

# 상후두신경의 외측분지와 수술 중 신경 감시 방법

부산대학교 의과대학 양산부산대학교병원 이비인후-두경부외과학교실

성의숙 · 이진춘

## The External Branch of the Superior Laryngeal Nerve Monitoring During Thyroid Surgery

Eui Suk Sung, MD, PhD and Jin Choon Lee, MD, PhD

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery and Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, College of Medicine, Pusan National University, Yangsan, Korea

### 서 론

갑상선 수술 중 가장 중요한 합병증은 반회 후두신경 (recurrent laryngeal nerve, RLN) 마비와 부갑상선 저하증(hypothyroidism)이다. 최근 삶의 질이 중요해짐에 따라 갑상선 수술 시 반회 후두신경뿐만 아니라 상후두신경의 외측분지(external branch of the superior laryngeal nerve, EBSLN)를 보존하는 것 또한 중요해졌다. 상후두신경 외측분지의 손상은 갑상선의 상극(superior pole)을 바리 시 발생할 수 있고 상갑상혈관(superior thyroid vessel)을 절찰 시 환자의 58%까지 발생할 수 있으나 수술 후 후두 내시경 검사의 미묘한 변화와 아주 사소한 증상 등으로 인해 수술 후 발견이 어렵다.<sup>1-3)</sup> 상후두신경 외측분지 손상은 음성갑상근의 기능 장애를 초래하여 음성의 기본 주파수(fundamental frequency)가 변경되고 주파수 범위가 감소된다. 그래서 상후두신경의 외측분지 보존은 직업적 음성 사용자에게 더욱 중요하다. 그러나 갑상선 수술 시 상후두신경의 외측분지

를 발견하는 것은 쉽지 않다. 갑상선 절제술시 수술 중 반회 후두신경의 확인을 위해 술 중 신경 감시(Intraoperative neuromonitoring)장치가 널리 사용되고 있다.<sup>4)</sup> 그러나 상후두신경의 외측분지는 갑상선 수술 시 반회 후두신경과 달리 적극적으로 찾기보다는 일부러 찾지 않는 경향이 있었다.<sup>5-7)</sup>

Jasson 등에 의하면 갑상선 수술 중 상후두신경 외측분지를 확인하지 않고 수술 후 음성갑상근 근전도를 시행하였을 때 일시적 마비는 58%, 영구적 마비는 3.8%라고 보고 하였다.<sup>1)</sup> Cernea 등은 갑상선 수술 중 상후두신경 외측분지를 확인하지 않았을 때 상후두신경 외측분지 마비율이 12%에서 28% 사이를 보였으며, 이들 중 일부는 장기간 근전도 평가결과 영구적 마비도 있었다.<sup>5,8)</sup> 환자의 20%는 상후두신경 외측분지가 하인두 수축근을 따라 근막하(subfascia) 경로로 주행하므로 육안으로 확인이 어려운 경우도 있다고 알려져 있다.

그 결과 최근 술 중 신경 감시는 시각적으로 신경 확인을 위한 표준방법으로 광범위하게 받아들여졌으며, 이 방법은 반회 후두신경과 상후두신경 외측분지를 모두 식별하는 데 사용될 수 있다.<sup>4)</sup> 술 중 신경 감시를 통해 상후두신경 외측분지의 위치를 확인할 뿐 아니라 기능적 상태를 확인하는 방법으로 유용하다. 그 결과 갑상선 수술 후 음성 보존에 도움이 되고 있다.<sup>9-11)</sup> 반회 후두신경 모니터링과는 달리, 상후두신경 외측분지 모니터링

교신저자 : 이진춘, 50612 경남 양산시 물금읍 금오로 20  
부산대학교 의과대학 양산부산대학교병원  
이비인후-두경부외과학교실  
전화 : (055) 360-2132 · 전송 : (055) 360-2162  
E-mail : ljc0209@hanmail.net

은 상후두신경 외측분지의 자극에 따른 두 가지 결과 측정에 기반한다. 첫 번째는 모든 환자에서 존재하는 윤상갑상근 떨림(cricothyroid twitching)의 평가, 두 번째는 환자의 약 70~80%에서 발생하는 표면전극이 부착된 기관삽관 튜브(surface endotracheal tube electrode)의 성대 근전도(electromyography, EMG) 반응이다.<sup>12)</sup> 상후두신경 외측분지로 인한 성대 반응은 상후두신경 외측분지의 말단 섬유를 통해 매개되는데 이 말단 섬유는 윤상갑상근을 통해 앞쪽 성분까지 연장되며 human communicating nerve로 불린다. 본문에서는 갑상선 상극의 상후두신경 외측분지 해부학적 위치 및 생리를 알아보고 수술 중 신경 감시 방법에 어떤 것들이 있으며 이를 통해 상후두신경 외측분지의 확인 및 보존에 도움이 되는지 알아보려고 한다.

### 상후두신경 외측분지의 해부학 및 분류

상후두신경 외측분지는 상 갑상동맥의 배측(dorsal)과 하인두 수축근의 표면에 항상 위치하여 내려가면서 윤상갑상근을 지배하기 위해 근육의 내측으로 들어간다. Moosman과 DeWeese는 200명의 인간 시체 해부 연구에서 갑상선의 상극을 바깥쪽과 아래쪽으로 당기면 상후두신경 외측분지가 Jolles 공간이라고 알려진 흉골갑상근-후두 삼각형(sternothyroid-laryngeal triangle)내에서 후두에 접근하고 있음을 발견했다.<sup>13)</sup> 즉 상갑상혈관들과 흉골갑상근의 후두머리(laryngeal head) 사이에 상후두신경 외측분지가 존재한다. 상후두신경 외측분지는 하인두 수축근(inferior pharyngeal constrictor muscle)에서 후두 바깥 면을 따라 주행 후 윤상연골에서 두 개의 분지로 나뉘는데 pars recta와 pars obliqua로 들어간다. Wu 등은 24개의 인간 후두에서 44%는 윤상갑상근의 내측에서 나가서 윤상갑상 막을 통해 후두로 들어가서 갑상피열근(thyroarytenoid muscle)의 앞쪽 1/3을 지배한다는 것을 알아내었다.<sup>14)</sup> Nasri 등은 개 후두 실험에서 상후두신경의 외측분지에 의한 갑상피열근의 신경지배가 42.9%에서 발견되었다고 발표하였다. 이것은 상후두신경의 외측분지를 전기적으로 자극했더니 갑상피열근으로부터 근전도 반응이 나타나는 것으로 확인되었다.<sup>15)</sup> Sanudo 등은 90명 인간의 미세 절

단된 후두조직에서 68%의 상후두신경의 외측분지가 윤상갑상근을 지나 앞쪽 갑상피열근까지 연결된 것을 발견하였다.<sup>16)</sup> 즉 여러 보고들을 통해 human communicating nerve는 환자의 41~85%에서 성대에 연결된다는 것을 알 수 있다.

상후두신경 외측분지의 외과적 중요성은 신경과 갑상선 상극간의 밀접한 해부학적 관계 때문이다. 상후두신경 외측분지는 갑상선의 상극보다 위쪽에 있으므로 피막 박리 및 상갑상혈관의 분지를 하나씩 결찰 시 신경의 손상위험이 적다. 그러나 갑상선종(goiter)나 갑상선 상극에 국한된 종양 또는 목이 짧은 환자에서는 해부학적으로 신경과 갑상선 상극과의 관계가 가깝기 때문에 상후두신경 외측분지 손상의 가능성이 더욱 높아진다.<sup>9)</sup>

상후두신경 외측분지의 가장 널리 인정된 외과적 분류는 Cernea 등이 1992년에 제안한 것으로 이 분류는 신경의 잠재적 손상에 기반으로 하였다.<sup>8)</sup>

### Cernea의 상후두신경의 외측분지 분류

제 1 형은 신경이 갑상선 상극의 상단 가장자리보다 1 cm 이상 위쪽으로 상갑상혈관을 가로 지르고, 작은 갑상선종(goiter) 환자의 68%와 큰 갑상선종 환자의 23%에서 존재한다.

제 2A 형은 신경은 상극의 상단 가장자리보다 1 cm 미만에서 상갑상혈관을 가로 지르고, 작은 갑상선종 환자의 18%, 큰 갑상선종 환자의 15%에서 존재한다.

제 2B 형은 신경은 갑상선 상극의 상단 경계 아래에서 상갑상혈관을 가로 지르며 작은 갑상선종 환자의 14%, 큰 갑상선종 환자의 54%에서 존재한다.

2A 형과 2B 형은 상후두신경 외측분지가 낮게 주행하여 상갑상혈관의 박리 및 결찰 중 특히 손상되기 쉽다.<sup>5,8)</sup>

상후두신경 외측분지의 또 다른 분류 체계는 Friedman 등<sup>18)</sup>에 의해 제안되었다. 그것은 윤상갑상근에 삽입되기 전에 상후두신경 외측분지의 해부학에 초점을 맞추고 있다. Friedman의 분류 체계는 Cernea 등이 제안한 분류 체계를 대체하기 위한 것이 아니었다. 그것은 보완적인 분류 체계로 고려되어야 하며, 수술 중 신경의 식별에 유용하다. Friedman 등은 종말 분지 전의 상후두신경 외측분지의 주요 분지에 대해 세 가지 변이 등을 설

명했다.<sup>17)</sup>

## 상후두신경 외측분지의 생리

상후두신경 외측분지는 갑상연골을 윤상 연골 쪽으로 움직이는 윤상갑상근의 유일한 운동 신경이다. 그 결과 후두의 전교련(anterior commissure)와 후교련(posterior commissure) 사이의 거리를 증가시켜 성대의 길이와 tension이 증가하게 된다. 윤상 갑상 근육은 pars recta와 pars obliqua의 두 개의 근육으로 구성되며 이들 움직임의 조합으로 성대의 길이와 탄성이 조절된다.<sup>18)</sup> 성대 진동의 주파수와 음색은 성대의 탄성과 두께에 영향을 받는데 그것은 윤상갑상근과 갑상피열근의 vocalis 부분에 의해 결정된다. Vocalis 근육은 성대를 짧게 하고 두께를 증가시킨다. Hong 등은 윤상 갑상근의 영향으로 갑상선 수술 후 발성 시 기저주파수가 감소한다는 사실을 보고하였다.<sup>19)</sup> 윤상갑상근은 고 주파수에서 작동하며 주로 여성의 높은 음을 발성하게 한다. 이 근육 근처 절제 시 전기 소작술 등으로 인한 근 손상으로 인해 상후두신경의 손상이 발생할 수 있다. 또한 손가락 등으로 갑상선 윗 부위를 앞쪽으로 당길 때도 상후두신경이 손상 받을 수도 있으니 유의해야 한다.<sup>19,20)</sup>

## 상후두신경의 외측분지 손상 확인 법

상후두신경 외측분지손상은 임상적 증상 혹은 내시경 소견만으로 확진 하기 쉽지 않다. 상후두신경의 손상 시 뚜렷한 음성의 변화 없는 경우가 대부분이다. 여성에서 상후두신경의 손상은 발성 시 목소리 주파수가 낮아지고 쉽게 음의 피로와 음폭의 감소가 나타나서 특히 노래하는 데 영향을 받을 수 있다. 환자들은 주로 목소리가 약하고 답답한 느낌 그리고 발성 시 더 많은 노력을 필요로 한다.<sup>22)</sup> 상후두신경 손상으로 인한 음성의 변화는 진단하기가 어려운데 기관 삼관으로 인한 후두 부종 및 손상으로 쉽게 여겨지기 때문으로 생각된다.<sup>20)</sup> 후두경 소견으로는 손상 측 성대가 낮은 위치에 위치하고 성대가 환측으로 경사지며 성문 후측에 비정상적인 틈을 보이기도 하지만 이러한 소견이 나타나지 않는 경우가 대부분으로 알려져 있다. 확진은 윤상 갑상근의 근

전도로 알 수 있으나 실제 모든 환자에서 후두 근전도를 시행하기란 쉽지 않다. 수술 후 음성장애를 상후두신경의 외측 분지 손상으로 설명하기는 쉽지 않은데 그것은 후두경 검사에서 변화를 발견하기가 쉽지 않고 음성장애 또한 초기에 심하지 않기 때문이다.<sup>22)</sup>

## 상후두신경의 외측분지 박리 방법

상 갑상혈관을 박리 및 결찰하는 동안 상후두신경 외측분지의 잠재적 손상을 최소화하기 위한 몇 가지 방법들이 있다. 첫 번째로 육안으로 신경을 확인하지 않고 갑상선을 피막 위의 상 갑상혈관의 분지들을 개별 결찰하는 방법,<sup>7)</sup> 두 번째로 갑상선 상극을 결찰 전에 흉골갑상근-후두 삼각형에서 신경을 확인하는 방법, 마지막으로 수술 중 신경 감시법으로 상후두신경 외측분지를 확인하는 방법이 있다.<sup>5,8,10,23-25)</sup>

## 상후두신경의 외측분지 수술 중 신경 감시 방법

윤상 갑상 근육의 떨림(Cricothyroid muscle twitching) 확인 법

첫 번째 양성 자극법으로 갑상선 상극의 위쪽 내측으로 존재하는 상후두신경 외측분지를 적극적으로 찾아 자극하여 윤상갑상근의 떨림을 시각적으로 확인하는 방법, 두 번째는 음성 자극법으로 분할된 갑상선 상극의 혈관 등을 자극하여 윤상갑상근의 떨림이 없는 것을 확인하는 방법이다. 이 방법은 수술 중 신경감시법의 사용이 부주의한 신경 손상의 위험을 감소시키고 상후두신경 외측분지의 식별 속도를 향상시킬 수 있음을 여러 연구들에 의해 발표되었다.<sup>8,10,23-25)</sup> 최근에는 탈부착이 가능한 신경 프로브를 수술기구에 부착하여 상갑상혈관을 결찰시 윤상갑상근의 떨림이 없는 것을 확인하고 갑상선 상극을 결찰하는 방법이 있어 수술 중 실시간 신경감시가 가능한 방법으로 소개되었다.<sup>26-28)</sup>

Selvan 등은 35명의 환자에서 신경 자극과 윤상갑상근의 근전도를 사용하여 상후두신경 외측분지를 모두 발견하였다. 이 연구에서 신경을 전기적으로 자극하기 전에 시각적으로 찾았을 때 위양성률이 높게 나왔다.<sup>29)</sup>

윤상갑상근이나 하인두 수축근의 비신경성 섬유나 건(tendinous) 섬유가 상후두신경 외측분지로 착각되어 자극하였으나 근전도 반응이 나타나지 않아 신경이 아닌 것으로 판명되는 경우들이 많았다. 이것은 근전도 확인 없이 상후두신경 외측분지의 오직 시각적으로 확인할 경우 신경확인애 있어 완벽하지 않다는 것을 말해주고 이 방법은 신경 확인 뿐 아니라 보존에도 도움을 준다. 즉 모든 Cernea 신경 유형을 식별하는데 도움이 된다.<sup>10)</sup>

### 성대 근전도 법

반회 후두신경 감시법과 달리 상후두신경 외측분지 수술 중 감시 법은 모든 환자에서 존재하는 윤상 갑상근의 떨림과 환자의 70~80%에서 나타나는 삼관 튜브의 표면전극을 이용한 성대 근전도 법이 있다. Human communicating nerve는 많은 연구들에서 85%까지 발견된다고 보고하였다.<sup>30,31)</sup> 그 결과 갑상선 수술 중 상후두신경 외측분지를 자극하면 70~80%의 경우 성대 근전도 파형이 나타나 상후두신경 외측분지를 확인하고 보존할 수 있다.<sup>12)</sup> 그러나 이 방식은 환자의 자세나 술식 등으로 인해 기관삽관 튜브의 위치가 변할 수 있어 근전도가 위음성이 나올 가능성을 고려해야 한다. 또한 성대 근전도 확인법은 우리나라의 경우 반회 후두신경의 손상위험도가 큰 경우에만 보험적용이 되고 아직 상후두신경 외측분지 보존을 위한 적용 기준은 없는 상태이다. 그러므로, 전문적인 음성인이나 반회후두신경의 위험도가 큰 환자에서 적용하였을 경우 상후두신경 외측분지보존에 도움이 될 것으로 생각된다.

### 신경 감시 장비 사용법

마취, 장비 설정, 기관 내 튜브 배치 및 올바른 튜브 위치 확인을 위한 표준은 반회 후두신경 모니터링과 마찬가지로 상후두신경 외측분지에서도 동일하게 적용된다.<sup>4)</sup> 모니터링은 100 uV에서 적절한 이벤트 임계 값으로 설정해야 하며 신경 자극은 1~2 mA의 값으로 설정해야 한다. 시각적으로 식별된 상후두신경 외측분지의 확인을 위해 1 mA의 전류를 사용하고 상후두신경 외측분지 매핑의 경우 최대 2 mA까지 사용할 수 있다. 신경 프로브를 통해 4 Hz에서 100 us의 지속 시간을 갖는 박동성 자극이 적용된다.

후두의 검사에서 음성 증상의 다양성과 미묘하고 다양한 결과를 감안할 때 상후두신경 외측분지 손상을 진단하는 유일한 확실한 방법은 윤상갑상근 근전도이다. 보고된 상후두신경 외측분지 마비는 0%에서 58%로 매우 다양하다. 그러므로 상후두신경 외측분지 손상은 갑상선 수술 후 가장 흔히 과소 평가될 것으로 생각된다.<sup>1,32,33)</sup> 최근 몇 년 동안 수술 중 신경감시법의 사용이 증가함에 따라 신경의 식별 및 기능 보존 비율은 향상되었다.<sup>5,9,10)</sup>

## 결 론

갑상선 수술 시 상후두신경의 외측분지를 발견하는 것은 시간이 걸리고 쉽지 않으며 증상이 뚜렷하지 않아 반회 후두신경과 달리 적극적으로 찾기보다는 일부러 찾지 않는 경향이 있어왔다. 그러나 여러 문헌들에 따르면 갑상선 수술 중 상후두신경 외측분지를 육안적 확인하여 보존하지 않은 경우 일시적 마비가 12~58%까지 발생할 수 있고 영구적 마비도 발생할 수 있다는 보고들이 있다. 그러므로 전문 음성인의 갑상선 수술 시 흉골갑상근-후두 삼각형에 존재하는 상후두신경 외측분지를 자극하여 윤상갑상근 떨림을 확인하는 것이 필요하다. 이와 함께 표면 전극이 부착된 기관 삽관 튜브가 적용된 경우 성대 근전도를 함께 수술 중 신경감시법으로 이용한다면 상후두신경 외측분지 확인 및 기능적 보존을 위해 도움이 될 것으로 생각된다.

중심 단어 : 갑상선 절제술 · 상후두신경 외측분지 · 수술 중 신경 감시법.

## REFERENCES

- 1) Jansson S, Tisell LE, Hagne I, Sanner E, Stenborg R, Svensson P. Partial superior laryngeal nerve (SLN) lesions before and after thyroid surgery. World Journal of Surgery 1988;12:522-7.
- 2) Bevan K, Griffiths MV, Morgan MH. Cricothyroid muscle paralysis: its recognition and diagnosis. The Journal of Laryngology and Otology 1989;103:191-5.
- 3) Teitelbaum BJ, Wenig BL. Superior laryngeal nerve injury from thyroid surgery. Head & Neck 1995;17:36-40.
- 4) Randolph GW, Dralle H; International Intraoperative Monitoring Study Group, Abdullah H, Barczynski M, Bellantone R, Brauckhoff M, et al. Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid sur-



- gery: international standards guideline statement. *The Laryngoscope* 2011;121 Suppl 1:S1-16.
- 5) Cernea CR, Ferraz AR, Furlani J, Monteiro S, Nishio S, Hojaj FC, et al. Identification of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy. *American Journal of Surgery* 1992;164:634-9.
  - 6) Lore JM Jr, Kokocharov SI, Kaufman S, Richmond A, Sundquist N. Thirty-eight-year evaluation of a surgical technique to protect the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy. *The Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology* 1998;107:1015-22.
  - 7) Bellantone R, Boscherini M, Lombardi CP, Bossola M, Rubino F, De Crea C, et al. Is the identification of the external branch of the superior laryngeal nerve mandatory in thyroid operation? Results of a prospective randomized study. *Surgery* 2001;130:1055-9.
  - 8) Cernea CR, Ferraz AR, Nishio S, Dutra A Jr, Hojaj FC, dos Santos LR. Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve. *Head & Neck* 1992;14:380-3.
  - 9) Jonas J, Bahr R. Neuromonitoring of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroid surgery. *American Journal of Surgery* 2000;179:234-6.
  - 10) Barczynski M, Konturek A, Stopa M, Honowska A, Nowak W. Randomized controlled trial of visualization versus neuromonitoring of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy. *World Journal of Surgery* 2012;36:1340-7.
  - 11) Masuoka H, Miyauchi A, Higashiyama T, Yabuta T, Fukushima M, Ito Y, et al. Prospective randomized study on injury of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy comparing intraoperative nerve monitoring and a conventional technique. *Head & Neck* 2015; 37:1456-60.
  - 12) Barczyński M, Randolph GW, Cernea CR, Dralle H, Dionigi G, Alesina PF, et al. External branch of the superior laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: International Neural Monitoring Study Group standards guideline statement. *The Laryngoscope* 2013;123 Suppl 4:S1-14.
  - 13) Moosman DA, DeWeese MS. The external laryngeal nerve as related to thyroidectomy. *Surgery, Gynecology & Obstetrics* 1968;127:1011-6.
  - 14) Wu BL, Sanders I, Mu L, Biller HF. The human communicating nerve. An extension of the external superior laryngeal nerve that innervates the vocal cord. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery* 1994;120:1321-8.
  - 15) Nasri S, Beizai P, Ye M, Sercarz JA, Kim YM, Berke GS. Cross-innervation of the thyroarytenoid muscle by a branch from the external division of the superior laryngeal nerve. *The Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology* 1997; 106:594-8.
  - 16) Sanudo JR, Maranillo E, Leon X, Mirapeix RM, Orus C, Quer M. An anatomical study of anastomoses between the laryngeal nerves. *The Laryngoscope* 1999;109:983-7.
  - 17) Friedman M, LoSavio P, Ibrahim H. Superior laryngeal nerve identification and preservation in thyroidectomy. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery* 2002;128:296-303.
  - 18) Hong KH, Ye M, Kim YM, Kevorkian KF, Kreiman J, Berke GS. Functional differences between the two bellies of the cricothyroid muscle. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 1998;118:714-22.
  - 19) Hong KH, Kim YK. Phonatory characteristics of patients undergoing thyroidectomy without laryngeal nerve injury. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 1997;117:399-404.
  - 20) Dursun G, Sataloff RT, Spiegel JR, Mandel S, Heuer RJ, Rosen DC. Superior laryngeal nerve paresis and paralysis. *Journal of Voice: Official Journal of the Voice Foundation* 1996;10:206-11.
  - 21) Roy N, Smith ME, Dromey C, Redd J, Neff S, Grennan D. Exploring the phonatory effects of external superior laryngeal nerve paralysis: an in vivo model. *The Laryngoscope* 2009;119:816-26.
  - 22) Sinagra DL, Montesinos MR, Tacchi VA, Moreno JC, Falco JE, Mezzadri NA, et al. Voice changes after thyroidectomy without recurrent laryngeal nerve injury. *Journal of the American College of Surgeons* 2004;199:556-60.
  - 23) Dionigi G, Boni L, Rovera F, Bacuzzi A, Dionigi R. Neuromonitoring and video-assisted thyroidectomy: a prospective, randomized case-control evaluation. *Surgical Endoscopy* 2009;23:996-1003.
  - 24) Lifante JC, McGill J, Murry T, Aviv JE, Inabnet WB 3rd. A prospective, randomized trial of nerve monitoring of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy under local/regional anesthesia and IV sedation. *Surgery* 2009;146:1167-73.
  - 25) 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. *The Laryngoscope* 2009;119:597-601.
  - 26) Sung ES, Lee JC, Shin SC, Choi SW, Jung DW, Lee BJ. Development of a Novel Detachable Magnetic Nerve Stimulator for Intraoperative Neuromonitoring. *World Journal of Surgery* 2018;42:137-42.
  - 27) Sung ES, Lee JC, Kim SH, Shin SC, Jung DW, Lee BJ. Development of an Attachable Endoscopic Nerve Stimulator for Intraoperative Neuromonitoring during Endoscopic or Robotic Thyroidectomy. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 2018;158:465-8.
  - 28) Shin SC, Sung ES, Choi SW, Kim SD, Jung DW, Kim SH, et al. Feasibility and safety of nerve stimulator attachment to energy-based devices: a porcine model study. *Int J Surg* 2017;48:155-9.
  - 29) Selvan B, Babu S, Paul MJ, Abraham D, Samuel P, Nair A. Mapping the compound muscle action potentials of cricothyroid muscle using electromyography in thyroid operations: a novel method to clinically type the external branch

- of the superior laryngeal nerve. *Annals of Surgery* 2009; 250:293-300.
- 30) Maranillo E, Leon X, Quer M, Orus C, Sanudo JR. Is the external laryngeal nerve an exclusively motor nerve? The cricothyroid connection branch. *The Laryngoscope* 2003;113: 525-9.
- 31) Morton RP, Whitfield P, Al-Ali S. Anatomical and surgical considerations of the external branch of the superior laryngeal nerve: a systematic review. *Clinical Otolaryngology: Official Journal of ENT-UK; Official Journal of Netherlands Society for Oto-Rhino-Laryngology & Cervico-Facial Surgery* 2006;31:368-74.
- 32) Kark AE, Kissin MW, Auerbach R, Meikle M. Voice changes after thyroidectomy: role of the external laryngeal nerve. *British Medical Journal (Clinical research ed)* 1984;289: 1412-5.
- 33) Aluffi P, Policarpo M, Cherovac C, Olina M, Dosdegani R, Pia F. Post-thyroidectomy superior laryngeal nerve injury. *European archives of oto-rhino-laryngology: official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology-Head and Neck Surgery* 2001; 258:451-4.