

## 두경부외과 수술시 술 중 안면신경 감시

순천향대학교 의과대학 부천병원 이비인후과학교실

고 윤 우

### Intraoperative Surveillance of Facial Nerve during Head and Neck Surgery

Yoon Woo Koh, M.D.

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Soonchunhyang University  
College of Medicine, Bucheon Hospital, Bucheon, Korea

#### 서 론

안면신경의 마비는 두경부종양 수술후에 발생하는 심각한 합병증 중의 하나이다. 안면신경 마비의 이환률은 신경손상의 정도와 신경손상의 위치에 따라 차이가 나며 신경손상의 정도는 단기간의 경미하고 부분적인 부전마비(paresis)로부터 심각한 후유증을 남기는 영구적인 완전마비(paralysis)까지 다양하다. 영구적인 안면신경마비의 경우에는 심각한 미용적인 변형 및 구강기능 부전과 실명까지 이르는 각막손상 등의 기능장애까지 유발할 수 있다<sup>1)</sup>. 2003년 Lydiatt 등<sup>2)</sup>이 1985년부터 2000년까지 미국내의 약 15년간 안면신경손상과 관련된 의료소송을 분석한 보고에 의하면 이하선절제술과 연관된 소송이 가장 많았을 정도로 이하선절제술로 인해 발생하는 안면신경마비는 환자와 의사 모두에게 치명적일 수 있다(Fig. 1).

두경부외과외가 경험하는 수술 중 안면신경을 가장 흔하게 접하게 되는 경우는 이하선절제술이며 1907년에 Thomas Carwadine에 의해서 안면신경을 보존하며 이하선조직을 제거하는 것이 이하선절제술의 표준치료법으로 자리잡게 되었다<sup>3)</sup>. 이하선절제술은 수많은 두경부외과외에 의해 시행되고 있지만 종양의 다양한 병리소견과 안면신경의 손상가능성 때문에 술자의 많은 경험이 요구되는 수술 중의 하나이다. 보고에 의하면 이하선절제술 후의 일시적인 안면신경마비는 9~100%이며 영구적인 안면신경마비는 0~29%이다<sup>4-7)</sup>.

영구적인 안면신경마비의 경우 술 전에 이미 마비가 있었던 경우와 술 중 종양학적인 이유로 고의로 신경을 절제한 경우를 제외하면 이하선절제술 후의 영구적인 안면신경마비는 약 4~5%로 보고되고 있다<sup>8-10)</sup>. 일시적인 안면신경의 마비는 하악분지(marginal mandibular branch)에서 가장 흔하게 발생한다고 알려져있다(Fig. 2).

안면신경손상이 발생할 수 있는 위험인자로써는 재수술, 고령, 수술의 범위, 염증이 동반된 상태, 수술시간, 악성종양의 경우 등 다양하지만 현재까지 특정 위험인자에 대한 정설은 없는 실정이다<sup>5-9)</sup>.

근전도를 이용한 술 중 안면신경감시[Intraoperative facial nerve monitoring using an electromyography (EMG)]는 초기에 이신경학적 수술(neurotologic surgery)을 위해서 사용되기 시작하였다. 이 방법은 수술 중에 위험에 노출된 신경에 의해 지배되는 근육들을 감시하는 것으로 운동신경에 가해지는 기계적인 자극은 neurotonic discharge라 불리는 운동단위전위(motor unit potentials)의 파열을 유발하게 되며 이것이 술자에게 경고를 하게 되어 이론적으로 안면신경의 심각하거나 불가역적인 손상을 예방할 수 있게 된다. 청신경종양 수술시 그 유용성이 입증되어 있지만 이하선절제술시의 유용성에 대해서는 아직 이견이 있는 실정이다<sup>11-13)</sup>.

#### 안면신경 감시의 발달사

역사적으로 안면신경 감시장치의 개발은 이신경학적 수술시의 안면신경보존의 필요성에 의해서 발달되어 왔다. 1898년 Krause가 이신경학적 수술시 전기자극에 의해 안면근육이 움직인다는 것을 처음으로 보고하면서 안면신경 감시가

교신저자 : 고유우, 420-021 경기도 부천시 원미구 중동 1174  
순천향대학교 의과대학 부천병원 이비인후과학교실  
전화 : (032) 621-5438 · 전송 : (032) 621-5016  
E-mail : ywkohent@schbc.ac.kr

시작되었다<sup>14)</sup>. 20세기의 초반에는 안면신경의 자극시 안면 근육의 움직임을 직접 관찰 또는 직접 손으로 촉지하는 방법을 이용하거나 환자의 안면부에 벨을 고정하여 안면근육의 움직임을 확인하고자 하였다<sup>15)</sup>. 1979년에는 Delgado가 술 중 근전도를 이용한 안면신경 감시장치를 소개하게 되었다. 수술 중에 탐색자(probe)를 이용하여 안면신경을 자극하면 안면근육에 부착된 전극에서 유발전위를 감지하는 방법으로 오실로스코프(전류, 빛, 음향 따위의 진동상태를 가시(可視)곡선으로 나타내거나 기록하는 장치)을 이용하여 안면신경의 활동성을 감시하였다<sup>16)</sup>. 1982년에는 Sugita와 Kobayashi가 안면근육의 움직임을 청각신호로 변환시키는 장치를 개발하였다<sup>17)</sup>. 1984년에는 Moller와 Jannetta가 근전도와 청각신호를 결합시킨 안면신경 감시장치를 소개하였다<sup>18)</sup>. 그 이후로 많은 연구자들이 기존의 감시장치의 개선을 통하여 안면신경 감시장치의 괄목한 발전에 기여하였다.

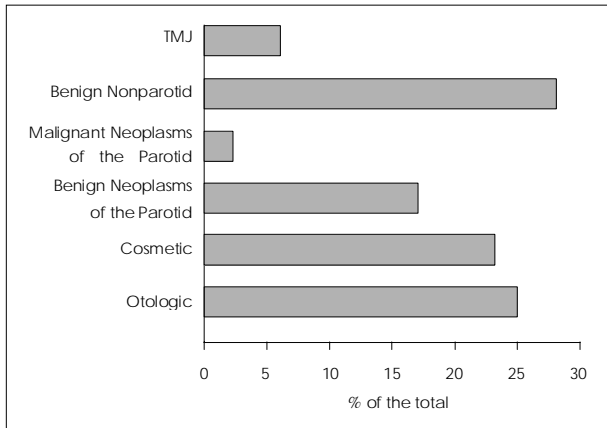


Fig. 1. Surgical category of medical malpractice associated with facial nerve paralysis. TMJ indicates temporomandibular joint ; benign nonparotid, nonneoplastic disease of the parotid or other benign conditions of the head and neck.



Fig. 2. The marginal mandibular branch of the right side facial nerve.

## 근전도검사의 원리

운동신경의 감시를 위한 여러가지 방법들이 상용화되어 있지만 근전도를 이용한 시스템이 가장 보편화되어 있다. 근전도는 근섬유의 전기적인 활동성을 감지하여 운동신경의 상태를 확인하는 장치이다. 따라서, 술 중 안면신경 감시를 이해하기 위해서는 근전도검사의 원리를 이해하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

근전도검사는 관심이 있는 근육의 전기적인 활동성을 측정하는 것으로 근육에 위치한 세침전극에 의해 감지되는 전기적인 활동을 기록한다. 이에 의해 증폭된 변압차가 오실로스코프 상에 나타난다. 감극파(wave of depolarization)가 한 전극에 도달하면 전극이 음극(negative)이 되고 오실로스코프 상에서 하측의 편향으로 표현되고 두번째 전극의 감극(depolarization)시에는 동일한 편향이 상측으로 나타나게 되어 결과적으로 근육의 전기적인 활동성은 이상성 전기파(biphasic electrical waveforms)의 형태로 표현된다. 단일 원심성 신경섬유(single efferent nerve fiber)에 대한 단일 근섬유의 전기적인 반응을 운동단위전위(motor unit potentials)이라 하고, 운동신경에 의해 자극되는 모든

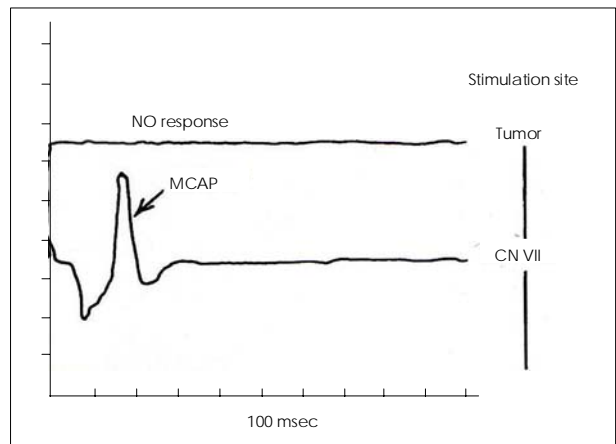


Fig. 3. Intraoperative recordings of evoked electromyography of the facial nerve in response to stimulation of the facial nerve and tumor.

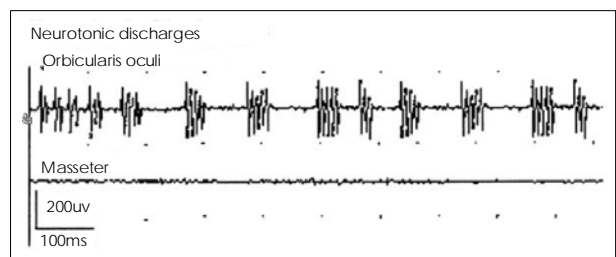


Fig. 4. Neurotonic discharges recorded in the orbicularis oculi muscle. The discharges were evoked by inadvertent mechanical stimulation of the facial nerve during tumor dissection.

근섬유의 총체적 전압차를 복합근활동전위(compound muscle action potential, CMAP)라 한다. 즉, 복합근활동전위는 각각의 운동단위전위(motor unit potentials)의 총합을 의미한다(Fig. 3). 따라서 기준 근전도 활동의 증가는 neurotonic discharge로 표현하며 이는 박리, 견인, 온도차 등에 의해 신경이 자극되고 있다는 신호이다(Fig. 4).

### 안면신경 마비의 기전

안면신경마비의 발생은 수술의 범위(superficial vs. total parotidectomy), 수술 중 안면신경 분지의 절단, 병리조직 검사, 종양의 크기, 수술시간 그리고 환자의 나이 등 여러 인자들이 관여하는 것으로 알려져 있지만 각각의 중요성에 대해서는 이견이 있는 실정이다. Patey<sup>19)</sup>는 이하선절제술 후에 발생하는 안면신경마비를 다음의 세가지로 분류하였다. 1) 안면신경 분지의 계획적인 절제 2) 부주의로 인해 안면신경 분지가 절단되었으나 술자가 이를 인식하고 있는 경우 3) 신경의 해부학적 형태가 유지되지만 불확실한 원인에 의해 안면신경 마비가 발생한 경우 등이다. 한편, 수술시 안면신경에 가해지는 기계적인 외상(mechanical trauma)은 압박(compression), 압쇄(crushing), 신장(Stretching)의 세가지로 분류된다<sup>20)</sup>. 이하선절제술시 주의깊은 안면신경의 박리가 이루어 진다면 압박이나 압쇄에 의한 손상은 거의 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 가장 흔한 원인이 안면신경의 신장에 의한 손상이며(Fig. 5) 최근의 연구에

의하면 안면신경의 약 6% 연장(elongation)에 의하여 신경다발막(perineurium)의 파열이 발생하고 이로인한 신경의 부종이 신경으로의 미세순환(microcirculation)을 저해하고 불가역적인 신경손상이 발생한다고 한다<sup>21)</sup>. 이러한 일련의 과정에서 육안상 신경은 정상처럼 관찰된다는 점에 술자는 유의해야 한다.

### 술 중 안면신경의 감시

현재까지 이하선절제술시 술 중에 시행하는 안면신경 감시의 효과에 대한 전향적인 무작위 연구가 없었기 때문에 술 중 안면신경 감시장치의 유용성에 대한 이견이 많은 실정이다. 다양한 연구들이 술 중 감시를 한 경우와 감시를 하지 않은 경우를 비교했을 때 술 후 영구적인 안면신경의 마비의 발생에는 큰 차이가 없었던 것으로 보고하고 있다<sup>5)22)23)</sup>. 최근의 한 연구에서도 술 중의 안면신경의 감시가 술 후의 안면신경의 기능을 예측하는 데에 도움이 되지 않는다고 보고하였다<sup>24)</sup>. 즉, 이하선절제술을 시행받은 환자 중 약 65%에서 일시적인 혹은 영구적인 안면신경마비가 발생하였지만 실제로 술 중 근전도를 이용한 안면신경 감시에서는 약 16%에서만 이상소견이 탐지되었다고 한다. 따라서, 술 중 전기생리학적인 감시장치의 사용이 수술 중 발생할 수 있는 의인성 안면신경의 손상을 감소시킨다는 객관적인 증거는 없는 실정이다.

술 중 지속적인 근전도를 이용한 안면신경의 감시장치를



Fig. 5. While crushing or compression of facial nerve branches could occur, it seems to be a rare phenomenon in careful parotidectomy. The most probable mechanical factor involved is nerve stretching.

사용하는 이론적인 배경은 심각하거나 불가역적인 안면신경의 손상을 예방하기 위해 안면신경에 근접하면 술자에게 즉각적인 신호를 보내준다는 점이다. 근전도검사는 둔한 기계적인 외상에는 예민하게 반응하지만 신경이 예리하게 절단된 경우에는 근전도상에서 감지가 안될 수도 있다. 즉, 신경이 절단된 후에도 신경의 말단부위가 활성화되어 근전도상에 유발 근전도가 감지되어 신경의 연속성이 유지되는 것으로 위양성의 결과가 발생할 수 있다. 또한 건강한 축삭(axon)이 절환에 의해서 이미 손상된 축삭보다 자극에 대해서 근전도반응이 보다 잘 탐지된다. 그외 근전도검사에 영향을 미치는 인자들로는 얇은 마취(light anesthesia), 전기소작, 신경근육 차단(neuromuscular blockade), 냉세척

(cold irrigation) 등이 있다<sup>11)13)</sup>. 이러한 인자들이 술 중 안면신경 감시장치의 신뢰도에 영향을 미친다고 할 수 있다. Lowry 등<sup>25)</sup>이 3,139명의 두경부외과의를 대상으로 한 미국의 한 조사에 의하면 약 60%가 술 중 안면신경 감시를 시행하고 있으며 그 이유로는 1) 신경의 확인에 도움을 줌 2) 법의학적 문제(medicolegal problem)에 대비 3) 안면신경 감시장치를 사용하는 것이 표준치료라고 생각함 등이었다. 한편, 감시장치를 사용하지 않는 경우에는 1) 불필요 2) 해부학적 술기와 지식으로 충분함 3) 감시장치의 위양성결과 4) 감시장치에 대한 불신 등이 그 이유였다. 그러나 안면신경을 다루는 이과 혹은 이신경학적 수술시에는 안면신경의 술 중 감시장치의 사용이 보편화되어 있고 두경부외과의 중에서도 술 중 안면신경 감시장치의 사용이 적지않은 실정이다.

현재 보편적으로 사용되는 술 중 안면신경 감시장치(NIM-2, Xomed® : the Nerve Integrity Monitoring System)는 2개의 단극 근전도전극(Fig. 6)을 이용하여 술 중 지속적으로 안면신경을 감시하는 근전도에 기반을 둔 감시장치이다. 즉, 2개의 근전도 전극을 입둘레근(orbicularis oris)과 눈둘레근(orbicularis oculi)(안면근육의 운동성 중 eye closure와 mouth closure가 가장 중요하므로)에 각각 위치시키고 스피커와 모니터의 스크린을 이용한 청각적인 경고음과 시각적인 파형을 통하여 술자에게 안면신경의 근접을 경고해주게 된다(Fig. 7). 안면신경은 하나의 다발로 이차선실질속으로 들어가서 실질내에서 5개의 분지로 갈라진다. 각

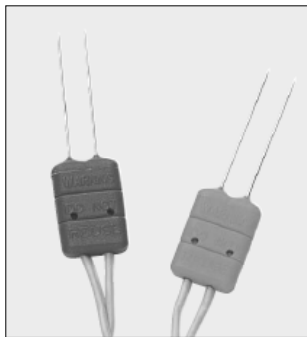


Fig. 6. Paired electromyography electrodes.

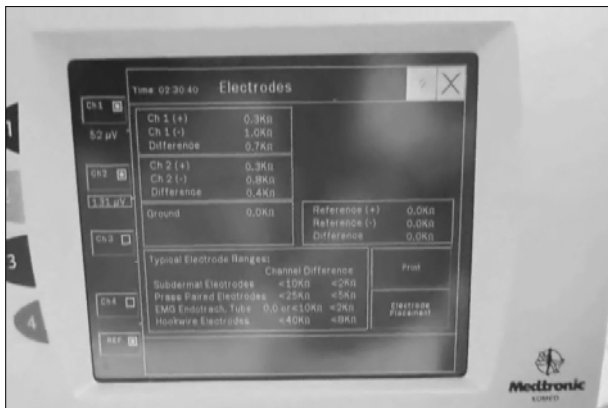


Fig. 7. Monitor of intraoperative facial nerve monitoring system based on EMG.

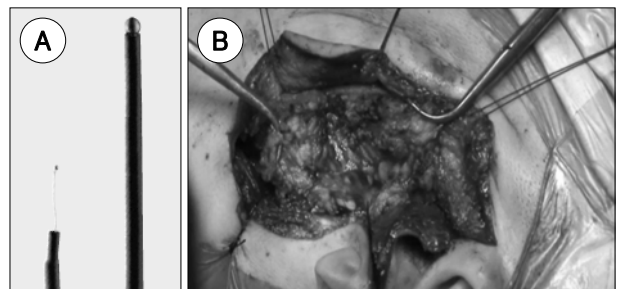


Fig. 9. Stimulation probe. A : Various types of probe, B : The facial nerve trunk is stimulated with probe.

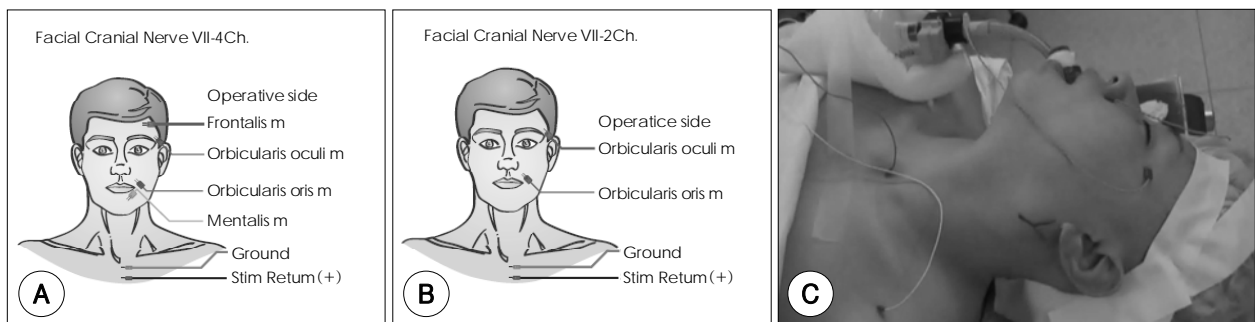


Fig. 8. Electrode placement. A : Four channel facial nerve monitoring system. B, C : Two channel facial nerve monitoring system.

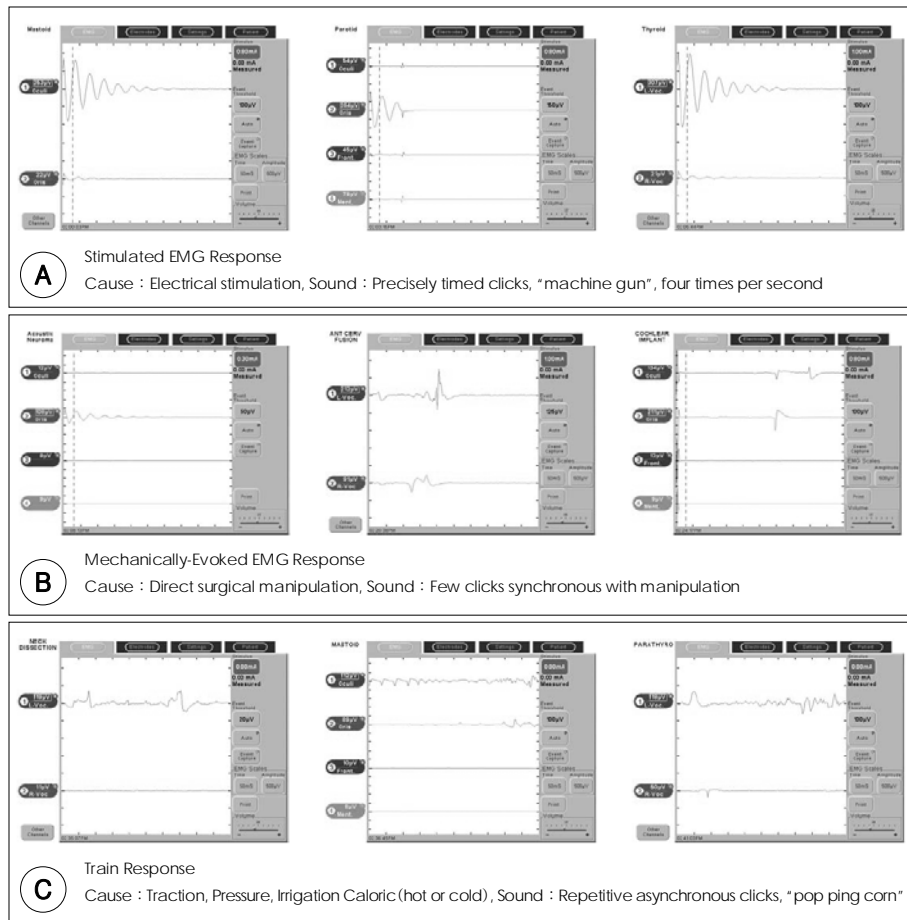


Fig. 10. Examples of EMG responses. A : Electrical stimulation. B : Mechanically evoked EMG response. C : Train response.

각의 분지를 감시하기 위해서는 신경분지가 분포하는 각각의 근육에 전극이 위치해야 한다. 이를 위해 4 채널시스템의 안면신경 감시장치를 이용하기도 하지만(Fig. 8A) 대개는 2채널시스템을 이용하여 이하선절제술시 안면신경의 상분지와 하분지를 각각 독립적으로 감시하게 된다(Fig. 8B, C). 안면신경의 자극은 탐색자(probe)에 의해서 직접적으로 이루어지거나 수술시의 조작에 의해 간접적으로 이루어진다. 자극 탐색자(stimulation probe)는 미리 정해진 강도와 기간의 자극을 안면신경에 전달하고 수시로 변하는 수술환경에서 기능을 하도록 설계되었다(Fig. 9).

실제로 술 중 안면신경 감시장치를 이용시 다양한 반응이 나타난다(Fig. 10). 탐색자에 의해 신경을 자극시에는 “machine gun”처럼 초당 약 4회정도의 클릭음이 발생하며 Fig. 10A와 같은 근전도 소견이 나타난다. 직접적으로 수술조작에 의해 자극이 되는 경우에는 조작과 동시에(synchronous) 수차례의 클릭음이 들리며 Fig. 10B와 같은 근전도 소견이 나타난다. 한편 안면신경이 견인, 압박, 세척 등에 의해 자극되면 반복적인 비동시성(asynchronous)의 클릭음이 들리게 되면 Fig. 10C의 근전도소견이 관찰된다.

## 결론

과연 술 중 안면신경에 대한 전기생리학적 감시장치를 시행하는 것이 표준치료(standard of care)인가에 대해서는 아직까지는 이견이 많은 실정이며 이러한 감시장치는 안면신경의 탐색시 발견한 신경에 대한 검증장치로서의 의미가 크며 이러한 감시장치가 이하선절제술을 비롯한 안면신경을 다루는 두경부외과 수술을 위해 반드시 필요한 해부학적 지식과 술기의 습득을 대신할 수는 없을 것이다.

**중심 단어 :** 안면신경 · 근전도.

## References

- 1) Brennan J, Moore EJ, Shuler KJ: *Prospective analysis of the efficacy of continuous intraoperative nerve monitoring during thyroidectomy, parathyroidectomy, and parotidectomy.* *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2001;124 (5):537-543
- 2) Lydiatt DD: *Medical malpractice and facial nerve paralysis.* *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2003;129 (1):50-53

- 3) Dulguerov P, Marchal F, Lehmann W: *Postparotidectomy facial nerve paralysis: possible etiologic factors and results with routine facial nerve monitoring. Laryngoscope. 1999;109:754-762*
- 4) Reilly J, Myssiorek D: *Facial nerve stimulation and postparotidectomy facial paresis. Otolaryngol Head Neck Surg. 2003;128:530-533*
- 5) Terrell JE, Kileny PR, Yian C, et al: *Clinical outcome of continuous facial nerve monitoring during primary parotidectomy parotidectomy. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1997;157:1081-1087*
- 6) Witt RL: *Facial nerve function after partial superficial parotidectomy: an 11-year review (1987-1997). Otolaryngol Head Neck Surg. 1999;121:210-213*
- 7) Mra Z, Komisar A, Biaugrund SM: *Functional facial nerve weakness after surgery for benign parotid tumors: a multivariate statistical analysis. Head Neck. 1993;15:147-152*
- 8) Laccourreye H, Laccourreye O, Cauchois R, et al: *Total conservative parotidectomy for primary benign pleomorphic adenoma of the parotid gland: a 25-year experience with 229 patients. Laryngoscope. 1994;104:1487-1494*
- 9) Dulguerov P, Marchal F, Lehmann W: *Postparotidectomy facial nerve paralysis: possible etiologic factors and results with routine facial nerve monitoring. Laryngoscope. 1999;109:754-762*
- 10) Gooden E, Witterick IJ, Hacker D, et al: *Parotid gland tumours in 255 consecutive patients: Mount Sinai Hospital's quality assurance review. J Otolaryngol. 2002;31:351-354*
- 11) Harper MC, Daube JR: *Facial nerve electromyography and other cranial nerve monitoring. J Clin Neurophysiol. 1998;15:206-216*
- 12) Roland PS, Meyerhoff WL: *Intraoperative facial nerve monitoring: what is its appropriate role? Am J Otol. 1993;14:1*
- 13) Anon JB, Lipman SP, Guelcher RT, Sibley DA: *Monitoring the facial nerve during parotidectomy. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1991;117:20*
- 14) Kause F: *Surgery of the brain and spinal cord. Vol. II. New York: Rebman, 1912*
- 15) Williams JD, Lehman R: *Bells against palsy. Am J Otol. 1988; 9 (1):81-82*
- 16) Delgado TE, Bucheit WA, Rosenholtz HR, Chrissian S: *Intraoperative monitoring of facila muscle evoked responses obtained by intracranial stimulation of the facila nerve: a more accurate technique for facial nerve dissection. Neurosurgery. 1979;4 (5): 418-421*
- 17) Sugita K, Kobayashi S: *Technical and instrumental improvements in the surgical treatment of acoustic neurinomas. J Neurosurg. 1982;57 (6):747-752*
- 18) Møller AR, Jannetta PJ: *Preservation of facial function during removal of acoustic neuromas. Use of monopolar constant-voltage stimulation and EMG J Neurosurg. 1984;61 (4):757-760*
- 19) Patey DH: *Risk of facial paralysis after parotidectomy. BMJ. 1963;2:1100-1102*
- 20) Lundborg G, Rydevik B, Manthorpe M, Varon S, Lewis J: *Peripheral nerve: the physiology of injury and repair. In: Woo SLY, Buckwalter JA, eds. Injury and Repair of Musculoskeletal Soft Tissue. Park Ridge, Illinois: American Academy of Orthopedic Surgeons. 1987:297-352*
- 21) Grewal R, Xu J, Sotereanos DG, Woo SLY: *Biomechanical properties of peripheral nerves. Hand Clin. 1996;12:195-204*
- 22) Makeieff M, Venail F, Cartier C, et al: *Continuous facial nerve monitoring during pleomorphic adenoma recurrence surgery. Laryngoscope. 2005;115:1310-1314*
- 23) Witt RL: *Facial nerve monitoring in parotid surgery: the standard of care? Otolaryngol Head Neck Surg. 1998;119:468-470*
- 24) Meier JD, Wenig BL, Manders EC, Nenonene EK: *Continuous intraoperative facial nerve monitoring in predicting postoperative injury during parotidectomy. Laryngoscope. 2006;116 (9): 1569-1572*
- 25) Lowry RL, Thomas JG, Brennan JA: *Patterns of use of facial nerve monitoring during parotid gland surgery. Otolaryngol Head Neck Surg. 2005;133:313-318*