

갑상선 수술의 비전: 과거와 현재, 그리고 미래

서울대학교 의과대학 외과학교실, 서울대학교병원 갑상선센터 외과
최준영, 윤여규

Vision of Thyroid Surgery: Past, Present and Future

June Young Choi, MD and Yeo-Kyu Youn, MD, PhD

Department of Surgery, Seoul National University College of Medicine and Division of Surgery, Thyroid Center, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

We are presenting perspectives of how thyroid surgery has evolved from the past to the future. Technological process in thyroid surgery is the history of modern surgery and the evolution of knowledge of thyroid gland led us to the fields of organ preservation, hemostasis, cancer surgery, and minimally invasive surgery. Thyroid surgery in the present time is characterized by low mortality rate, low complication rate, and considerations about the quality of life of patients. Robotic surgery has been adopted to thyroid surgery for these reasons and now has advanced significantly to perform safe and effective operations. The future of thyroid surgery will be evolved beyond our imagination; however the advances of the skills should be focused on the safety and convenience of patients.

Key Words: History of thyroid surgery, Modern thyroid surgery, Future of thyroid surgery

과거의 갑상선 수술

과거부터 목이라는 부위는 신체에서 가장 중요한 부위의 하나로 인식되어 왔다. 목은 몸통보다 가늘고 밖으로 노출되어 있어 병변이 쉽게 눈에 띄므로 이미 기원전 2700년경 중국에서 최초의 갑상선 종에 대한 기술이 존재하고 있다. 갑상선 종에 대한 수술은 고대 로마의 켈수스(Celsus, B.C. 30-A.D. 45)가 갑상선 수술을 기술한 것으로 기록에 전하고 있다.¹⁾ 갑상선(thyroid gland)이라는 명칭은 영국의 해부학자인 토마스 와튼(Thomas Wharton)에 의해 1646년에 최초로 명명되었고 이는 위치 상 갑상연골(thyroid cartilage)과 매우 근접하여 존재한다는 이유에서였다.^{2,4)} 또 안구돌출을 동반한 갑상선 종대에 대한 기술은 아일랜드의 의사인 로버트 그레이브스(Robert J. Graves)에 의해 1835년 발표되었다.⁵⁾

하지만 이러한 인지에도 불구하고 갑상선 수술은 의

학의 역사에서 매우 더디게 발전하여 왔는데 그 이유는 수술 중 다양한 출혈과 수술 후 기도폐쇄에 의한 호흡부전으로 사망률이 아주 높았기 때문이다.^{1,4)} 기존의 접근불가능의 장기에서 수술이 가능한 장기로 인식이 바뀌게 된 것은 19세기 중반에 이르러서였고, 이후 20세기 초반에 이르러서야 비로소 여러 의사들에 의해 갑상선의 해부 및 생리에 대한 이해와 안전한 수술 기법이 발전하기 시작하였다.

19세기는 외과 수술에 있어 아주 중요한 발전이 시작된 시기로, 19세기 초반 발명된 무균소독법(antisepsis)과 마취법(anesthesia)으로 인해 외과 수술은 비약적인 발전을 시작하게 되고, 갑상선 수술 역시 눈부신 발전을 준비하게 된다. 그러나 1850년대에 이르기까지 갑상선 수술은 사망률 40%의 위험한 수술이라는 인식을 벗지 못한다.⁴⁾

19세기 후반에 이르러 갑상선 수술은 스위스 베른의 대학병원 외과의사인 테오도르 코커(Theodor Kocher, 1841-1917)에 의해 한 차례의 패러다임 전환을 겪게 된

논문접수일: 2012년 4월 2일 / 심사완료일: 2012년 5월 24일

교신저자: 윤여규, 서울시 종로구 대학로 101, ⑨ 110-744, 서울대학교병원 외과

Tel: 02-2072-3447, Fax: 02-766-3975, E-mail: ykyoun@plaza.snu.ac.kr

다. 코커는 1872년부터 무균소독법과 코카인 국소마취법, 지혈결자(hemostats)를 이용한 갑상선 수술방법을 개발하여 성공적인 갑상선 수술을 시행하였고, 당시 갑상선의 캡슐을 따라 절제하는 수술법으로 수술 중 출혈을 최소화하고 되돌이 후두신경과 부갑상선을 보존하는 현대적인 개념의 갑상선 수술을 실시하였다. 갑상선 수술로 인한 사망률은 현저히 감소하였으며, 코커의 기록에 의하면 1872년부터 1882년까지 10년간 12.8%였던 사망률이 1889년에는 2.4%가 되었고 1895년에는 1% 미만, 1898년에는 0.2%가 되었다. 그의 사망 후 스위스 외과협회가 정리한 데이터에 의하면 코커는 일생 동안 5000예의 갑상선 수술을 시행하였고 전체 사망률은 0.5%였다.⁶⁾

코커는 갑상선의 생리에 대해서도 많은 연구결과를 남겼으며, 그에게서 수술을 배운 미국의 윌리엄 할스테드(William Halsted)가 기술한 그의 업적은 첫째, 갑상선 전절제술과 그에 따른 신체의 변화, 둘째, 갑상선 악성종양에 대한 연구, 셋째, 갑상선절제술기의 완성, 넷째, 그레이브스병 환자의 수술적 치료 가능성 발견, 다섯째, 갑상선 중독증 환자의 수술에서 동맥 우선 결찰법 제안, 여섯째, 갑상선 중독환자에게 요오드 투여의 위험성 경고 등이다.⁷⁾ 이와 같은 업적으로 코커는 1909년 노벨 생리의학상을 수상하게 된다.¹⁾

현재의 갑상선 수술

갑상선 수술에 대한 코커의 공헌으로 갑상선 수술은 눈부시게 발전하게 된다. 20세기 이후 현재에 이르기까지 갑상선 수술은 갑상선호르몬의 발견, 되돌이 후두신경의 보존법, 부갑상선의 기능 및 보존법 발견, 항갑상선 약물의 개발, 수혈법의 발견, 병리진단법의 발견, 안전한 갑상선암 수술법의 개발 및 병기결정, 갑상선 스캔 및 갑상선 초음파의 개발, 세침흡인검사의 발견, 방사성요오드 치료의 개발 등으로 안전한 수술이 가능하게 되었고, 수술 후에도 환자에게 건강하고 정상적인 삶을 가져다 줄 수 있게 되었다.⁴⁾

현대적 의미의 갑상선 수술은 첫째, 0%에 가까운 최소한의 수술 중, 후 사망률, 둘째, 완전한 수준의 목소리 보존, 셋째, 완전한 수준의 부갑상선 기능 보존, 넷째, 갑상선암 환자에서 재발을 최소화하는 수술 술기, 다섯째, 수술 후 출혈, 림프액(chyle) 누출, 감염 등의 합병증을 최소화, 여섯째, 수술 후 갑상선호르몬 투약 및 용량 조절로 정상적인 생활영위 등을 목표로 한다고 할 수 있다.

2000년대 이후 우리나라 국민의 갑상선결절과 갑상선암 유병률이 급증하였는데, 이는 갑상선결절 및 갑상선암의 자연 증가 외에도 고성능의 갑상선 초음파가 보급된 점과 갑상선암에 대한 국민적 관심증대 등이 원인으로 생각된다. 2011년 발표된 '2009년 국가암등록통계'에 따르면 갑상선암은 우리나라 주요 암종 발생분율의 16.6%를 차지하여 국가 암 발생률 1위의 암이 되었다.⁸⁾ 연령군별 암 발생순위에서 갑상선암은 여성 중 15-34세 군에서 10만 명당 52.1로 1위의 암이고, 여성 중 35-64세 군에서 10만 명당 192.5로 역시 1위의 암이다. 즉 갑상선암은 다른 암에 비해 특히 젊은 여성에서 발생하는 비율이 높다는 사실이다. 이러한 유병률의 증가는 전세계적으로 공통적인 현상으로 미국(여자 5위), 일본(여자 10위)에서도 우리나라만큼 특징적이지는 않지만 지속적으로 유병률이 증가하고 있다. 우리나라 갑상선암 환자의 5년 생존율은 전체 환자 군에서 99.7% (2005-2009년)로 미국의 97.3%, 일본의 92.4%, 유럽의 83.2%와 비교하여 비슷하거나 좋은 편이다.⁸⁾ 결과적으로 갑상선암은 우리나라에서 유병률이 가장 높은 암이며 생존율이 가장 높은 암으로 머지않은 미래에 우리나라 국민 중 갑상선암을 가지고 있거나 치료를 받은 환자가 상당한 부분을 차지할 것으로 보인다.

현재의 갑상선 수술은 대부분이 갑상선암에 대한 수술이며, 유병률과 생존율이 매우 높은 갑상선암 환자를 치료함에 있어 중요한 것은 안전하고 확실한 암의 제거와 수술 후 합병증의 최소화 뿐만 아니라 수술 후 환자가 살아갈 삶의 질을 높여주는 것에 초점이 맞추어져야 한다는 점이다. 수술 후 삶의 질에 관여하는 요소에는 정상적인 목소리와 부갑상선 기능, 고음 발성, 경부 유착, 흉터, 피로감 등이 있고, 이 중 목 앞쪽의 흉터로 인한 미용적인 고민은 무시할 수 없을 정도로 크며 삶의 질에서 비중 있게 다루어져야 하는 요소이다. 특히 황인종은 백인종과 달리 비후성 반흔(hypertrophic scar)이 발생할 가능성이 높으며, 비후성 반흔이 있는 환자는 일생 동안 목을 가리고 살아야 하는 불편을 가지게 된다.

이러한 배경 위에 갑상선 수술은 20세기후반에서 21세기초반에 걸쳐 무흉터수술(scarless operation)의 대두로 코커 이후 다시 한 번 패러다임 전환을 하게 된다. 최초의 복강경 수술 이후 많은 외과의사들이 내시경을 이용한 갑상선, 부갑상선 수술에 관심을 가지게 되고, 이에 따라 다양한 수술 방법이 개발되었다. 1996년 가니에르(Gagner)에 의한 최초의 내시경 부갑상선 수술

과 1997년 후셔(Huscher)에 의한 최초의 내시경 갑상선 수술 이후 경부접근법(cervical approach), 겨드랑이-유방접근법(axillary bilateral breast approach, ABBA), 양측 겨드랑이-유방 접근법(bilateral axillo-breast approach, BABA), 겨드랑이 접근법(transaxillary approach), 양측 겨드랑이-귀뒤 접근법(bilateral axillary postauricular approach, BAPA), MIVAT (minimally invasive video-assisted thyroidectomy), SET (scarless endoscopic thyroidectomy) 등의 수술들이 전세계의 외과의사들에 의해 개발되었고 시행되고 있다.⁹⁻²⁰⁾

이와 동시에 2000년대 이후 수술 도구의 비약적인 발전이 동반되었고, 이 중 초음파절삭기의 개발과 로봇 수술의 개발은 현대의 외과수술에 있어 획기적인 변화를 가져오게 되었다.^{4,21,22)}

로봇 수술에 대한 개념은 1972년 미국의 NASA (National Aeronautics and Space Administration)에서 우주비행사에 대한 원격 수술 지원을 위해 최초로 연구가 시작되었다.²¹⁾ 이후 1980-90년대를 거치면서 AESOP, RoboDoc, Acrobot, NeuroMate, da Vinci 등의 로봇이 개발되었다. 현재 가장 널리 사용되는 da Vinci system은 1995년 NIH의 외과의사들과 IBM, MIT의 기술자들이 공동 설립한 Intuitive Surgical[®] Corporation에 의해 개발되었으며 지금 사용되는 da Vinci Si 모델은 Intuitive Surgical[®]사의 3세대 로봇 모델이다.²²⁾

기존의 내시경 수술에 비해 로봇이 가지는 장점은 로봇관절(Endo-Wrist)을 이용하여 좁은 공간에서도 정밀한 수술이 가능하고, 3차원 입체 영상으로 수술 공간 내에서 원근감을 느끼며 수술할 수 있으며, 15배 확대된 시야에서 되돌이 후두신경과 부갑상선, 갑상선 동맥 등의 주요 장기들을 더욱 정밀하게 보존하거나 결찰할 수 있다는 점 등이다. 또, 수술에 따른 의사의 피로도를 낮추고 손 떨림을 최소화하며, 학습곡선(learning curve)을 단축시키는 등 인간으로서 외과의사가 가지는 한계를 극복할 수 있게 하는 장점을 부가적으로 가지고 있다.²¹⁾ 그러나 최첨단 로봇 수술이라는 화려한一面에 단점도 분명히 존재하고 있으며, 촉각센서가 없어 조직을 잡는 느낌을 수술자에게 전달할 수 없다는 점과 환자의 마취 중 각성이나 출혈 등의 응급상황이 발생하였을 때 즉각적인 조치가 어려운 점, 강력한 로봇 관절의 힘으로 수술 부위가 아닌 다른 부위에 손상을 줄 수 있다는 점 등은 단점으로 지적되고 있다. 갑상선 수술과 전립선 수술 외에는 로봇 수술이 복강경 수술에 비해 유리하다는 증거가 없다는 점과 고가의 장비 비용에 따른 수술비 부담 역시 해결하여

야 하는 문제이다.

현재 서울대학교병원 외과에서 적용하고 있는 BABA로봇 갑상선 수술의 적용증은 첫째, 크기가 2 cm를 넘지 않는 분화갑상선암, 둘째, 8 cm 이하의 갑상선 양성 결절, 셋째, 그레이브스병 환자의 수술, 넷째, 남자 환자의 수술 등이며, 현재는 100 kg 이상의 비만 환자, 유방 수술의 과거력이 있는 여성, 유방 보형물을 삽입한 여성, 측경부 림프절 전이가 의심되는 환자, 갑상선설관낭종 환자, 일차성 부갑상선 기능항진증 환자 등으로 적용증을 넓혀나가고 있다.²³⁾

서울대학교병원 외과에서는 2008년 최초의 BABA로봇 갑상선 수술 시행 이후부터 2011년 12월까지 총 1022건의 로봇 갑상선 수술을 실시하였고, BABA로봇 갑상선 수술의 완전성과 효용성을 기준의 절개 갑상선 수술과 비교하기 위해 2008년부터 2010년까지 갑상선전절제술을 시행한 760명의 환자(로봇 327명, 절개 423명)를 대상으로 성향 점수 분석(propensity score matching)을 이용한 수술 후 방사성요오드 치료결과 분석을 실시한 결과, BABA로봇 갑상선 수술과 절개 갑상선 수술 간의 유의한 차이를 보이지 않아 BABA로봇 갑상선 수술이 절개 갑상선 수술과 같은 완전성과 효용성을 가짐을 증명하였다.¹¹⁾

미래의 갑상선 수술

현재의 시대적 상황은 기술의 발전이 인간의 상상력을 뛰어넘는 시대라 할만하며, 과학과 의학을 포함한 여러 학문들이 10년이 아닌 2-3년 후의 미래도 상상하기 힘들 정도로 빠른 발전을 보이고 있고, 이는 갑상선 수술에서도 비슷한 양상이다. 머지않은 미래에 이루어질 일들이지만 아직 개념적으로만 존재하는 미래의 갑상선 수술에 대해 예측해보고자 한다.

갑상선 수술에 있어 되돌이 후두신경의 보존은 필수적이며, 되돌이 후두신경의 일측성 손상은 쉰 목소리를 유발하고, 양측성 신경 손상은 기도폐쇄를 유발해 환자의 생명에 위협을 줄 수 있어 항상 수술자는 긴장 상태에서 신경 보존을 위해 주의 깊은 수술을 시행하여야 한다. 또, 상부 후두신경은 목소리의 고저와 음질에 관여하는 신경으로 장기 생존이 가능한 갑상선암환자에 있어 점차 중요한 비중을 차지하게 되는 신경이지만 수술 시야에서 확인과 보존이 쉽지 않다는 어려움이 있다.²⁴⁾ 이 외에도 측경부 림프절 절제술을 시행할 때 보존하여야 하는 횡격막신경, 미주신경, 상완신경총, 척추부신경 등도 수술자로 하여금 긴장을 늦출

수 없게 만든다. 수술 중 주요 신경보존을 위해 신경감시장치(intraoperative neuromonitoring)가 개발되어 사용 중이지만 검사의 원리 상 되돌이 후두신경 및 상부 후두신경에만 적용 가능하다.²⁴⁻²⁷⁾ 2011년 Cy5-NP41 (acetyl-SHSNTQTLAKAPEHTGC-(Cy5)-amide)이라는 형광물질을 이용해 쥐의 좌골신경을 염색하여 수술 중 확인이 가능함이 보고되었고, 이러한 신경 염색법은 갑상선 수술에 접목되어 수술 중 신경 확인 및 보존이 용이하도록 보조할 것이다.²⁸⁾

갑상선 수술 중 부갑상선 보존 역시 필수적인 요소이며, 전체 갑상선 수술의 1-29%에서 발생하는 영구적인 부갑상선 기능저하는 환자의 유병률을 높이고 환자의 삶의 질을 현격하게 저하시키는 결과를 가져온다.²⁹⁾ 최근 부갑상선을 확인하여 보존하기 위해 방사성 동위원소(radioisotope)를 사용하거나 단일클론항체(monoclonal Ab) 염색법 등이 연구 중에 있으며, 수술 중 각각의 부갑상선과 혈관을 정확하게 보존하는 데 도움을 줄 것이다.³⁰⁾ 이와 같은 신경염색법과 부갑상선 확인법은 특히 재발성 갑상선암 환자의 치료에 큰 도움이 될 것이다.³⁰⁾ 또 줄기세포 배양기술의 발전으로 영구적인 부갑상선 기능저하 환자를 대상으로 부갑상선 줄기세포 이식이 가능해질 것으로 전망한다.^{31,32)}

현재도 활발히 사용 중이지만 미래에 더욱 발전할 기술로 로봇 수술이 있으며, 미래의 수술 로봇은 지금의 로봇이 가지는 장점은 발전시키고 단점은 보완하는 형태가 될 것이다. 현재의 단점 중 촉각이 없다는 단점은 현재 많은 연구가 이루어져 머지않은 시기에 촉각을 가진 수술 로봇이 등장하게 될 것이다.³³⁻³⁵⁾ 또 카메라와 수술기구가 통합되는 카메라-일체형 수술 로봇이 개발되면 지금처럼 여러 개의 절개창 없이 단일절개창으로 수술이 가능할 것이다.³⁶⁾ 수 밀리미터 크기의 나노 로봇이 개발되면 아무런 절개창 없이 로봇이 입을 통하여 갑상선으로 접근해 수술이 가능한 시대가 열릴 수 있을 것이다.³⁶⁾ 동시에 시뮬레이션 장비의 발전으로 수천 시간의 시뮬레이션 비행 후 실제 비행기 조종을 하는 항공기 조종사처럼 일정 시간의 시뮬레이션 수술 후 실제 수술을 경험할 수 있게 되는 등 외과 수련의 방법도 변모해 나갈 것이다.^{4,21,22)}

결 론

갑상선 수술의 역사는 곧 외과 수술의 역사를 의미하며, 갑상선을 안전하게 제거하고 수술 후 합병증을 관리하는 모든 과정의 발전이 외과 수술의 발전을 가

져오게 된 원동력이었다. 현재의 갑상선 수술은 낮은 사망률과 낮은 합병증 발생률, 그리고 환자의 삶의 질을 고려하는 방향으로 발전하여 왔고, 최소절개 갑상선 수술의 개발과 로봇 갑상선 수술의 도입은 현재의 갑상선 수술이 지향하는 바를 실현하기 위한 필요 불가결한 과정이었다. 미래의 갑상선 수술에 대한 예측은 어려우나 그 방향은 환자의 안전과 편의를 향해 있으며 이러한 미래를 만들어가야 할 책임은 현재의 우리들에게 있다. 현재 우리나라는 갑상선암이 가장 많고 갑상선에 대한 연구가 가장 활발한 국가이며, 갑상선 연구의 패러다임 전환은 우리나라에서 다시 한 번 이루어질 것을 바라 마지않는 바이다.

중심 단어: 갑상선 수술 역사, 현재의 갑상선 수술, 미래의 갑상선 수술.

References

- 1) Hegner CF. *A history of thyroid surgery*. Ann Surg 1932; 95(4):481-92.
- 2) Cady B, Sedgwick CE. *History of thyroid and parathyroid surgery*. Major Probl Clin Surg 1980;15:1-5.
- 3) Dadan J, Nowacka A. *A journey into the past--the history of thyroid surgery*. Wiad Lek 2008;61(1-3):88-92.
- 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) Graves RJ. *New observed affection of the thyroid gland in females. (Clinical lectures)* London Medical and Surgical Journal (Renshaw) 1835;7:516-7. Reprinted in Medical Classics, 1940; 5:33-6.
- 6) Becker WF. *Presidential address: Pioneers in thyroid surgery*. Ann Surg 1977;185(5):493-504.
- 7) Halsted WS. *The operative story of goitre*. Johns Hopkins Hosp Rep 1920;19:71.
- 8) Minister of Health & Welfare. *Korea central cancer registry cancer incident in Korea. 2009 cancer incidence in Korea*; 2011.
- 9) Huscher CS, Chiodini S, Napolitano C, Recher A. *Endoscopic right thyroid lobectomy*. Surg Endosc 1997;11(8):877.
- 10) Gagner M. *Endoscopic subtotal parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism*. Br J Surg 1996;83(6):875.
- 11) Lee KE, Koo do H, Im HJ, Park SK, Choi JY, Paeng JC, et al. *Surgical completeness of bilateral axillo-breast approach robotic thyroidectomy: comparison with conventional open thyroidectomy after propensity score matching*. Surgery 2011; 150(6):1266-74.
- 12) Lee KE, Choi JY, Youn YK. *Bilateral axillo-breast approach robotic thyroidectomy*. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech 2011;21(4):230-6.
- 13) Choc 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.

- 14) 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.
- 15) Shimizu K, Akira S, Tanaka S. *Video-assisted neck surgery: endoscopic resection of benign thyroid tumor aiming at scarless surgery on the neck*. *J Surg Oncol* 1998;69(3):178-80.
- 16) 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.
- 17) Inabnet WB 3rd, Jacob BP, Gagner M. *Minimally invasive endoscopic thyroidectomy by a cervical approach*. *Surg Endosc* 2003;17(11):1808-11.
- 18) Ikeda Y, Takami H, Niimi M, Kan S, Sasaki Y, Takayama J. *Endoscopic thyroidectomy and parathyroidectomy by the axillary approach. A preliminary report*. *Surg Endosc* 2002;16(1):92-5.
- 19) Ikeda Y, Takami H, Niimi M, Kan S, Sasaki Y, Takayama J. *Endoscopic thyroidectomy by the axillary approach*. *Surg Endosc* 2001;15(11):1362-4.
- 20) Lee KE, Kim HY, Park WS, Choe JH, Kwon MR, Oh SK, et al. *Postauricular and axillary approach endoscopic neck surgery: a new technique*. *World J Surg* 2009;33(4):767-72.
- 21) Camarillo DB, Krummel TM, Salisbury JK Jr. *Robotic technology in surgery: past, present, and future*. *Am J Surg* 2004; 188(4A Suppl):2S-15S.
- 22) Moran ME. *The da Vinci robot*. *J Endourol* 2006;20(12): 986-90.
- 23) 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 Percutan Tech* 2009;19(3):e71-5.
- 24) Thomusch O, Sekulla C, Machens A, Neumann HJ, Timmermann W, Dralle H. *Validity of intra-operative neuro-monitoring signals in thyroid surgery*. *Langenbecks Arch Surg* 2004;389(6):499-503.
- 25) Dralle H. *[Intraoperative neuromonitoring in thyroid surgery and surgery of the parathyroid gland]*. *Zentralbl Chir* 2002; 127(5):393-4.
- 26) Alesina PF, Rolfs T, Hommeltenberg S, Hinrichs J, Meier B, Mohmand W, et al. *Intraoperative neuromonitoring does not reduce the incidence of recurrent laryngeal nerve palsy in thyroid reoperations: results of a retrospective comparative analysis*. *World J Surg* 2012;36(6):1348-53.
- 27) Inabnet WB, Murry T, Dhiman S, Aviv J, Lifante JC. *Neuromonitoring of the external branch of the superior laryngeal nerve during minimally invasive thyroid surgery under local anesthesia: a prospective study of 10 patients*. *Laryngoscope* 2009;119(3):597-601.
- 28) Whitney MA, Crisp JL, Nguyen LT, Friedman B, Gross LA, Steinbach P, et al. *Fluorescent peptides highlight peripheral nerves during surgery in mice*. *Nat Biotechnol* 2011;29(4):352-6.
- 29) Shahar AR, Jaffe BM. *Parathyroid preservation during thyroid surgery*. *Am J Otolaryngol* 1998;19(2):113-7.
- 30) Grubbs EG, Mittendorf EA, Perrier ND, Lee JE. *Gamma probe identification of normal parathyroid glands during central neck surgery can facilitate parathyroid preservation*. *Am J Surg* 2008;196(6):931-5; discussion 5-6.
- 31) Fang SH, Guidroz JA, O'Malley Y, Lal G, Sugg SL, Howe JR, et al. *Expansion of a cell population expressing stem cell markers in parathyroid glands from patients with hyperparathyroidism*. *Ann Surg* 2010;251(1):107-13.
- 32) Schluter KD, Schreckenberg R, Wenzel S. *Stem cell mobilization versus stem cell homing: potential role for parathyroid hormone?* *Cardiovasc Res* 2008;77(4):612-3.
- 33) Wedmid A, Llukani E, Lee DI. *Future perspectives in robotic surgery*. *BJU Int* 2011;108(6 Pt 2):1028-36.
- 34) van der Meijden OA, Schijven MP. *The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review*. *Surg Endosc* 2009;23(6):1180-90.
- 35) Okamura AM. *Haptic feedback in robot-assisted minimally invasive surgery*. *Curr Opin Urol* 2009;19(1):102-7.
- 36) Li F, Liu W, Stefanini C, Fu X, Dario P. *A novel bioinspired PVDF micro/nano hair receptor for a robot sensing system*. *Sensors (Basel)* 2010;10(1):994-1011.