매우 우수한 결과를 얻어, 로봇 갑상선 수술이 초기 갑상선암과 갑상선 양성결절의 수술에서 안전하고 매우 효과적이며, 미용적으로 우수한 수술법이라는 것을 확인할 수 있었다.²⁶⁾

저자의 무기하 액와접근법 또는 일측 액와-유방접근법에 의한 로봇 갑상선 절제술은 미용적으로 매우 우수하며, 전통적인 갑상선절제술과 비슷한 수술 시야를 얻을 수 있어 술자에게 친숙하며, 수술시야가 좋기 때문에 동측의 중심 경부 림프절 절제술이 용이하며, 부갑상선, 반회후두신경 등을 확대하여 잘 확인하고 보존할 수 있는 장점이 있다. 하지만 단점으로 반대측 엽의 수술 시야가 제한되어 반대측 엽의 수술에 불편함이 있다. 그러나 내시경 갑상선절제술과 비교하면 수술 기구의 움직임과 수술 시야가 좋아 반대측 엽의 수술 시 한결 용이한 장점이 있다. 저자의 술식은 Chung 등이 발표한 액와접근법의 로봇 갑상선절제술과 비슷하나 비후성 흉터가 남기 쉬운 전흉부에 절개를 가하지 않기 때문에 전흉부에 흉터가 남지 않고, 수술 시야를 확보하기 위해 omohyoid muscle이나 sternothyroid, sternohyoid muscle 등을 자르지 않고 근육 사이를 박리하기 때문에 수술 후 전경부나 흉부에 생기는 유착에 의한 불편감이 적은 장점이 있다.^{24,26)} 로봇 갑상선 수술의 적응증은 내시경 갑상선 절제술과 같이 5~6 cm 이하의 양성결절이나 저위험도의 분화성 갑상선암이 되는데 내시경 갑상선절제술에서는 주로 1 cm 이하의 갑상선에 국한된 갑상선 미세유두암종이 적응증이 되었으나 로봇 갑상선 수술에서는 2 cm 정도의 갑상선 피막 침범이 없는 분화성 갑상선암종까지도 적응증을 확대할 수 있다.²⁶⁾

갑상선암에 대한 종양학적 치료 효과를 판단하기 위해서는 장기적인 추적 관찰 결과가 필요한데 아직 로봇 갑상선 수술의 추적관찰 기간이 짧아 추후 연구가 필요하리라 사료된다. 앞으로 수술의 이환율과 시간을 줄이고자, 한 개의 로봇 팔에서 여러 개의 수술 기구가 나와 좁은 공간에서도 수술이 가능한 새로운 로봇 수술 기구나 촉각이 가능하도록 발전된 로봇이 개발되리라 생각하며, 진화된 로봇으로 인해 로봇 갑상선 수술은 더욱 발전하리라 생각된다.

결 론

da Vinci 로봇을 이용한 로봇 갑상선 수술은 선택된 환

자에서 적용 가능한 유용하고 안전한 술식이며, 전통적인 갑상선 절제술과 비교하여 더 침습적인 수술이나 수술 후 통증은 비슷하며, 확대된 3차원의 시야로 부갑상선, 반회후두신경 등의 보존이 용이하며, 미용적으로 매우 우수한 술식이다. 갑상선암에 대한 종양학적 안정성에 대해서는 향후 장기적인 추적 관찰 결과가 필요하리라 생각된다.

REFERENCES

- 1) Slough CM, Johns R, Randolph GW, Lore JM, Romanchisen AP. History of thyroid and parathyroid surgery. In: Randolph GW, editor. Surgery of the thyroid and parathyroid glands. 1st ed. Philadelphia: Saunders;2003. p.3-11.
- 2) Becker WF. Presidential address: Pioneers in thyroid surgery. Ann Surg 1977;185(5):493-504.
- 3) Giddings AE. The history of thyroidectomy. J R Soc Med 1998;91 Suppl 33:3-6.
- 4) Sakorafas GH. Historical evolution of thyroid surgery: from the ancient times to the dawn of the 21st century. World J Surg 2010;34 (8):1793-804.
- 5) Gagner M. Endoscopic subtotal parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism. Br J Surg 1996;83(6):875.
- 6) Hüscher CS, Chiodini S, Napolitano C, Recher A. Endoscopic right thyroid lobectomy. Surg Endosc 1997;11(8):877.
- 7) Shimizu K, Akira S, Jasmi AY, Kitamura Y, Kitagawa W, Akasu H, et al. Video-assisted neck surgery: endoscopic resection of thyroid tumors with a very minimal neck wound. J Am Coll Surg 1999;188 (6):697-703.
- 8) 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):1-4.
- 9) Park YL, Han WK, Bae WG. 100 cases of endoscopic thyroidectomy: breast approach. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech 2003; 13 (1):20-5.
- 10) Miccoli P, Berti P, Bendinelli C, Conte M, Fasolini F, Martino E. Minimally invasive video-assisted surgery of the thyroid: a preliminary report. Langenbecks Arch Surg 2000;385(4):261-4.
- 11) Ikeda Y, Takami H, Sasaki Y, Kan S, Niimi M. Endoscopic neck surgery by the axillary approach. J Am Coll Surg 2000;191(3):336-40.
- 12) Gagner M, Inabnet WB 3rd. Endoscopic thyroidectomy for solitary thyroid nodules. Thyroid 2001;11(2):161-3.
- 13) Kim JS, Kim KH, Ahn CH, Jeon HM, Kim EG, Jeon CS. A clinical analysis of gasless endoscopic thyroidectomy. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech 2001;11(4):268-72.
- 14) 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 Percutan Tech 2003;13(3):196-201.
- 15) Palazzo FF, Sebag F, Henry JF. Endocrine surgical technique: endoscopic thyroidectomy via the lateral approach. Surg Endos 2006;20 (2):339-42.
- 16) Yoon JH, Park CH, Chung WY. Gasless endoscopic thyroidectomy via an axillary approach: experience of 30 cases. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech 2006;16(4):226-31.
- 17) 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(3):601-6.
- 18) Choi JO, Jun BS, Sohn HS, Jung MH. Endoscopic thyroidectomy via axillary approach. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg 2006; 49(5):527-31.
- 19) Tae K, Kim SY, Lee YS, Lee HS. Gasless endoscopic thyroidectomy by an axillary approach (preliminary report). Korean J Otolaryngol-

- Head Neck Surg 2007;50(3):252-6.
- 20) 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(9):2053-60.
 - 21) Miyano G, Lobe TE, Wright SK. Bilateral transaxillary endoscopic total thyroidectomy. *J Pediatr Surg* 2008;43(2):299-303.
 - 22) Kang SW, Jeong JJ, Yun JS, Sung TY, Lee SC, Lee YS, et al. Gasless endoscopic thyroidectomy using trans-axillary approach: surgical outcome of 581 patients. *Endocr J* 2009;56(3):361-9.
 - 23) Miccoli P, Elisei R, Materazzi G, Capezzzone M, Galleri D, Pacini F, et al. Minimally invasive video-assisted thyroidectomy for papillary carcinoma: a prospective study of its completeness. *Surgery* 2002;132(6):1070-3; discussion 1073-4.
 - 24) Kang SW, Lee SC, Lee SH, Lee KY, Jeong JJ, Lee YS, et al. Robotic thyroid surgery using a gasless, transaxillary approach and the da Vinci S system: the operative outcomes of 338 consecutive patients. *Surgery* 2009;146(6):1048-55.
 - 25) Lee KE, Rao J, Youn YK. Endoscopic thyroidectomy with the da Vinci robot system using the bilateral axillary breast approach (BA-BA) technique: our initial experience. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2009;19(3):e71-5.
 - 26) 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 [Epub ahead of print]
 - 27) Gourin CG, Terris DJ. Surgical robotics in otolaryngology: expanding the technology envelope. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;12(3):204-8.
 - 28) Kim VB, Chapman WH, Albrecht RJ, Bailey BM, Young JA, Nifong LW, et al. Early experience with telemanipulative robot-assisted laparoscopic cholecystectomy using da Vinci. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2002;12(1):33-40.
 - 29) Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles: a personal historical perspective. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2002;12(1):6-16.
 - 30) Sackier JM, Wang Y. Robotically assisted laparoscopic surgery. From concept to development. *Surg Endosc* 1994;8(1):63-6.
 - 31) Himpens J, Leman G, Cadiere GB. Telesurgical laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 1998;12(8):1091.