

Preoperative Vestibular Function in Adults with Cochlear Implantation: Comparison between Prelingual and Postlingual Deafness

Jae Joon Han, Seungno Hong, Hanaro Park, Ja-Won Koo, Jun Ho Lee, Seung Ha Oh, Sun O Chang, Min Young Lee and Myung-Whan Suh

Department of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

성인 인공와우이식 환자의 수술전 전정기능: 언어습득 여부에 따른 비교

한재준 · 홍승노 · 박하나로 · 구자원 · 이준호 · 오승하 · 장선오 · 이민영 · 서명환

서울대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

Background and Objectives Cochlear system and vestibular system have close relationship anatomically and developmentally. According to previous literatures, there are high incidences of vestibular dysfunction in subjects with severe hearing loss. The aim of this study is to validate the status of vestibular function in adults with profound hearing loss, and to compare the status of vestibular function between pre-lingual and post-lingual deaf.

Subjects and Method Vestibular function of 59 patients who had profound hearing loss was reviewed retrospectively. Patient's information and audiometry, Korean version Central Institute for the Deaf (KCID) scores, caloric test, rotation chair test and vestibular evoked myogenic potential (VEMP) were analyzed. The subjects were divided into two groups, prelingual deaf (pre-LD, n=12) and postlingual deaf (post-LD, n=47). We analyzed the difference between two groups.

Results Fifty nine point six percent of patients showed hypo-function in caloric test. In the rotational chair test, abnormality of step velocity gain (43.1%), time constant (51.8%), sinusoidal harmonic acceleration (SHA)-gain (53.4%), SHA-phase lead (29.1%) and SHA-asymmetry (23.6%) were found. There was unilateral (20.0%) and bilateral (37.5%) hypo-function when VEMP was tested. Between pre-LD and post-LD groups, VEMP test revealed statistically significant difference between two groups ($p=0.020$). Post-LD groups had more patients of unilateral or bilateral hypofunction in VEMP test. The KCID score showed no significant correlation with vestibular functions.

Conclusion The patients of bilateral profound hearing loss showed unilateral or bilateral vestibular functional abnormality despite of no dizziness. Prevalence of lateral canal dysfunction does not seem to be different between pre-LD group and post-LD group. And post-LD groups have higher probability of saccular dysfunction than pre-LD.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2014;57:89-95

Key Words Cochlear implantation · Hearing loss · Vestibular function.

Received July 22, 2013
Revised September 28, 2013
Accepted October 22, 2013
Address for correspondence
Myung-Whan Suh, MD
Department of Otorhinolaryngology-
Head & Neck Surgery,
Seoul National University College
of Medicine, 101 Daehak-ro,
Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea
Tel +82-2-2072-4845
Fax +82-2-766-2447
E-mail drmung@naver.com

서론

와우(cochlear)와 전정(vestibule)은 해부학 및 발생학적으로 매우 밀접한 연관성이 있다. 그러므로 와우 기능에 유의한

이상이 있는 심도 난청 환자에게서 전정기능의 이상이 동반되는 것을 추측해 볼 수 있다. 기존 연구에 따르면 심도 난청의 소아 환자에서 온도안진검사(caloric test), 회전의자검사(rotational chair test), 전정유발근전위(vestibular evoked myo-

genic potential, VEMP) 검사를 시행하였을 때 각각 50%, 47%, 51%에서 기능감소의 소견을 보였다.¹⁾ 이외에도 심도의 감각신경성 난청의 소아에서 전정유발근전위의 기능감소는 91%에 이른다는 보고도 있었다.²⁾ 이러한 선행 연구 결과는 심도 난청의 소아 상당수에서 전정기능의 저하가 있음을 보여준다. 이와 함께 뇌수막염(meningitis), 돌연변이(genetic mutation)와 같은 병인의 종류에 따라 전정기능의 감소 양상이 상이하게 나타난다는 보고도 있었다.^{1,3,4)}

또한 심도 난청으로 와우의 기능이 감소하였을 때, 그 기능을 전정기관이 보상할 것이라는 가설하에 이루어진 연구도 있다.⁵⁾ 정상 성인에서는 연령이 증가함에 따라 구형낭(sacculle)의 기능이 감소한다고 알려져있지만,⁶⁾ 심도 난청 환자들에서는 연령 증가에도 구형낭의 기능이 유지되는 것을 통해 보상 가설을 주장하였다.⁵⁾ 그렇다면 보상이 가능한 시기인 언어습득 전 시기의 환자와 언어습득 후 난청 환자들의 전정기능 검사 차이가 있을 가능성에 대한 추측해 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 성인 심도 난청 환자를 대상으로 전정기능 감소의 정도를 확인하고, 청력저하의 병태생리에 따른 전정기능 감소 양상을 연구하였다. 또한 인공와우 삽입술을 받은 혹은 받을 예정인 심도 난청 환자에게 있어 언어습득의 여부가 전정기능 감소에 미치는 영향에 대한 분석과 고찰을 시행하였다.

대상 및 방법

환자군

본 연구는 양측 심도 난청으로 인공와우 삽입술을 받기 위해 병원에 방문하여 2009년 12월부터 2012년 11월까지 기간 내에 인공와우 삽입술을 받은 59명의 성인 환자를 대상으로 진행되었다. 심도 난청의 발견시기가 4세 이하이며 언어발달이 전혀 이루어지지 않은 환자를 pre-lingual deaf(pre-LD) group으로 분류하였고 총 59명의 환자군 중 12명이 이 군에 해당되었다. 나머지는 post-lingual deaf(post-LD) group으로 분류하였다. 각 검사항목별로 검사를 시행하지 않은 환자는 분석 시 제외하였고, 온도안진검사와 전정유발근전위 검사를 분석 시에는 중이염을 가진 환자는 제외하였다.

검사종류

환자는 수술 전 온도안진검사, 회전일자검사, 전정유발근전위 등 전정기능을 검사하였다. 이와 함께 수술 전 순음청력 검사를 시행하고 4분법(500, 1000, 2000 Hz)으로 청력의 역치를 구하였다. 또한 청성 뇌간 반응 검사(auditory brainstem response threshold), 내이도 자기공명영상(internal auditory

canal MRI)과 수술 후 측정된 한국어 Central Institute for the Deaf(KCID)를 함께 분석하였다.

온도안진검사

본 검사는 Aqua Stim(Micromedical, Chatham, IL, USA)을 이용하여 수행하였다. 수평반고리관이 수직이 되도록 눕히고 머리를 30° 올린 자세에서 30℃의 찬물과 44℃의 따뜻한 물 250 mL를 이용하여 30초간 각각의 귀에 자극을 주어 검사를 진행하였다.

말초 전정기능을 정량적으로 평가하기 위하여 물의 관류에 의해 유발되는 눈 움직임의 느린 성분(peak slow phase velocity)을 측정하여 비교하는데, 1962년 Jongkees 등⁷⁾에 의해 고안된 'canal paresis 공식'을 이용하여 양측 전정의 기능을 비교하였다. Canal paresis(CP)값이 20% 이상일 경우 일측 기능저하로 분류하였다. 이와 함께 온도안진검사(caloric response)의 slow phase component를 모두 합산한 값이 <20°/sec일 경우 양측 기능저하로 분류하였다.⁸⁾

전정유발근전위

500 Hz의 alternating tone burst의 자극음을 90 dBnHL 강도로 ER-3 삽입형 수화기를 통해 초당 2.1회로 주었다. 자극음의 지속시간은 최대 진폭으로 오르는 생성시간(rise time)과 다시 영점으로 떨어지는 소멸시간(fall time)을 2 msec로 하였고, 최대 진폭이 일정하게 유지되는 자극유지 시간(plateau time)은 3 msec로 하였다. 근전위의 측정은 Navigator Pro. (Bio-logic systems, Mundelein, IL, USA)를 사용하였고, 신호는 30~1500 Hz로 필터링을 하였으며 128회의 반응을 평균하여 기록하였다. p13, n23 각 파형의 잠복기(latency)와 진폭(amplitude)의 분석을 통해 두 파형의 잠복기의 차이인 파간 잠복기(interpeak latency)와 양측 간의 진폭차비(interaural amplitude difference ratio, IAD ratio)를 구하였다. IAD값이 0.2 이상이거나 일측 무반응인 경우 일측 기능저하, 양측 무반응인 경우 양측 기능저하로 분류하였다.

외측반고리관 및 구형낭의 기능이상(Lateral canal dysfunction, saccular dysfunction)

Lateral canal dysfunction과 saccular dysfunction을 정량적으로 표현하기 위해 각각 온도안진검사의 CP(%)값과 전정유발근전위의 IAD(IAD×100, %)값을 이용하였다. 일측 혹은 양측 기능저하의 경우 100%로 대체하여 분석을 시행하였다.

회전일자검사

회전일자검사는 System 2000(Micromedical, Chatham,

IL, USA)을 이용하여 시행하였다. 정현파 회전자극검사는 0.02 Hz, 0.04 Hz, 0.08 Hz, 0.16 Hz, 그리고 0.32 Hz에서 최고 회전각속도 60°/sec로 검사를 시행하여 전정안반사의 이득(안구운동속도의 최고 느린 성분의 강도/머리 즉, 회전의자의 회전속도), 위상(머리운동속도와 안구운동속도의 시간관계)과 대칭성(우측 및 좌측 회전 동안 안구회전속도의 비교)을 구하였다. 등속회전검사는 100°/sec의 회전가속도로 약 1초간 회전하여 100°/sec의 회전속도로 안진이 소실될 때까지 등속회전을 한 후 다시 100°/sec의 회전가속도로 감속하여 회전을 정지시킨 후 나타나는 회전 후 안진을 기록하였다. 회전은 시계방향과 반 시계방향 회전을 번갈아 시행하여, 안진의 초기이득과 시간상수를 비교하였다(평균 시간상수 20초). Step velocity test에서 directional preponderance 값이 20% 이상인 경우 일측 기능저하로 정의하였고, slow cumulative eye position(SCEP)의 총합이 200°/sec 이하이거나 time constants의 총합이 40 sec 이하인 경우 양측 기능저하로 정의하였다. Sinusoidal harmonic acceleration(SHA) test 중 gain은 2개 이상의 주파수에서 0.43 at 0.02 Hz, 0.48 at 0.04 Hz, 0.52 at 0.08 Hz, 0.50 at 0.16 Hz, 0.50 at 0.32 Hz 이하인 경우 low gain으로 정의하였고, phase lead는 2개 이상의 주파수에서 35° at 0.02 Hz, 23° at 0.04 Hz, 13° at 0.08 Hz, 13° at 0.16 Hz, 8° at 0.32 Hz 이상인 경우 phase lead가 있다고 해석하

였다. Asymmetry는 2개 이상의 주파수에서 정상범위보다 15% 이상 편위가 있을 때 이상소견으로 해석하였다.⁹⁾

분석방법

환자군 통계의 결과는 평균±표준편차로 표시하였다. 온도 안진검사, 전정유발근전위, 회전의자검사의 집단 간의 비교는 Pearson's chi-square test를 이용하여 유의성 검정을 하였다. 청력역치, 외측반고리관 및 구형낭의 기능이상의 두 집단 간의 비교는 Mann Whitney U-test를 이용하였고, KCID값과의 상관성은 Spearman correlation analysis를 적용하여 분석하였다. $p<0.05$ 의 유의성 기준으로 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계적 검증을 시행하였다.

결 과

환자군 통계

총 59명의 환자 중 남성 32명, 여성 27명이었으며 평균연령은 48.1 ± 15.2 세였다. 심도 난청이 발생한 나이는 평균 30.7 ± 21.8 세였다. 순음청력검사로 측정된 청력의 평균은 우측 100.0 ± 15.1 dB, 좌측 103.6 ± 15.1 dB이었다. 심도 난청의 원인은 5명에서 와우기형이 발견되었고, 2명이 뇌막염, 11명은 중이염으로 조사되었다. 2명은 약제에 의한 청력저하였으며, 나머

Table 1. Demographics

	Total (n=59)	Pre-LD group (n=12)	Post-LD group (n=47)	p^{\dagger}
Gender (M:F)	32:27	7:5	25:22	
Mean age	48.1 ± 15.2	32.2 ± 10.1	52.2 ± 13.6	<0.001
Onset of hearing loss (yrs)	30.7 ± 21.8	2.75 ± 1.4	37.9 ± 18.5	<0.001
Hearing threshold level (dB)				
Right	100.0 ± 15.1	101.3 ± 12.5	99.9 ± 15.1	0.917
Left	103.6 ± 15.1	103.3 ± 9.8	103.6 ± 27.2	0.992
Cause of hearing loss				
Unknown	39	8	31	
Cochlear malformation*	5	4	1	
Meningitis	2		2	
Chronic otitis media	11		11	
Drug	2		2	
Implanted device				
Cochlear®	47	10	37	
MED EL	9	1	8	
Others	3	1	2	
CI outcome in KCID score				
Post CI 3 mo		17.4 ± 30.1	60.8 ± 38.4	0.02
Post CI 6 mo		34.3 ± 45.0	72.8 ± 34.2	0.02

*pre-LD group (1 EVAS, 3 cochlear nerve hypoplasia), post-LD group (1 EVAS), † difference between pre-LD group and post-LD group (Mann Whitney U-test). pre-LD: pre-lingual deaf, post-LD: post-lingual deaf, KCID: Korean version Central Institute for the Deaf, EVAS: Enlarged Vestibular Aqueduct Syndrome

지 39명은 병인이 밝혀지지 않았거나 감각신경성 난청의 소견을 보였다. 인공와우 삽입술에서 삽입된 기기는 47명이 Cochlear®사, 9명이 MED EL사, 3명이 기타로 조사되었다(Table 1).

Pre-LD group의 12명 중 남성은 7명, 여성은 5명이었으며 평균연령은 32.2 ± 10.1 세였다. 심도 난청이 발생한 나이는 평균 2.75 ± 1.4 세였다. 심도 난청의 원인은 4명에서 와우기형이 발견되었고 나머지 8명은 병인이 밝혀지지 않았다. 언어발달이 이루어진 이후 심도 난청이 발생한 post-LD group은 총 47명으로, 남성 25명, 여성 22명이었으며 평균연령은 52.2 ± 13.6 세였다. 심도 난청이 발생한 나이는 평균 37.9 ± 18.5 세였다(Table 1).

Pre-LD group과 post-LD group 간의 평균나이와 심도 난청의 발생시기는 의미있는 차이를 보였고, 인공와우 삽입술 후 3개월, 6개월에 측정된 KCID 값은 의미있게 post-LD group에서 높았다.

온도안진검사

총 47명의 환자에서 시행된 온도안진검사의 결과 총 28명

(59.6%)에서 일측(n=14, 29.8%) 혹은 양측(n=14, 29.8%) 기능감소를 보였다. Pre-LD group에서는 총 6명(50.0%)에서 일측(n=2, 16.7%) 혹은 양측(n=4, 33.3%) 기능감소를 보였다. Post-LD group에서는 총 22명(62.9%)에서 일측(n=12, 34.3%) 혹은 양측(n=10, 28.6%) 기능감소를 보였다. 두 환자군 간의 온도안진검사상 기능이상을 보인 비율의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.773$)(Table 2).

전정유발근전위

총 40명의 환자에서 시행된 전정유발근전위 검사 결과 총 23명(57.5%)에서 일측(n=8, 20.0%) 혹은 양측(n=15, 37.5%) 기능감소를 보였다. Pre-LD group에서는 총 3명(33.3%)에서 일측(n=3, 33.3%) 기능감소를 보였고, 양측 기능감소는 없었다. post-LD group에서는 총 20명(64.5%)에서 일측(n=5, 16.1%) 혹은 양측(n=15, 48.4%) 기능감소를 보였다. Pre-LD group보다 post-LD group에서 통계적으로 유의하게 많은 비율의 환자에서 기능감소를 보였고($p=0.020$), 일측 감소보다 양측 감

Table 2. Proportion of patients with abnormal caloric test results

	Total (n=47)	Pre-LD group (n=12)	Post-LD group (n=35)	<i>p</i> *
Normal	19 (40.4%)	6 (50.0%)	13 (37.1%)	0.773
Unilateral weakness	14 (29.8%)	2 (16.7%)	12 (34.3%)	
Bilateral weakness	14 (29.8%)	4 (33.3%)	10 (28.6%)	

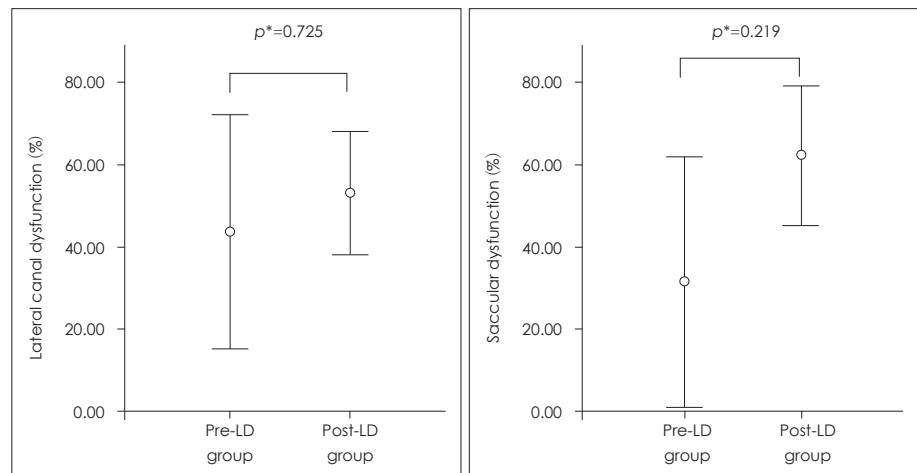
Unilateral weakness, canal paresis >20%; Bilateral weakness, slow phase component sum of all 4 caloric response <20°/sec. *difference between pre-LD group and post-LD group (linear-by-linear association of Pearson's chi-square test). pre-LD: pre-lingual deaf, post-LD: post-lingual deaf

Table 3. Proportion of patients with abnormal VEMP results

	Total (n=40)	Pre-LD group (n=9)	Post-LD group (n=31)	<i>p</i> *
Normal	17 (42.5%)	6 (66.6%)	11 (35.5%)	0.020
Unilateral abnormality	8 (20.0%)	3 (33.3%)	5 (16.1%)	
Bilateral abnormality	15 (37.5%)	0 (0%)	15 (48.4%)	

Unilateral abnormality, inter aural amplitude difference > 20% or unilateral no response at 90 dBnHL; Bilateral abnormality, bilateral no response at 90 dBnHL. *difference between pre-LD group and post-LD group (linear-by-linear association of Pearson's chi-square test). pre-LD: pre-lingual deaf, post-LD: post-lingual deaf, VEMP: vestibular evoked myogenic potential

Fig. 1. Differences in lateral canal function and saccular function between pre-lingual and post-lingual hearing loss groups. The lateral canal function represented by caloric test was similar between the two groups. And, saccular function showed no significant difference between the two groups. *difference between pre-LD group and post-LD group (Mann Whitney U-test). pre-LD: pre-lingual deaf, post-LD: post-lingual deaf.



소가 높게 나타났다(Table 3).

다($p=0.219$)(Fig. 1).

외측반고리관 및 구형낭의 기능이상

온도안진검사의 CP값과 전정유발근전위의 IAD값을 이용하여 lateral canal dysfunction(%)과 saccular dysfunction(%)의 정도를 수치화하였고, 이것이 pre-LD group과 post-LD group 간에 통계적으로 의미있는 차이를 보이는지를 확인하였다. 외측반고리관의 기능저하는 두 군 간의 차이가 없었고($p=0.725$) 구형낭의 기능저하 또한 의미있는 차이를 보이지 않았

회전의자검사

회전의자검사(rotation chair test) 결과, 총 58명의 환자 중 23.6~53.4%의 환자에서 이상소견이 나타났다. Step velocity test에서 SCEP의 일측 혹은 양측의 이상은 43.1%($n=25$)로 나타났다고, time constant는 51.8%($n=31$)에서 이상소견을 보였다. SHA test에서는 low gain이 53.4%($n=31$), phase lead가 29.1%($n=16$), asymmetry는 23.6%($n=13$)로 나타났다. 회전의자검

Table 4. Proportion of patients with abnormal rotation chair results

	Total (n=58)	Pre-LD group (n=12)	Post-LD group (n=46)	p^*
Step velocity test				
SCEP DP				0.252
Normal	33 (56.9%)	9 (75.0%)	24 (52.2%)	
Unilateral weakness	5 (8.6%)	0 (0.0%)	5 (10.9%)	
Bilateral weakness	20 (34.5%)	3 (25.0%)	17 (37.0%)	
Time constant DP				0.372
Normal	28 (48.3%)	7 (58.3%)	21 (45.7%)	
Unilateral weakness	15 (25.9%)	3 (25.0%)	12 (26.1%)	
Bilateral weakness	15 (25.9%)	2 (16.7%)	13 (28.3%)	
Sinusoidal harmonic acceleration test				
Low gain	31/58 (53.4%)	5/12 (41.7%)	26/43 (56.5%)	0.362
Phase lead	16/55 (29.1%)	2/12 (16.7%)	14/43 (32.6%)	0.352
Asymmetry	13/55 (23.6%)	1/12 (8.3%)	12/43 (27.9%)	0.162

*difference between pre-LD group and post-LD group (linear-by-linear association of Pearson's chi-square test). SCEP: slow cumulative eye position, DP: directional preponderance, pre-LD: pre-lingual deaf, post-LD: post-lingual deaf

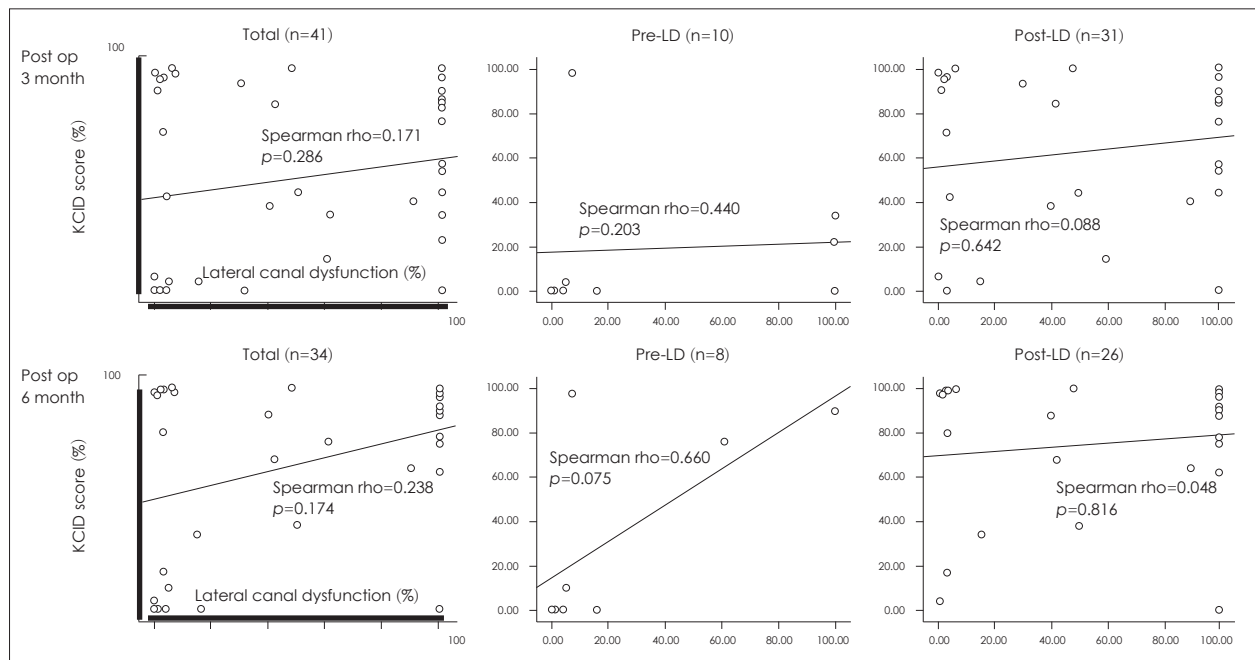


Fig. 2. Correlation between lateral canal dysfunction and post CI 3/6 month KCID score. There was no correlation between lateral canal dysfunction and postop. 3/6 month KCID score (Spearman correlation analysis). CI: canal paresis, KCID: Korean version Central Institute for the Deaf, pre-LD: pre-lingual deaf, post-LD: post-lingual deaf.

사의 각 항목에서 pre-LD group과 post-LD group 간의 차이가 있는지를 검정한 결과, 통계적으로 의미있는 차이를 보이는 항목은 없었다(Table 4).

KCID값과의 상관관계

외측반고리관의 기능이상

온도안진검사 결과로부터 유추한 lateral canal dysfunction (%)과 인공와우 삽입술 후 예후를 예측할 수 있는 KCID값 간의 상관성이 있는지를 검정하였다. Postop. 3 month KCID ($\rho=0.171$, $p=0.286$)와 6 month KCID ($\rho=0.238$, $p=0.174$), 모두에서 통계적 유의성은 없었다. 또한 pre-LD group과 post-LD group으로 나누어, 각각에서 시행한 상관분석에서도 유의미한 결과를 얻지 못하였다(Fig. 2).

구형낭의 기능이상

전정유발근전위 검사결과로부터 유추한 saccular dysfunction(%)과 KCID값 간의 상관성을 확인하였다. Postop. 3 month KCID ($\rho=0.190$, $p=0.267$)와 6 month KCID ($\rho=0.161$, $p=0.386$), 모두에서 통계적 유의성은 없었다. 또한 pre-LD group과 post-LD group 각각에서 시행한 상관분석에서도 유의미한 결과를 얻지 못하였다(Fig. 3).

고찰

심도 난청의 성인에서 전정기능 검사를 시행한 결과, 59.6%의 환자에서 온도안진검사상 일측 혹은 양측 기능감소 소견이 나타났다. 또한 전정유발근전위 검사에서는 57.6%가 일측 혹은 양측의 기능감소 소견을 보였다. 이는 소아를 대상으로 한 기존의 연구결과와 일치한다.^{1,2)} 따라서 심도 난청의 환자에서 전정기능의 감소가 동반될 가능성이 높으며, 인공와우 삽입술 전후에 전정기능에 대한 검사가 중요한 임상적 의미를 가질 수 있음을 알 수 있다(Table 2 and 3).¹⁰⁾

위에 기술했듯이 심도 난청의 소아 환자에서 온도안진검사, 회전자검사, 전정유발근전위 검사를 시행하였을 때 각각 50%, 47%, 51%에서 기능감소의 소견을 보였다.¹⁾ 이외에도 심도의 감각신경성 난청의 소아에서 전정유발근전위의 기능감소는 91%에 이른다는 보고도 있었다.²⁾ 이러한 선행 연구 결과는 심도 난청의 소아 상당수에서 전정기능의 저하, 특히 전정유발근전위의 기능감소를 주목할 필요가 있음을 보여준다. 이는 고주파수 난청(high frequency hearing loss)이 전정유발근전위 진폭과 연관성을 가지는 반면 온도안진검사, o-VEMP, head thrust dynamic visual acuity 검사에서는 연관성이 없음을 밝힌 기존 연구에서도 알 수 있다.¹¹⁾ 또한 심도 난청의 소아 환자에서 전정유발근전위 진폭이 의미있게 낮음을 보고한 연구도 있었다.¹²⁾ 이것은 소음성 난청의 경우 와우, 구

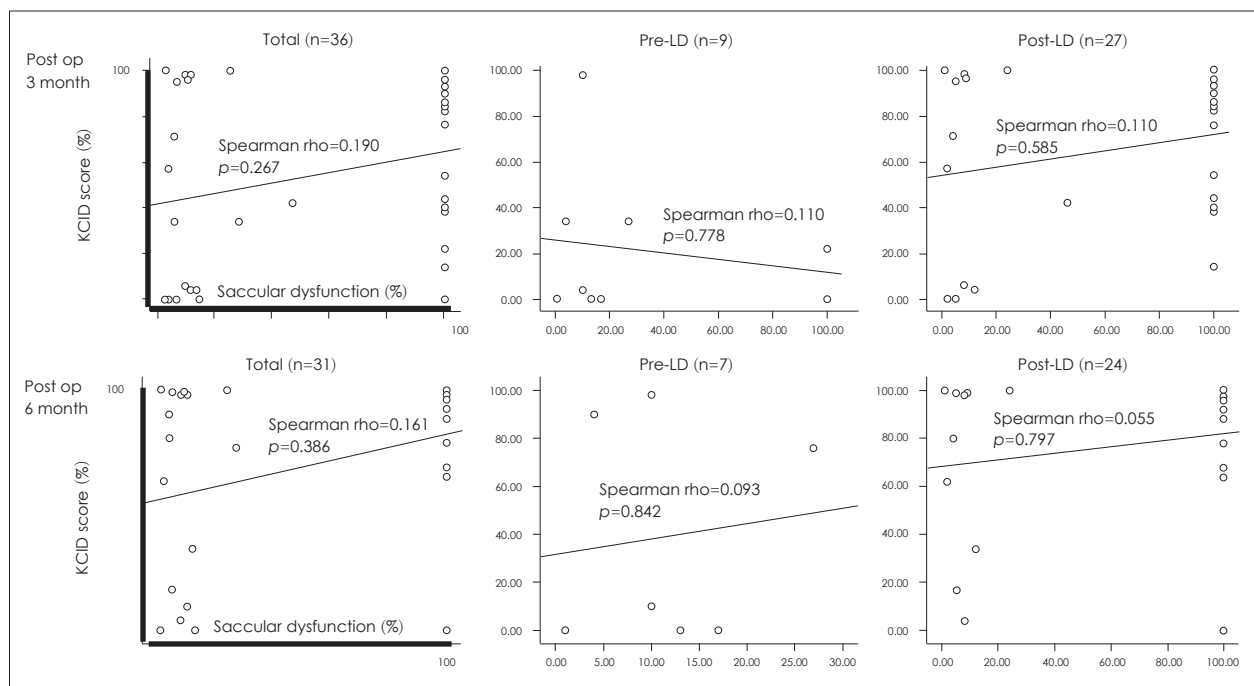


Fig. 3. Correlation between saccular dysfunction and post CI 3/6 month KCID. There was no correlation between saccular dysfunction and postop. 3/6 month KCID score (Spearman correlation analysis). CI: canal paresis, KCID: Korean version Central Institute for the Deaf, pre-LD: pre-lingual deaf, post-LD: post-lingual deaf.

형낭, 난형낭, 반고리관 순서로 손상의 정도가 약해진다는 기존의 보고에서 병태생리적인 근거를 찾을 수 있다.¹³⁾

Pre-LD group과 post-LD group 간의 전정기능 감소의 양상을 비교하였을 때 온도안진검사는 의미있는 차이를 보이지 않은 반면($p=0.773$), 전정유발근전위 검사는 두 환자군 간의 의미있는 차이를 보였다($p=0.020$). 이는 구형낭이 외측반고리관보다 해부학적, 발생학적으로 와우와 더 밀접한 관계를 가지기 때문인 것으로 추측된다(Table 2 and 3).^{11,14)} 또한 두 군간의 전정유발근전위 결과의 차이를 위에서 기술했던 새로운 가설인 구형낭의 보상작용으로도 설명해 볼 수 있다.⁵⁾ Post-LD group의 경우 정상인과 비슷하게 나이에 따른 구형낭의 기능감소가 나타나는 반면 pre-LD group은 구형낭의 보상작용에 의해서 상대적으로 구형낭의 기능이 유지되는 것으로 해석해 볼 수 있다. 회전의자검사에서 step velocity test의 gain(43.1%)과 time constant(51.8%), SHA test의 gain(53.4%), phase lead(29.1%), asymmetry(23.6%)에서 일측 혹은 양측의 이상소견을 보였다. 이는 온도안진검사의 결과와 상응하는 결과로, pre-LD group과 post-LD group 간의 상관성은 없는 것으로 나타났다. 전정유발근전위와 달리 회전의자검사에서 두 환자군 간의 유의미한 차이가 없는 것은 청력저하에 따른 외측반고리관의 영향이 구형낭보다 상대적으로 적기 때문으로 해석할 수 있다(Table 4).¹³⁾

인공와우 삽입술 전의 전정기능 검사의 임상적 의미를 파악하기 위하여 환자의 lateral canal dysfunction과 saccular dysfunction이 수술 후 예후를 측정한 KCID값과 상관관계가 있는지를 확인하였다. 분석결과 전정기능과 인공와우 삽입술 후 예후 간에는 의미있는 상관관계가 없는 것으로 나타났다(Figs. 2 and 3).

결론적으로 심도 난청의 환자 중 다수가 전정기능의 감소 소견을 보인다는 것을 본 연구에서 알 수 있었다. 또한 언어 습득 후 난청 환자의 경우, 더 많은 수에서 구형낭의 기능이 감소한 소견을 보였다.

이전의 연구에서 따르면, 청력감소와 관계없이 연령이 증가함에 따라서 전정기능의 감소가 나타난다.^{6,11)} 따라서 향후 환

자 연령과 같은 다양한 복합인자를 고려한 추가연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 많은 심도 난청 환자에서 전정기능 감소가 나타난 현상에 대해 병태생리학적인 규명이 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- 1) Cushing SL, Gordon KA, Rutka JA, James AL, Papsin BC. Vestibular end-organ dysfunction in children with sensorineural hearing loss and cochlear implants: an expanded cohort and etiologic assessment. *Otol Neurotol* 2013;34(3):422-8.
- 2) Zhou G, Kenna MA, Stevens K, Licameli G. Assessment of saccular function in children with sensorineural hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;135(1):40-4.
- 3) Dodson KM, Blanton SH, Welch KO, Norris VW, Nuzzo RL, Wegelin JA, et al. Vestibular dysfunction in DFNB1 deafness. *Am J Med Genet A* 2011;155A(5):993-1000.
- 4) van Drunen FJ, Pauw RJ, Collin RW, Kremer H, Huygen PL, Cremers CW. Vestibular impairment in a Dutch DFNA15 family with an L289F mutation in POU4F3. *Audiol Neurotol* 2009;14(5):303-7.
- 5) Trivelli M, Potena M, Frari V, Petitti T, Deidda V, Salvinelli F. Compensatory role of saccule in deaf children and adults: novel hypotheses. *Med Hypotheses* 2013;80(1):43-6.
- 6) Ochi K, Ohashi T. Age-related changes in the vestibular-evoked myogenic potentials. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;129(6):655-9.
- 7) Jongkees LB, Maas JP, Philipszoon AJ. Clinical nystagmography. A detailed study of electro-nystagmography in 341 patients with vertigo. *Pract Otorhinolaryngol (Basel)* 1962;24:65-93.
- 8) Herdman SJ, Hall CD, Schubert MC, Das VE, Tusa RJ. Recovery of dynamic visual acuity in bilateral vestibular hypofunction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;133(4):383-9.
- 9) Park HM, Kim YH, Rhee CK. Diagnostic value of velocity step rotational test on unilateral peripheral vestibulopathy. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 1998;41(1):21-7.
- 10) Katsiari E, Balatsouras DG, Sengas J, Riga M, Korres GS, Xenelis J. Influence of cochlear implantation on the vestibular function. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270(2):489-95.
- 11) Zuniga MG, Dinkes RE, Davalos-Bichara M, Carey JP, Schubert MC, King WM, et al. Association between hearing loss and saccular dysfunction in older individuals. *Otol Neurotol* 2012;33(9):1586-92.
- 12) Singh S, Gupta RK, Kumar P. Vestibular evoked myogenic potentials in children with sensorineural hearing loss. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2012;76(9):1308-11.
- 13) Tseng CC, Young YH. Sequence of vestibular deficits in patients with noise-induced hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270(7):2021-6.
- 14) Johnsson LG. Degenerative changes and anomalies of the vestibular system in man. *Laryngoscope* 1971;81(10):1682-94.