

A Spatial Index Analysis for Decision on the First Opening of Facial Recess in Posterior Tympanotomy

Jae Ho Kang, Kyung Min Choi, Jang Hee Han,
Choon Dong Kim, Seung Woo Kim and Sung Ho Park

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Seoul Veterans Hospital, Seoul, Korea

후고실개방술시 안면신경과 최초 개방부위 결정을 위한 공간적 지표분석

강재호 · 최경민 · 한장희 · 김춘동 · 김승우 · 박성호

서울보훈병원 이비인후과

Received March 12, 2009
Revised June 29, 2009
Accepted July 6, 2009

Address for correspondence

Sung Ho Park, MD
Department of Otolaryngology-
Head and Neck Surgery,
Seoul Veterans Hospital,
6-2 Dunchon-dong, Gangdong-gu,
Seoul 134-791, Korea
Tel +82-2-2225-1384
Fax +82-2-2225-1385
E-mail raphacts@daum.net

Background and Objectives Temporal bone is a complicated structure anatomically. High-resolution computed tomography (HRCT) provides a good method for examination of the middle ear, inner ear anatomy and pathologic changes in the temporal bones. The purpose of this study is to evaluate the relations of facial nerve and other structures in temporal bone and factors influencing access to posterior tympanotomy according to the age, sex and degree of temporal bone pneumatization.

Subjects and Method A total of 133 ears of temporal bone computer tomograph (TBCT) were analyzed. We measured the distances and angle between important surgical landmarks, and compared the data according to the age, sex and mastoid pneumatization.

Results We presented the angle between the posterior wall of external auditory canal and the facial nerve with the index for facial nerve preservation in posterior tympanotomy. This angle is 10.05° other indices are not related statistically.

Conclusion This results may enable preoperative assessment and provide background knowledge to prevent facial nerve injury when performing a posterior tympanotomy.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2009;52:730-5

Key Words Facial recess · External auditory canal · Posterior tympanotomy · Temporal bone.

서 론

후고실개방술은 Jako¹⁾에 의해 소개된 이후, 현재까지 이과학 수술에 있어, 보편화된 수기로서 자리잡고 있다. 폐쇄동 유양돌기절제술(intact canal wall tympanomastoidectomy)에서 동반되는 수기로서 대중화와 더불어, 활발히 행해지고 있는 와우이식의 현황을 볼 때, 수술 초심자에게는 술기의 반복, 경험적 축적과 해부학에 대한 충분한 이해가 필요하다. 후고실개방술이 이루어지는 부위는 유양동 삭개가 이루어 진 후, 고실(tympanum) 및 내이(inner ear)로 진입하게 되는 입구로서, 그 경계 및 인접부위에는 술자에 의해 손상되기 쉬운 구조물들이 자리잡고 있다.

본 연구는 후고실개방술의 과정에서 직면하게 되는 구조물들의 해부학적 지표를 측두골 전산화단층촬영 분석을 통하여, 리모델링함으로써, 새로운 임상 해부학적 지표를 도출하고자 하였다.

대상 및 방법

2006년 1월 1일부터 2007년 12월 31일까지 본원 이비인후과를 방문하여 측두골 전산화단층촬영을 시행한 환자 중 79명 133귀를 대상으로 하였다. 연구는 병원 임상시험 심사위원회의 승인을 받고 시행하였으며, 계측은 계측자의 오차를 방지하기 위해 한 연구자가 모두 시행하였

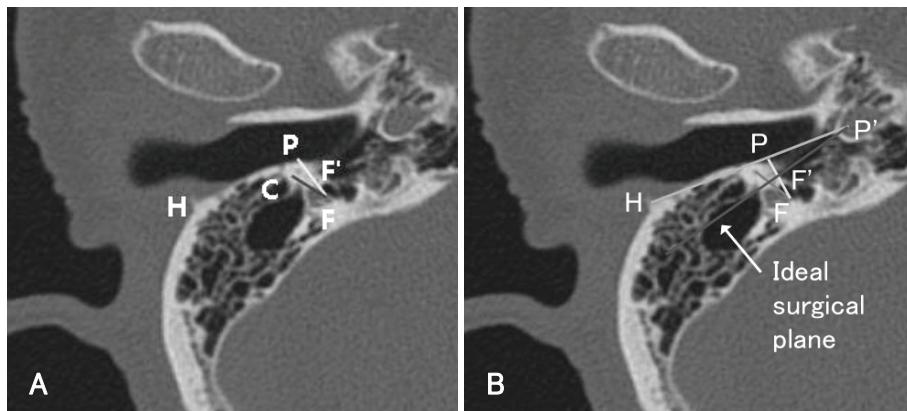


Fig. 1. An axial image that shows anatomical index in temporal bone CT. C: chorda tympani nerve, H: Henle's spine, P: posterior tympanic plate, F: facial nerve (A), HP': HP line extended to middle ear cavity, PF: posterior tympanic plate to facial nerve, Ideal surgical line: imaginary line of perpendicular in 1/2 posterior tympanic plate to facial nerve (F'), $\angle HP'F'$: Angle between HP' and ideal surgical line (B).

다. 연령 분포는 35세에서 81세로 평균 연령은 60세였다. 남성은 90명 여성은 43명었으며 합기화에 따른 분류는 정상 합기형이 57명, 경화형이 75명었다.

전산화단층촬영은 light speed ultra 컴퓨터단층촬영장치(GE Medical system, Milwaukee, USA)를 이용하였고 안와의 하연과 양측 귀를 연결한 평면(orbitomeatal line)을 기준으로 측상면(axial view)은 이 기준선과 평행하게, 관상면(coronal view)은 환자의 목을 최대로 신전시켜 기준선에 수직으로 1.0 mm 연속절편으로 촬영하였다. 총 6개의 측두골내 주요 측정치중 헨레극(Henle's spine)과 안면신경, 그리고 외이도의 후벽과 고실강(tympanic cavity), 하악와(mandibular fossa)의 후벽이 이루는 골판인 후고실판(posterior tympanic plate)이 모두 가장 잘 관찰되는 절편을 선택하였고, 안면신경의 지름은 유양동 분절중 근위부인 추체융기(pyramidal eminence)의 위부분에서 지름을 측정하였다. 다음과 같은 측정치를 Maro-view (ver 5.3, Marotech Co., Korea)상에서 계측하였다.

첫째, 헨레극과 후고실판을 이은선을 중이강내로 연장한 가상의 선(imaginary line) (HP') (Fig. 1), 둘째, 후고실판과 안면신경의 중심을 이은선(PF) (Fig. 1) 셋째, 상기 둘째선을 수직으로 이등분하는 선을 유양동과 중이강내로 안과 밖으로 연장한 가상의 선(Fig. 1) 이 선은 후고실개방술 시 이상적인 경로이나 은닉되어 있는 고삭신경과 안면신경 사이의 경로를 대체할 수 있는 실제적인 외과적 초입(1st entrance) 경로로 상정하였다. 넷째, 상기 첫째와 셋째선이 내측으로 연장되어 측두골내에서 만나 이루는 각도(HP' F') (Fig. 1)를 측정하였다. 그리고 후고실판에서 헨레극까지의 거리(PH) (Fig. 2), 후고실판에서 안면신경의 중심까지의 거리(PF) (Fig. 2), 안면신경에서 헨레극까지의 거리(FH) (Fig. 2), 해당 영상 절단면의 안면신경관(facial nerve canal) 지름(F.ca), 안면신경과 고삭 신경(chorda tympani nerve)까지의 거리(FC) (Fig. 1) 이상의 계측치를 이용하

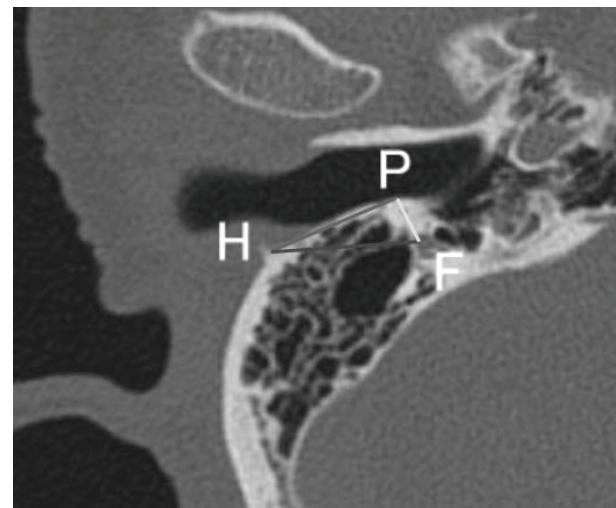


Fig. 2. Distance from posterior tympanic plate to Henle's spine (PH), posterior tympanic plate to facial nerve (PF) and facial nerve to Henle's spine (FH). P: posterior tympanic plate, H: Henle's spine, F: facial nerve.

여 연령과 남녀별 및 측두골 합기도별로 비교하였다.

측두골 합기도는 Woolley 등²⁾의 합기화 분류를 참고하여 합기형과 경화형으로 구분하였다. 구분기준은 S자 정맥동의 후방 경계를 넘어 뒷부분까지 합기화된 경우를 정상 합기형으로 정하였고 유양동(mastoid antrum)의 일부만 합기화가 되어 있거나 완전한 경화가 있는 경우를 경화형으로 정하였다.

모든 통계처리는 SPSS(version 15.0)으로 independent t-test와 pearson correlation을 이용하여 유의성을 검증하였으며, 통계적 유의성은 $p<0.05$ 로 하였다.

결 과

각 측정치의 평균

각 측정치의 평균은 $HP'F'$ 가 $10.05 \pm 1.74^\circ$, PF가 5.61 ± 0.64 mm, PH가 15.89 ± 1.39 mm, FH가 15.91 ± 1.45

고 칠

mm, F.ca가 1.87 ± 0.24 mm, FC가 3.70 ± 4.18 mm였다 (Table 1).

연령에 따른 측정치 비교

연령에 따른 측정치 비교에서는 각 측정치의 통계학적 유의성은 없었다(Table 1).

성별에 따른 측정치 비교

성별에 따른 측정치 비교에서는 남자가 각 측정치에서 대부분 커거나 통계적 유의성은 보이지 않았다(Table 2).

함기도에 따른 측정치 비교

함기도에 따른 측정치 비교에서는 함기형과 경화형에서 안면신경관을 제외하고는 통계적 유의성이 없었다. 안면신경관에서는 경화형이 함기형보다 통계적으로 유의하게 큰 측정치를 보였다(Table 3).

측정치 간의 상관관계

측정치 간의 상관관계에서는 $\angle HP'F'$ 와 PH, PF, FH 간에 통계학적으로 유의하게 양성 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, $\angle HP'F'$ 가 커질수록 PH, PF, FH 거리도 증가하는 것으로 나타났다.

측두골은 해부학적으로 복잡한 구조물로서 이러한 구조에 대한 정확한 정보는 측두골에 있는 질환을 진단하고 치료계획을 수립하는데 중요하다. 정확한 정보 없이 수술을 시행할 경우 안면신경손상에 의한 안면 마비, 미로 누공, 뇌척수루 및 S자 정맥동 출혈 등의 합병증이 생길 수 있다.^{3,4)} 측두골에 경화가 발생하면 측두골의 주요 구조물의 위치 변화가 일어날 가능성이 많다. 따라서 경화형 측두골 수술에는 중요 구조물 및 수술 지표의 변화를 아는 것이 술 후 합병증 예방에 중요하다.⁵⁾ 특히 후고실개방술을 통한 수술이 필요한 경우 안면신경을 비롯한 중요한 해부학 지표들의 확인이 매우 중요하며,⁶⁾ 측두골의 크기, 측두골 함기도, 안면신경의 위치, 안면신경와(facial recess)의 크기 등이 접근 경로에 중요한 영향을 미치는데.^{7,8)} 그 중에서도 후고실개방술을 위한 첫 삭개위치, 안면신경와의 입체적구조, 안면신경의 성상 등이 중요하다.

후고실개방술 시행시 안면신경의 유양동 분절(mastoid segment) 주위로는 고실신경과 침골(incus) 및 침골와(fossa incudis), 후반규관(posterior semicircular canal), 측반규관이 자리잡고 있으며, 신경 주행 경로를 따라 조심스럽게 삭개시, 신경의 윤곽이 그려지며, 또한 해당 영역

Table 1. Means of measurements according to age

	HP'F'	P-H	P-F	F-H	F.ca	FC
Mean	<60	10.0193	16.0878	5.6914	16.1874*	1.8594
	>60	10.0859	15.7695	5.5459	15.6545*	1.8923
St. Dev.	<60	1.84	1.57	0.67	1.42	0.24
	>60	1.66	1.34	0.60	1.31	0.23
						0.89

*statistically significant ($p<0.05$). P: posterior tympanic plate, H: Henle's spine, F: facial nerve, F': $\frac{1}{2}$ P-F, C: chorda tympani nerve, F.ca: facial nerve canal

Table 2. Means of measurements according to sex

	M	HP'F'	P-H	P-F	F-H	F.ca	FC
Mean	M	9.9104	16.2617*	5.6516	16.1727*	1.8680	3.4935
	F	10.3973	15.0865*	5.5110	15.2225*	1.8790	3.0445
St. Dev.	M	1.74	1.40	0.60	1.30	0.23	0.84
	F	1.69	1.22	0.71	1.35	0.24	0.86

*statistically significant ($p<0.05$). P: posterior tympanic plate, H: Henle's spine, F: facial nerve, F': $\frac{1}{2}$ P-F, C: chorda tympani nerve, F.ca: facial nerve canal

Table 3. Means of measurements according to pneumatization of temporal bone

	D	HP'F'	P-H	P-F	F-H	F.ca	FC
Mean	D	10.1073	15.7791	5.5286	15.7089	1.8824*	3.3447
	P	10.0100	16.0281	5.6842	16.0520	1.8542*	3.3713
St. Dev.	D	1.75	1.46	0.64	1.45	0.23	0.82
	P	1.73	1.44	0.62	1.31	0.23	0.91

*statistically significant ($p<0.05$). P: posterior tympanic plate, H: Henle's spine, F: facial nerve, F': $\frac{1}{2}$ P-F, C: chorda tympani nerve, F.ca: facial nerve canal

삭개시 갑자기 출혈이 되는 부위 등이 의미있는 지표로 여겨지고 있다.

안면신경과는 침골와의 하측, 고실률의 후상방의 내측과 고삭신경의 내측, 안면신경의 외슬(external genu)과 추체융기의 외측 그리고 침골의 장각(long process of incus), 등골의 후각(posterior crus of stapes)의 각각 위에 위치하는 함기세포로, 후고실개방술시 안면신경과를 개방하여 유양돌기로부터 중이강을 관찰할 수 있는 통로가 된다. 좀 더 입체적으로 표현한다면, 중고실을 4등분하여 볼 때, 후상방 1/4에서 원뿔(cone shape) 형태로 확장된 구조로 설명된다.¹⁾

이 부위의 알려진 해부학적 공간적 계측 지수로는 다음과 같은 것들이 알려져 있는 바 주변구조물 중 안면신경, 측반규관 그리고 침골의 단각(short process of incus) 사이의 관계를 살펴보면, 안면신경과 측반규관, 안면신경과 침골의 단각, 그리고 측반규관과 침골의 단각사이의 평균 거리는 각각 1.77 mm, 2.36 mm, 그리고 1.25 mm라 하며, 덧붙여 안면신경과의 개구부 평균 단면적은 문현상 1.6 mm⁹⁾로 알려져있으며, 이것은 본 논문에서 거리 계측 지표의 하나인 FC의 상하 전후 안면신경과의 연속적인 값의 평균치에 근사한 값으로서 확인할 수 있었다(Table 1).

또한 안면신경과의 깊이는 평균 2.2 mm로서 3 mm을 넘지 않는 것으로 알려져 있다.⁹⁾ 하지만 아직 많은 구조가 골에 의해 은닉되어 있는 상태의 후고실개방술의 초입(1st entrance) 시 3차원적인 정보를 술자에게 제공해 주지는 못하고 있다.

현재는 후고실개방술시 상고실의 입구를 개방하여 침골단각과 침골와를 기준으로 2½ mm 드릴을 이용하여 침골와의 외측의 뼈를 전하방과 내측방향으로 제거하여, 안면신경과를 찾고 넓혀 나가는 방법이 있으며, 이 방법은 침골와를 기준으로 한 방법이라 볼 수 있다(Fig. 3A).^{1,10)} 또한 2 mm 드릴을 이용하여 안면신경에 평행하게 유돌첨방향으로 침골단각의 하방으로 제거하는 방법이 있다.¹¹⁾ 즉, 외이도의 후벽을 삭개시키고, 안면신경의 해부학적 지표를

기준으로 안면신경관의 경계를 윤곽화(delineation) 시킨 후, 최초의 개방 위치(1st site of opening entrance)를 표시한 다음(marking) 그 지점에서 개방술을 시작하여, 처음에는 외이도 방향의 전내측으로 드릴방향을 진행한 후, 안면신경을 보존하고, 그 후 외이도 손상을 피하기 위해 후내측으로 드릴 방향을 바꾸어 중이강내 도달하는 방법이 있다(Fig. 3B). 안면신경이 아닌 외이도 후벽의 손상을 피하고 중이강에 도달하기 위한 것에 중점을 둔다면, 외이도 후벽의 윤곽이 전내측 방향으로 휘어지는 곳에서 가장 천공이 흔하므로, 그 전까지 최대한 외이도벽을 얇게 삭개시키며 접근한 후, 전술지점에서 후내측으로 드릴방향을 바꾸는 것도 하나의 변형된 방법이라 할 수 있다.

이 방법들은 침골와를 기준으로 한 방법보다 좀 더 시간이 걸리나 구조적인 방법이라고 볼 수 있다. 그러나 이 방법들 모두 2차원적인 연속적인 평면을 통과하는 과정이며, 방법에 따라서는 안면신경 손상의 맹점(blind spot)이 생길 가능성이 있으며, 안면신경관의 외측부 윤곽화(delineation) 후 수기를 진행한다 하더라도, 안면신경관과 안면신경과 사이에 20%의 빈도로 골벽이 없는 경우도 있으며,¹²⁾ 또한 예기치 못한 침골의 손상을 유발할 수 있는 가능성을 비롯해 간과할 수 없는 장단점들을 가지고 있다. 그래서, 본 연구에서는 기존 지표에 덧붙여 각도를 추가하여 3차원적 지표를 제시하였다(Fig. 4). 즉 후고실 개방시 안면신경 보존을 위한 지표로서 외측의 단순 유양돌절제술(simple mastoidectomy) 완료 후 수술시야시 남게되는 외이도의 후벽과 안면신경이 이루는 각도를 제시하였으며, 이는 안면신경과의 입구부(entrance)를 최초로 안전하게 삭개하는 지표로 삼을 수 있을 것으로 생각된다. 전술한 측정치 각도를 토대로 남게되는 바깥쪽 외이도후벽의 가장 측면(lateral end-plate of posterior external auditory canal)에 대해 경사(tilting)지게 첫 드릴링이 행해지게 된다면, 수기의 항상성부분(constant portion)에 의미 있게 적용할 수 있을 것이다. 즉, 후고실개방술 시작시 외이도 후벽과 첫 드릴링 시작부위와 각도를 측정하여 평균 10.05도, 8°~12° 사이에 위

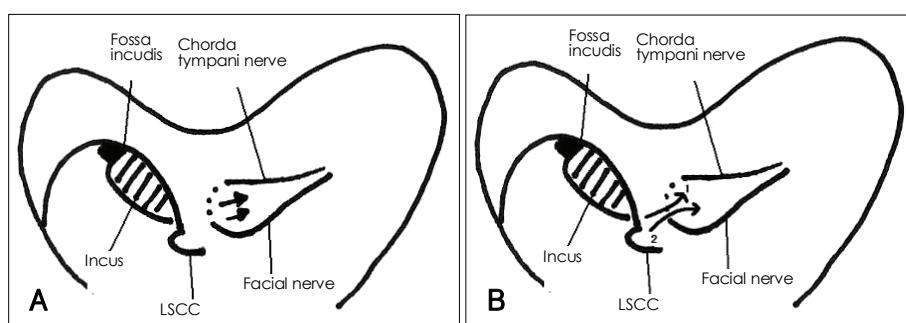


Fig. 3. Schematic presentation of 1st opening stage of posterior tympanotomy. Drilling in anteroinferior direction of lateral bone of fossa incudis (A), processing order: 1. drilling in the anteromedial direction toward EAC, 2. drilling in the posteromedial direction away EAC (B). EAC: external auditory canal. LSCC: lateral semicircular canal.

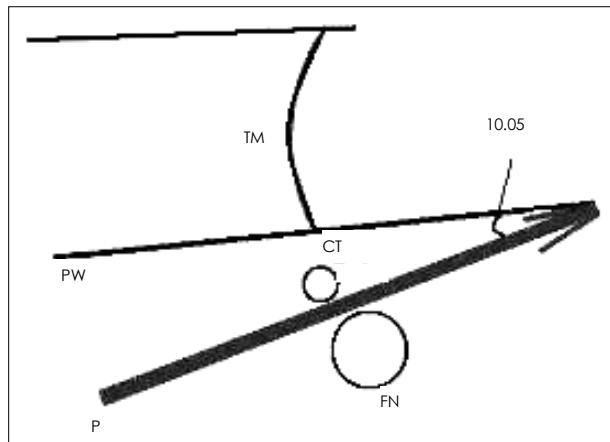


Fig. 4. Schematic representation of topographical relationships among two nerves (FN: facial nerve, CT: chorda tympani nerve). The posterior wall of the external acoustic canal (PW) and imaginary line of perpendicular in 1/2 posterior tympanic plate to facial nerve (P: ideal surgical route). Angle between PW and ideal surgical line (P) is 10.05°. Sagittal view, right. TM: tympanic membrane.

치한다면 안전한 삭개에 도움이 될 것이다. 또한, 외이도와 고삭신경이 이루는 각도는 평균 5.0도로 안전한 삭개 각도로 제시한 10.05도와 차이가 있어 안면신경뿐 아니라 고삭신경의 손상도 피할 수 있을 것이다.

본 논문에서 측정한 다른 지표의 의의를 살펴보면, 헨레극과 후고실판까지의 거리와 헨레극과 안면신경까지의 거리는 측두골의 좌우 크기, 즉 유양동 삭개술시 헨레극에서 안면신경까지의 깊이를 반영하는 지표로 삼았고 안면신경과의 전후 경계를 이루는 안면신경의 수직분지와 고삭신경사이의 거리는 안면신경와의 크기를 반영하는 지표로 삼았다.

또한, 후고실개방술때 중요 구조물을 확인하기 위해서는 안면신경관을 최대한 얇게 삭개해야 하는데¹¹⁾ 이를 위해서는 안면신경관의 구조적 성상을 아는 것이 중요하다. 안면신경의 주행은 단일 모양의 지름을 가지고 진행하는 것이 아니고 각 분절마다 크기와 모양이 조금씩 다르다.¹³⁾ 안면신경관의 지름은 주행중 각 분절마다 차이가 있는데 성인 카데바 연구에서 고실 분절내 평균지름은 1.79 mm로 알려져 있고 유양동 분절의 지름은 1.81 mm였다.¹³⁾ 안면신경관에는 신경뿐 아니라 혈관도 같이 분포하고 있으며 안면신경관에서 신경이 차지하는 비율은 유양동 분절에서 약 32.19%이다.¹⁴⁾ 이 때문에 삭개를 시행할 때 주변부보다 피가 많이 나는 경우 안면신경에 근접했음을 간접적으로 알 수 있다. 본 연구에서는 후고실개방술시 관련된 안면신경의 성상에 특히 초점을 맞춰 그 지름을 알아보기 위해 특정 부위의 지름을 측두골 단층촬영영상에서 객관적으로 측정하였으며, 본 연구에서는 평균 1.87 mm로 측정되었다. 카데바 연구에서는 실제 안면신경관의 지름을 3D 영상으

로 구성하여 측정하였고 본 연구에서는 간접적으로 안면신경관의 지름을 단층촬영 영상으로 측정하여 두 측정치 사이에 차이가 난 것으로 생각되나 평균 분산치를 감안하면 큰 차이는 없었다. 본 연구에서 경화형에서 합기형 보다 안면신경관의 지름이 의미있게 큰 것으로 나타났는데 측두골의 염증반응에 의한 원인인지 다른 원인이 있는지 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

각 측정치의 평균을 살펴보면 남성과 여성 사이의 측정치의 비교에 있어서 남성이 여성보다 큰 경향을 보여, 이는 측두골을 포함한 전체 두부(頭部)의 발달 정도의 남녀 차에 따른 결과로 생각되나, 좌우 크기와 전후 크기 모두에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

또한, 유양동 발달상태에 따라 6가지 측정치 값이 차이가 날 가능성을 알아보기 위해 비교해 본 바 합기화의 차이에 따른 측정치 비교에서는 경화형이 합기형보다 측정치는 작았으나 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 측두골 합기도가 불량할수록 전후 크기에는 영향을 주나 좌우 크기에는 영향을 미치지 않는다는 다른 연구들과 비슷한 결과를 보였다.¹⁵⁻¹⁷⁾

후고실개방술은 안면신경과의 구조적 은닉성과 수술시 잘못된 드릴진행 방향으로 인해 초래될 수 있는 외과적 합병증으로 인해, 안면신경 감시가 보편화된 상황에서도, 술자의 경험적 측면이 실제적으로 강조되는 측면이 있었다. 기존의 술식에 전술한 3차원적인 지표를 함께 고려하여, 개방술의 첫 시기(1st stage)에 적용한 후, 윤곽화한 안면신경의 수술시야 지름을 감안하여, 안면신경과의 개방을 실시하는 것이 고려된다면, 공간 통합적인 면이 충실했으므로써 술식의 안전성을 강화시켜 주리라 생각된다.

그러나 본 연구의 제한점은 첫째, 술 전 단층화촬영으로 예견되는 외이도의 심한 변형을 보이는 특이군에 대한 경사치 적용은 추후 데이터 수집이 이루어져야 할 것이다. 둘째, 경사치 적용은 술식의 일정 단계에 의미가 있으므로 독립된 인자가 아니며, 충분한 노출을 위한 후고실개방술의 완료를 위해서는 기존의 알려진 지표 인자들과 함께 고려 적용되어야 할 것이다. 셋째, 경사치에 대한 임상적 적용은 본 병원에서 현재 행해지고 있는 바, 다기관 적용예(multi-center trial)에 대한 검증이 향후 수반되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Jako GJ. The posterior route to the middle ear: posterior tympanotomy. Laryngoscope 1967;77(3):306-16.
- Woolley AL, Oser AB, Lusk RP, Bahaduri RS. Preoperative temporal bone computed tomography scan and its use in evaluating the pediatric cochlear implant candidate. Laryngoscope 1997;107(8):1100-6.
- Swartz JD, Goodman RS, Russell KB, Marlowe FI, Wolfson RJ. Hi-

- ghresolution computed tomography of middle ear and mastoid. Part II: Tubotympanic disease. *Radiology* 1983;148(2):455-9.
- 4) Takahashi H, Sando I. Computer-Aided 3-D Temporal Bone Anatomy for Cochlear Implant Surgery. *Laryngoscope* 1990;100(4):417-21.
 - 5) Lee SH, Kim SG, Kim KR, Park CW, Ahn KS, Kim SK. Correlation between mastoid pneumatization and position of the lateral sinus. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 1993;36(2):307-12.
 - 6) Hamamoto M, Murakami G, Kataura A. Topographical relationships among the facial nerve, chorda tympani nerve and round window with special reference to the approach route for cochlear implant surgery. *Clin Anat* 2000;13(4):251-6.
 - 7) Green JD, Shelton C, Brackmann DE. Iatrogenic facial nerve injury during otologic surgery. *Laryngoscope* 1994;104(8 pt 1):922-6.
 - 8) Wetmore SJ. Surgical landmarks for the facial nerve. *Otolaryngol Clin North Am* 1991;24(3):505-30.
 - 9) Swartz JD, Goodman RS, Russell KB, Ladenheim SE, Wolfson RJ. High-resolution computed tomography of middle ear and mastoid. Part III: Surgically altered anatomy and pathology. *Radiology* 1983;148(2):461-4.
 - 10) Smyth GD, England RM, Gibson R, Kerr AG. Posterior tympanotomy. Its importance in combined approach tympanoplasty. *J Laryngol Otol* 1967;81(1):69-74.
 - 11) Smyth GD, Kerr AG, Goodey RJ. Current thoughts on combined approach tympanoplasty. IV. Technical aspects of posterior tympanotomy. *J Laryngol Otol* 1971;85(10):1013-20.
 - 12) Parlier-Cauz C, Champsaur P, Perrin E, Rabischong P, Lassau JP. High-resolution computed tomographic study of the retrotympanum. Anatomic correlations. *Surg Radiol Anat* 1998;20(3):215-20.
 - 13) Nakashima S, Sando I, Takahashi H, Fujita S. Computer-aided 3-D reconstruction and measurement of the facial canal and facial nerve. I. Cross-sectional area and diameter: preliminary report. *Laryngoscope* 1993;103(10):1150-6.
 - 14) Ogawa A, Sando I. Spatial occupancy of vessels and facial nerve in the facial canal. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1982;91(1 pt 1):14-9.
 - 15) Eom DS, Cho JH, Kim JK, Yang KH, Park MS. Topographic study of temporal bone according to mastoid pneumatization. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 1994;37(1):14-20.
 - 16) Shatz A, Sade J. Correlation between mastoid pneumatization and position of the lateral sinus. *Ann Otol Rhino Laryngol* 1990;99(2 Pt 1):142-5.
 - 17) Turgut S, Tos M. Correlation between temporal bone pneumatization, location of lateral sins and length of the mastoid process. *J Laryngol Otol* 1992;106(6):485-9.