KISEP Otology Korean J Otolaryngol 2006;49:257-62

중이 및 유양동 수술에서의 체계적인 술중 안면신경 감시 ; 'Surgical Dehiscence'와 'Electrical Dehiscence'

아주대학교 의과대학 이비인후과학교실
조민정* · 박기현 · 모정윤 · 신유리 · 정연훈

Systematized Intraoperative Facial Nerve Monitoring in Middle Ear and Mastoid Surgery ; 'Surgical Dehiscence' and 'Electrical Dehiscence'

Min Jung Cho, MD*, Keehyun Park, MD, Jung Yun Mo, MD, You Ree Shin, MD and Yun-Hoon Choung, DDS, MD
[2]Department of Otolaryngology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : The use of intraoperative facial nerve monitoring (IOFNM) improves facial nerve outcomes in acoustic neuroma surgeries, but the role of IOFNM in middle ear and mastoid surgeries is poorly defined. This study was performed to evaluate the role of IOFNM in middle ear and mastoid surgeries and to systemize IOFNM. **Subjects and Method** : We carried out a prospective study of 83 patients who undertook middle ear and mastoid surgeries with IOFNM. We checked the facial nerve dehiscence and estimated its location and length using a surgical microscope ('surgical dehiscence'). We stimulated the facial nerve with constant current, unipolar stimulation using Nerve Integrity Monitor (NIM)-2^{TM} (Xomed ^{TM}, U.S.A.) and estimated the minimal threshold of electric current making the electromusculography of facial muscle changes. **Results** : Thirty six (43.4%) of 83 cases showed 'surgical dehiscence' and all responded to 0.7 mA or less of electrical stimulation. The most common site of 'surgical dehiscence' was middle portion of the tympanic segment. We defined the response to electrical stimulation within 0.7 mA as 'electrical dehiscence.' 'Electrical dehiscence' was presented in 63 (75.9%) cases and 82.5% of these cases responded to stimulation of 0.4 mA or less. The mean threshold of minimal electrical stimulation was 0.28 mA for tympanic segment and 0.48 mA for mastoid segment. **Conclusion** : "Electrical dehiscence" based on responses of electrical stimulation is safer than "surgical dehiscence," which is based on microscopic observation in middle ear and mastoid surgery. Based on this study, we recommend the electrical stimulation of 0.7 mA for first screening and 0.4 mA for second exploration in defining facial nerve using intraoperative NIM-2^{TM} monitoring in middle ear and mastoid surgeries. **(Korean J Otolaryngol 2006;49:257-62)**

KEY WORDS : Facial nerve · Middle ear · Mastoid · Intraoperative monitoring.

서 론

안면신경 마비의 원인은 매우 다양한데, 그 중에서도 예방이 가능한 것이 의인성 안면신경마비이다. 의인성 안면신경 마비의 빈도는 여러 문헌에서 보고되어 왔다. Wiet 등[1]이 일차적 이과 시술시(primary surgery)에 0.6~3.6%를, 재수술시(revision surgery)는 4~10%가 된다고 보고하였고, Nilssen 등[2]은 유양동 삭개술의 경우 약 1.7%에서 안면신경 마비가 발생한다고 보고하였다. 종합적으로 안면신경 마비가 1,000예당 1예로 보고되고 있으나, 보고되지 않은 것을 감안한다면 실제로는 100예당 1예 보다는 더 높을 것으로 생각된다.[3]

초기의 안면신경 감시(intraoperative facial nerve monitoring)는 수술 중에 사람이 직접 환자의 얼굴을 관찰하는 정확하지 못한 방법이었으나, Delgado 등[4]이 1979년에 처음으로 수술 중에 안면신경 감시를 위하여 근전도검

논문접수일 : 2005년 6월 17일 / 심사완료일 : 2005년 11월 22일
교신저자 : 정연훈, 442 - 791 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지 아주대학교 의과대학 이비인후과학교실
전화 : (031) 219 - 5263 · 전송 : (031) 219 - 5264
E - mail : yhc@ajou.ac.kr
*저자 현 소속 : 건양대학교 의과대학 이비인후과학교실

사(electromyography)를 도입한 이후, 기계의 발달과 상품화로 인하여 수술에 활발히 이용되면서 NIH(National Institutes of Health, U.S.A.)가 술중 안면신경 감시의 유용성을 인정하게 되었다.[5)6)] 현재는 현미경을 사용하여 안면신경의 노출(surgical dehiscence)을 눈으로 확인하거나, 근전도를 이용한 술중 안면신경감시를 통하여 눈에 보이지 않은 노출(electrical dehiscence)까지도 미세수술이 가능하게 되었다. 대표적인 것이 청신경 종양 수술로서 술중 안면신경 감시는 현재 보편화되어 있으며, 그외 뇌신경 수술의 경우 널리 사용되고 있다.[7-9)] 하지만 아직 중이 및 유양동 수술에서는 안면신경의 손상 가능성이 있음에도 불구하고 이에 대한 술중 감시의 역할 및 유용성에 관해서는 잘 알려진 바가 없다.[10)11)]

따라서, 본 연구는 전향적 연구를 통하여 중이 및 유양동 수술에서 안면신경의 ' surgical dehiscence 와 ' electrical dehiscence '를 분석하여 안면신경 감시의 역할을 평가하고, 중이 및 유양동 수술 중 안면신경 감시를 체계화하고자 한다.

대상 및 방법

2003년 4월부터 2004년 7월까지 본원에서 술중 안면신경 감시를 받으면서 중이 및 유양동 수술을 시행 받은 83명의 환자를 대상으로 전향적인 연구를 시행하였다. 술중 안면신경 감시는 Nerve Integrity Monitor(NIM)-2^{TM}(Xomed^{TM}, U.S.A.) 기계를 이용하였다.

한명의 술자가 수술도중 현미경을 보면서 가는 세침기구를 이용하여 확인한 안면신경 열개를 ' surgical dehiscence '로 정의하였으며, 그 길이와 위치를 확인하였다. 안면신경은 슬상신경절(geniculate ganglion), 고실분절(tympanic segment), 유돌분절(mastoid segment)로 구분하였으며, 고실분절은 등골을 중심으로, 유돌분절은 고삭신경 분기점을 중간 시작부위로 하여 각각 3부위로 세분하여 분석하였다(Fig. 1).

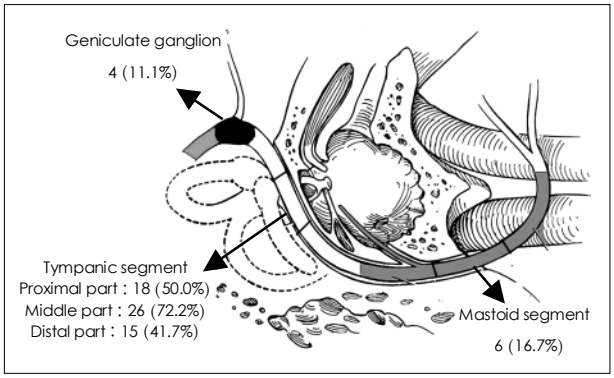

Fig. 1. Surgical dehiscence of the facial nerves according to the location. Most common site was the middle part of the tympanic segment.

정확한 술중 안면신경감시를 위해 수술중 근이완제의 사용을 금지하였다. 술중 안면신경감시는 쌍으로 된 2개의 세침전극(needle electrode)을 안구륜(orbicularis oculi muscle)과 구륜근(orbicularis oris muscle)에 꽂는 2 channel 방식을 이용하였다. 전극의 impedance는 5KΩ 이하로 전극간 imbalance는 0.5KΩ 이하로 하였다. 자극은 일정 전류(constant current) 방식의 단극자극(unipolar stimulation)을 사용하였으며, 자극빈도는 4pulse/초, 자극시간은 100 μs 이었다. 자극전류를 0.05 mA 간격으로 줄이면서 안면 근전도의 최소변화(경고음으로 판단함)를 유도할 수 있는 최소자극 전류를 측정하였다. 본 연구에서는 ' surgical dehiscence '로 판단된 모든 안면신경 열개가 최고 0.7 mA 이하의 자극에서 반응을 보였고, 0.8 mA 이상에서는 안면신경 위치와 열개에 상관없이 반응을 보임으로써, 본 연구에서는 0.7 mA 이하의 전기자극에 반응을 보인 경우를 ' electrical dehiscence '로 판정하였다.

결 과

환자의 평균 연령은 41.0세였으며, 최저 11세부터 최고 63세였고, 남녀비는 남자 45명, 여자 38명으로 유사하였다. 첫 번째 수술인 경우가 78예(94.0%), 재수술인 경우가 5예(6.0%)였으며, 질환별로는 만성 중이염이 21예(25.3%), 진주종성 중이염이 62예(74.7%)였다.

' Surgical dehiscence ' 분석

현미경을 사용하여 관찰한 안면신경 열개인, ' surgical dehiscence '는 83명의 환자 중 36명(43.4%)에서 관찰되었다(Fig. 2A). 안면신경 열개를 위치별로 분석하면 난원창 직상방의 고실분절 중간부위가 26예(72.2%)로 가장 많았으며, 유돌 분절은 6예(16.7%), 슬상신경절은 4예(11.1%)였다(Fig. 1). 질환별로 분석하면 진주종성 중이염 66예 중 33예(53.2%)에서, 만성 중이염 21예 중 3예(14.3%)에서 ' surgical dehiscence '를 확인하였다.

' Surgical dehiscence '를 보인 36예는 모두 0.7 mA이하의 자극에서 반응을 보였다. 반응을 보인 최소자극 역치를 보면 0.15~0.2 mA와 0.25~0.3 mA에 해당하는 예가 각각 13예(36.1%)로 가장 많았으며, 0.35~0.4 mA가 4예(11.1%), 0.05~0.1 mA가 3예(8.3%), 0.65~0.7 mA가 2예(5.4%), 그리고 0.45~0.5 mA가 1예(2.7%)

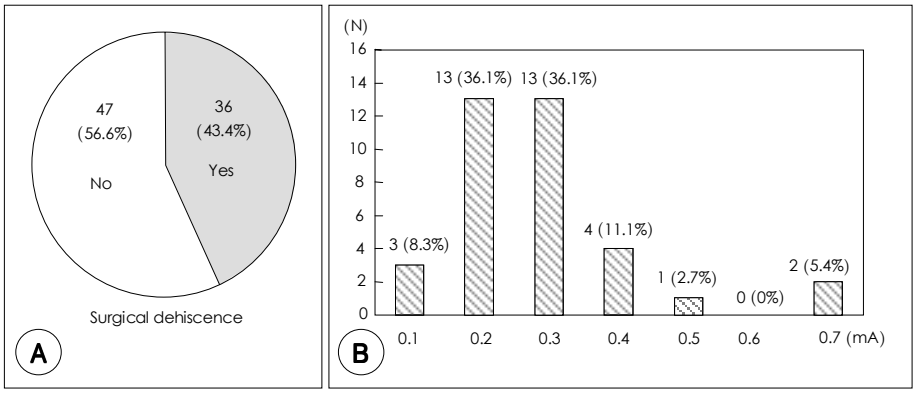

Fig. 2. 'Surgical dehiscence' of the facial nerves were noted in thirty-six (43.4%) of the eighty-three cases (A). All surgically dehiscenced facial nerves responded to 0.7 mA or less of electrical stimulator (B).

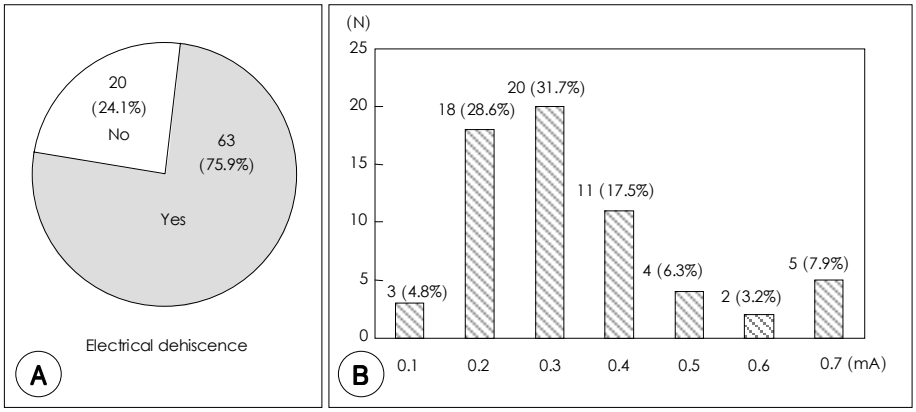

Fig. 3. 'Electrical dehiscence' of the facial nerves were noted in 63 (75.9%) of 83 cases (A). Distribution of minimal electrical stimulation for facial nerves (B).

순이었다(Fig. 2B). 그 중에서 0.7 mA에 반응을 보인 예들은 염증이 있는 상태로 신경수초막이 두꺼워진 경우였다.

' Electrical dehiscence ' 분석

' Surgical dehiscence '모두 0.7 mA이하에서 반응을 보였기 때문에 ' electrical dehiscence '의 기준을 0.7 mA 이하로 설정하였을 때, 83명의 환자 중 63명(75.9%)에서 ' electrical dehiscence '가 관찰되었다(Fig. 3A). Electrical dehiscence '를 보인 최소 자극 역치를 분석해 보면 0.25~0.3 mA에 해당하는 예가 20예(31.7%)로 가장 많았으며, 0.15~0.2 mA가 18예(28.6%), 0.35~0.4 mA가 11예(17.5%), 0.65~0.7 mA가 5예(7.9%), 0.05~0.1 mA가 3예(4.8%), 0.45~0.5 mA가 4예(6.3%), 0.55~0.6 mA가 2예(3.2%) 순이었다(Fig. 3B).

' Surgical dehiscence '가 관찰되지 않았던 47예 중 27예에서 ' electrical dehiscence '를 나타내어 57.4%에서 전기자극에 반응을 보였다. 0.25~0.3 mA, 0.35~0.4 mA에서 각각 7예(25.9%)가 반응을 보여 절반이상이 0.4 mA 이하에서 반응을 보이는 경향이었다(Fig. 4).

최소 자극 역치에 따른 ' electrical dehiscence '의 누적분포를 그려 보면 Fig. 5와 같다. ' Eelectrical dehiscence '

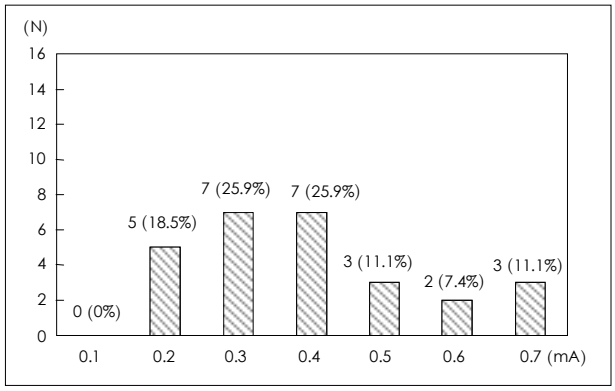

Fig. 4. The distribution of the minimal stimulating currents in electrically dehiscenced, but surgically normal facial nerves.

의 기준을 0.7 mA로 하였기 때문에 0.7 mA에서 100%가 되고, 0 mA가 0%이다. 0.4 mA이전의 역치까지는 자극전압이 증가함에 따라 ' electrical dehiscenc '가 비례적으로 증가하다가 0.4 mA(82.5%) 이상에서는 안정수준(plateau)을 이루는 양상이었다.

안면신경의 위치에 따른 ' electrical dehiscence '를 보인 전기자극의 최소역치 평균은 고실분절이 0.28 mA, 유돌분절이 0.48 mA로 유돌분절이 높았다(Table 1). 질환별로 electrical dehiscence의 빈도를 관찰할 때, 진주종성

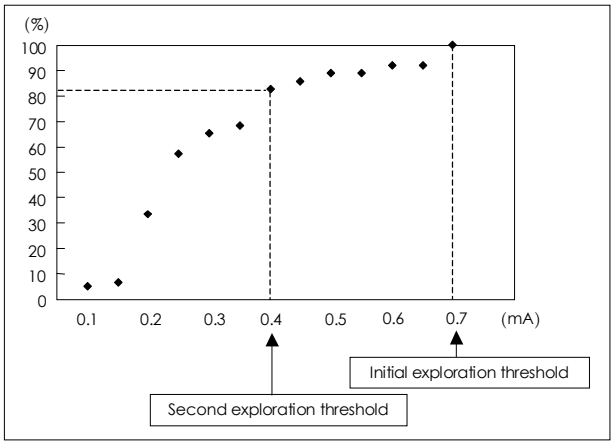

Fig. 5. Cumulative distribution of 'electrical dehiscence' according to minimal stimulation thresholds. Electrical stimulation of 0.7 mA for first screening and 0.4 mA for second exploration are appropriate.

Table 1. Minimal thresholds of electrical stimulation for the facial nerves according to the location

	Tympanic segment	Mastoid segment
Minimal threshold of electrical stimulation (mA)	0.28	0.48

중이염 62예 중 52예(83.9%), 만성 중이염 21예 중 11예(52.4%)로 진주종성 중이염에서 더 많이 관찰되었다.

고 찰

의인성 안면신경마비는 이비인후과 수술영역에서 가장 심각한 합병증 중에 하나이다. 이러한 합병증의 발생을 최소화하기 위한 방법의 일환으로 술중 안면신경 감시가 있으며, 술중 안면신경감시는 선천성 이개 폐쇄증, 유양동 삭개술, 인공와우 이식술, 청신경초종 수술, 측두하와 접근법, 이하선 절제술 등에 쓰이고 있다. 특히 청신경초종의 술중 안면신경 감시의 이점은 여러 연구에서 증명되어 왔다.[7)8)] 그러나, 이러한 안면신경손상의 위험성이 중이 및 유양동 수술에서 존재함에도 불구하고 이에 관한 보고는 많지 않다.[10)11)]

중이수술에서 안면신경손상의 발생율은 측두골의 정상적인 해부학적 지표가 바뀌는 경우 증가할 수 있는데[12)13)] 수술 병력, 육아조직, 진주종의 형성은 정상 해부구조를 왜곡하고 수술을 어렵게 만드는 요인이며, 안면신경 열개가 있는 경우 안면신경의 손상이 증가한다.[13)14)] 또한, 흔하지는 않지만 안면신경의 해부학적 변이는 중이수술을 시행하는 술자를 당황하게 만들 수 있는 요소가 된다. 안면신경의 해부학적 변이는 선천성 골 열개(congenital bony dehiscences)와 안면신경관 주행의 이상 등도 해당되며, 이러한 부분은 수술 전에 예측하기가 힘들다. 따라서, 중이수술에서 술중 안면신경 감시의 역할은 강조되어야 하며, 이것에 대한 정확한 평가와 체계화가 필요할 것으로 생각된다.

술중 안면신경감시 장치는 전극의 형태, 자극전극의 형태, 자극방식에 따라 나눌 수 있다.[15)16)] 전극의 형태에 따라 표면전극(surface electrode)과 세침전극(needle electrode)으로 나눌 수 있으며, 표면전극은 세침전극에 비하여 특이도가 떨어지며, 결과 판독에 방해가 되는 허상이 많은 것이 특징이다. 자극전극의 형태에 따라 단극자극(monopolar stimulating)과 양극자극(bipolar stimulating) 전극으로 나눌 수 있다. 단극자극은 흔히 사용되는 방법으로 자극 범위가 넓어 신경을 찾기 용이하고, 재질에 따라 쉽게 구부릴 수 있는 장점이 있는 반면, 비특이적 자극을 줄 수 있어 정밀도가 떨어지는 단점이 있다. 양극자극은 보다 정확하고 신경의 세밀한 위치 파악이 가능하지만, 전극의 위치선정에 있어 사용하기 힘든 단점이 있다. 자극방식에 따라서는 일정전류방식(constant current stimulator)과 일정전압방식(constant voltage stimulator)으로 나눌 수 있다. 일정전류방식은 주로 말초신경의 표면자극시 선호되고, 일정전압방식은 피, 뇌척수액, 세척물이 많은 환경의 두개내 뇌신경 자극시에 사용된다. 옴의 법칙인 ' 전류=전압/저항 '의 등식에 의해 일정전류방식은 수술 중 저항이 적은 물이 갑자기 소실된 경우 신경에 과전류가 흐를 위험성이 있으나 일정전압방식은 신경 자체에 도달하는 전류량은 일정하다는 안정성이 있다. 하지만 이는 실제 적용에서 논란이 있는 것으로 일정전류 또는 일정전압 방식여부보다는 수술범위에 따라 자극의 세기를 어느 정도 변화시키면서 감시를 하느냐가 중요하다고 한다.[15)] 본 연구에서는 NIM-2^{TM} 기계의 처음 설정인 일정전류방식의 단극자극방식을 선택하였다.

안면신경 열개는 보고자의 검사 방법과 질환에 따라 약간씩 차이가 있다. Li와 Cao[17)]는 수술시 현미경을 이용하여 11.4%에서 안면신경 열개가 있었으며, Baxter[18)]는 측두골 조직병리검사에 근거하여 약 55%를 보고하였다. Sheehy 등[19)]은 진주종 수술시 15%가 선천성 열개, 17%가 진주종에 의한 열개로, 이들을 포함하여 44%가 수술적 열개가 있었고, Samuel 등[12)]은 진주종 수술 33%에서, Harvey 등[20)]은 중이염을 포함한 유양동 수술에서 6%에서 안면신경 열개가 있었다고 하였다. 본 연구에서는 수술 현미경을 이용하여 확인한 안면신경 열개가 43.2%로 비교적 많은 편인데 이는 진주종이 전체 연구 대상의 74.7%를 차지한

것과 전향적 연구에 의한 세밀한 관찰에 기인한 것으로 여겨진다. 한편 본 연구에서 안면신경 열개의 위치 중 가장 많은 부위가 난원창 근처의 고실 분절 부위로 72.7%에서 발견되었는데, Baxter[18]의 85%의 결과와 유사하였다. 이는 곧 중이 및 유양동 수술 중 안면신경 손상의 가능성이 가장 많은 곳이 등골 근처임을 시사하는 것으로 등골 및 등골 주위의 조작시 각별한 주의가 필요하다.

본 연구에서 ‘ surgical dehiscence ’를 보인 신경은 대부분(80.5%) 0.3 mA이하에서 반응을 보였는데(Fig. 2B), 이는 건강한 신경이 일반적으로 0.1~0.5 mA의 자극역치를 갖고 있는 것[16]과 일치한다. 이를 본 연구에서 경험적으로 얻은 전극의 평균 impedance 2.7KΩ을 기준으로 일정 전압 방식으로 환산하면(1V 0.37 mA) 0.3 mA는 0.81V에 해당한다. 2예에서는 0.7 mA의 역치를 보였는데 이는 신경이 노출된 상태로 염증반응에 의해 신경수초막이 두꺼워진 경우였다. 또한, 염증이 오래된 상태로 육아조직이 붙어 있는 경우에는 신경 자극 역치가 커질 수 있음을 보여준 예이다. 한편 ‘ electrical dehiscence ’를 보인 경우는 전체의 63예(75.9%)로 수술자의 눈을 통한 ‘ surgical dehiscence ’ 36예(43.4%)보다 더 많이 관찰되었다. 즉, ‘surgical dehiscence ’는 없었으나, ‘ electrical dehiscence ’를 나타낸 경우가 27예 더 있었는데, 이는 수술 현미경으로는 쉽게 관찰이 되지 않는 미세 열개(Micro - dehiscence)가 있었거나, 안면신경관 골의 두께가 아주 얇아 전류 전도가 잘 되었던 경우로 사료된다. 이런 경우 실제 수술시 기구조작이나 드릴의 열 등에 의해 안면신경의 손상 가능성이 일어날 수 있는 곳으로, 술중 안면신경 감시에서 ‘ surgical dehiscence ’보다는 ‘ electrical dehiscence ’가 더 유용하다고 할 수 있겠다.

최소 자극 역치에 따른 ‘ electrical dehiscence ’의 누적 분포도를 보면(Fig. 5), 이는 술중 안면신경 감시에서 처음 설정 자극 역치로 0.7 mA가 적절하며, 이후 세심한 2차 조사(second exploration)를 하는 데에 적절한 최소 역치는 0.4 mA라는 것을 알 수 있다. 즉, 0.7 mA 이하 자극에서는 신경 수초막이 두꺼워 있다 하더라도 노출되어 있는 경우에는 거의 100% 발견할 수 있다는 것을 의미하는 것으로 초기 설정 자극 역치가 되며, 0.4 mA는 비특이적 반응을 줄이면서 정상 신경이라면 거의 100% 발견 가능한 자극 역치로서 세부적 수술을 위한 2차 설정 자극 역치라 할 수 있다. 이 때 본 연구에서 안면신경 자극 최소 역치 평균은 고실분절이 0.28 mA로 유돌분절의 0.48mA보다 낮았는데(Table 1) 이는 수초막의 두께의 차이인 것으로 여겨진다. 따라서 위치에 따른 술중 안면신경의 구체적 2차적 감시는 고실분절 0.3 mA, 유돌분절 0.5 mA가 적절할 것으로 사료된다. 이후의 더 세밀한 국소적 안면신경 추적을 위해서는 0.2 mA 이하로 필요에 따라 설정할 수 있으며, 신경에 대한 전기손상을 줄이면서 세밀한 추적을 할 수 있는 체계적 방법이라 사료된다.

술중 안면신경 감시는 청신경초종의 수술뿐만 아니라 중이 질환에서 시행하는 중이 및 유양동 수술에서도 필수적이라고 생각되며, 현재보다 광범위하고 체계적인 임상적용이 필요할 것으로 사료된다. 그러기 위해서는 두개저 수술을 포함한 수술의 종류 및 안면신경의 위치, 안면신경관 골 두께에 따른 안면신경의 자극 역치를 찾고 체계적 감시 방법을 설립하는 것이 앞으로의 과제라 할 수 있겠다.

결 론

중이 및 유양동 수술에서 술중 안면신경 감시를 위해서는 전기자극에 기초한 ‘ electrical dehiscence ’가 술자의 눈을 통한 ‘ surgical dehiscence ’ 보다 안면신경 손상방지에 더 유용한 지표라 사료된다. 중이 및 유양동 수술에서 NIM - 2^{TM} 기계를 이용한 안면신경을 찾기 위한 체계적 감시에서는 1차적 조사를 위해서 0.7 mA, 2차적 조사를 위해서 0.4 mA가 적절할 것으로 사료된다.

중심 단어 : 안면신경 · 중이 · 유양동 · 술중 감시.

REFERENCES

1) Wiet R. *Iatrogenic facial paralysis. Otolaryngol Clinic North Am 1982;15:773-80.*
2) Nissen A, Bui H. *Complications of chronic otitis media. Ear Nose Throat J 1996;75:284-92.*
3) Wiet R, Schuring A. *The legal aspects of surgical facial nerve injury. Ear Nose Throat J 1996;75:737-8.*
4) Delgado TE, Bucheit WA, Rosenholtz HR, Chrissian S. *Intraoperative monitoring of facial muscle evoked responses obtained by intracranial stimulation of the facial nerve. Neurosurgery 1979;4:418.*
5) National Institutes of Health. *Acoustic neuroma 1991;12:11-3.*
6) Holland NR. *Intraoperative electromyography. J Clin Neurophysiol 20002;19:444-53.*
7) Nakao Y, Piccirillo E, Falcioni M, Taibah A, Kobayashi T, Sanna M. *Electromyographic evaluation of facial nerve damage in acoustic neuroma surgery. Otol Neurotol 2001;22:554-7.*
8) Soldner F, Papavero L, Wallenfang T, Schnopfeil F. *Intraoperative NIM-2 monitoring for facial nerve preservation in acoustic neurinoma surgery. Eur Arch Otorhinolaryngol 1994;S311-3.*
9) Colletti V, Fiorino FG. *Advances in monitoring of seventh and eighth cranial nerve function in posterior fossa surgery. Am J Otol 1997; 19:503-12.*
10) Noss RS, Lalwani AK, Yingling CD. *Facial nerve monitoring in middle ear and mastoid surgery. Laryngoscope 2001;111:831-6.*
11) Jason SG, Spiros M, Michel GS, Jeffrey BK. *Facial nerve monitoring in chronic ear surgery. Otolaryngol Head Neck Surg 2002;126:108-14.*
12) Samuel HS, Alastair GL. *The incidence of facial nerve dehiscence at*

surgery for cholesteatoma. Otol Neurotol 2001;22:129-32.

13) Green JJ, Shelton C, Brackmann D. *Iatrogenic facial nerve injury during otologic surgery. Laryngoscope 1994;104:922-6.*

14) Green JJ, Shelton C, Brackmann D. *Surgical management of iatrogenic facial nerve injuries. Otolaryngol Head Neck Surg 1994;111:606-10.*

15) Kartush JM, Bouchard KR. *Neuromonitoring in otology and head and neck surgery. New York: Raven Press;1992.*

16) Yingling CD. *Intraoperative monitoring of cranial nerves in neurotologic surgery. In: Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Schuller DE, editors. Otolaryngology-Head and Neck Surgery. 3rd ed. St. Louis: Mosby Year Book;1993. p.3331-55.*

17) Li D, Cao Y. *Facial canal dehiscence: A report of 1,465 stapes operations. Ann Otol Rhinol Laryngol 1996;105:467-71.*

18) Baxter A. *Dehiscence of the fallopian canal. J Laryngol Otol 1971;85:587-94.*

19) Sheey J, Brackmann D, Graham M. *Cholesteatoma surgery: Residual and recurrent disease: A review of 1,024 cases. Ann Otol Rhinol Laryngol 1977;86:451-62.*

20) Harvey S, Fox M. *Relevant issues in revision canal-wall-down mastoidectomy. Otolaryngol Head Neck Surg 1999;121:18-22.*