

The Effects of Alcohol Intake on OHCs Activity

Min Sung Kim¹, Dong Hoon Lee², Soon Bok Kwon^{3*}

¹ Major in Cognitive Science, Pusan National University, Doctor's Course

² Dept. of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery and Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Audiologist

³ Dept. of Language and Information, Pusan National University, Professor

Purpose: Alcohol is an ototoxic drug that is known to negatively affect cells and nerves related to hearing in the short and long term. This study was conducted to immediately examine changes in auditory and OHCs activity before and after alcohol intake.

Methods: Subjects without middle ear or hearing problems were selected according to the criteria of this study, and K-MMSE, PTA, TEOAE, and DPOAE were measured for the selected subjects. Thereafter, alcohol was freely ingested in a noise-controlled environment, and blood alcohol concentration was measured after 90 minutes. The PTA, TEOAE, and DPOAE were re-measured for subjects who were judged to have no cognitive problems in the K-MMSE re-measurement. The difference in hearing and OHCs activity before and after drinking was compared and analyzed using a *t*-test with blood alcohol concentration as a co-variate after drinking.

Results: First, the average score of K-MMSE before alcohol intake was 29.3, and the average score after ingestion was 28.3, and the average blood alcohol level was .13 from .05 to .21. Second, after alcohol intake, the PTA threshold increased in most frequencies, confirming negative changes, and TEOAE and DPOAE emissions responses also showed a tendency to decrease in most frequencies after alcohol intake. Third, there was no significant correlation by frequency of PTA, TEOAE, and DPOAE before and after alcohol intake. Fourth, blood alcohol level did not have a significant effect on hearing and OHCs activity before and after alcohol intake.

Conclusions: It was confirmed through experiments that the intake of alcohol has an immediate negative effect on human hearing and OHCs activity, regardless of cognitive ability and blood alcohol level.

Keywords: Outer hair cell (OHCs), pure tone audiometry (PTA), transiently evoked otoacoustic emission (TEOAE), distortion product otoacoustic emission (DPOAE), alcohol

Correspondence : Soon Bok Kwon, PhD

E-mail : sbkwon@pusan.ac.kr

Received : November 07, 2022

Revision revised : December 23, 2022

Accepted : January 31, 2023

ORCID

Min Sung Kim

<https://orcid.org/0000-0001-7459-4233>

Dong Hoon Lee

<https://orcid.org/0000-0003-3678-5738>

Soon Bok Kwon

<https://orcid.org/0000-0002-9424-0077>

1. 서론

술은 에틸알코올과 물이 주성분인 액체로 가장 널리 남용되는 향정신성 약물이다. 에틸알코올은 에탄올(ethanol)이라 불리는 그래프 당 7.1kcal의 빈 에너지원으로, 과도하게 체내에 흡수되면 정상 영양소를 대체하여 엽산, 티아민, 비타민 등의 결핍과 영양실조를 유발하고 신진대사와 영양소의 흡수장애를 발생시키며(Lieber et al., 2012), 탈수, 변비, 빈혈 등을 유발하기도 한다(Bae et al., 1998).

매일 표준 잔(standard drink)으로 1~3잔 이하의 알코올 섭취는 인지저하를 막고 노인성 및 혈관성 치매를 감소시킬 수 있다(Standridge et al., 2004)는 연구가 있지만, 보통 만성적

음주는 신경 독성 작용으로 심각한 인지기능 손상, 치매, 베르니케-코르사코프(Wernicke-Korsakoff) 증후군을 발생시킬 수 있으며(Cho et al., 2009), 알코올 사용장애 환자의 약 50~80%는 정도의 차이를 보이긴 하나 신경 인지기능의 손상을 보인다고 추정할 수 있다(Bates et al., 2002).

이 알코올은 뇌손상으로 인지에 영향을 주는 것을 넘어 일부 신경과 세포에도 영향을 준다는 연구들이 다수 존재하며 시각이 대표적이다. 지속적 알코올 섭취로 흰 쥐의 시각위해와 시상하부의 시냅스가 감소 되는 모습이 발견되었고(Cheon et al., 2006), 시각적 인식능력의 감소(Kim et al., 2019), 그리고 시각과 시야의 감소도 발견되었다(Jeong et al., 2016).

시각과 마찬가지로 알코올의 섭취는 청각에도 부정적 영향을 주었는데, 실험 쥐(guinea pig)의 귀에 여러 가지 방법으로 에탄올을 주입하여 이독성 효과를 살펴본 연구(Morizono & Sikora, 1981)에서는 주입 방법에 따라 조금의 차이를 보이긴 하였지만, 전체적으로 에탄올의 직접적 주입이 실험 쥐의 내이

발전(generation)기능을 저하시켰다는 결과를 얻었고, Popelka 등(2000)의 연구에서는 음주 후 대상자 5명의 청각역치가 두 개의 주파수에서 상승하였고(고주파수 < 저주파수), 등골근반사 역치(acoustic reflex threshold)는 감소하는 결과를 얻기도 하였다. 대만의 젊은 성인 8명을 대상으로 보드카 섭취 전·후 와우의 기능을 변조이음향방사(DPOAE)를 통해 분석한 급속연구(Hwang et al., 2003)에서도 일부 고주파수에서 방사음(emission)이 줄어드는 모습을 보여 외유모세포의 활성도가 떨어졌다는 결과를 얻었다.

여기서 주의를 끄는 점은 외유모세포의 활성도 감소이다. 달팽이관 유모세포(hair cell of cochlea)는 내이의 와우 내 코르티 기관(organ of corti)에 위치한 머리카락 모양의 감각수용세포로써 외유모세포(OHCs)와 내유모세포(IHCs)로 나누어진다. 이 중 외유모세포는 내유모세포에 비해 바깥쪽에 위치한 .001mm의 아주 작은 세포로, 내이로 들어온 유체에너지의 크기에 따라 몸체를 늘리고 줄이며 적절하게 증폭시켜주는 내이의 발전기 역할을 수행하며, 동시에 난원장을 통해 내림프(endolymph)로 전달되는 유체에너지를 전기적 에너지로 변환시켜주는 역할을 수행한다. 또한 이 외유모세포는 대뇌의 직접적 지배를 거의 받지 않는다고 알려진 원심성 95%로 이루어진 세포로써, 신경의 손상과는 별개로 알코올이 세포에 직접적 영향을 줄 수 있다는 부분을 증명하기에 적합한 세포이다.

외유모세포는 여러 가지 요소에 민감한 영향을 받는다는 연구들이 있어왔는데, 특히 이독성(ototoxicity) 약물들에 매우 약한 모습을 보인다. 일부 항생제, 이노제, 항암제 또는 강한 산성 또는 알칼리성 약물들의 오용은 유모세포 손상을 유발하는 대표적인 문제로 지적되기도 하며(Kettle & Schacht, 2002), 우리가 주로 술을 통해 섭취하는 알코올도 대표적인 이독성 약물 중 하나로 명확하게 밝혀진 메커니즘은 없으나 외유모세포에 부정적인 영향을 준다는 여러 가지 연구들이 존재한다(Morizono & Sikora, 1981).

외유모세포의 손상은 외이의 발전기능을 저하시켜 가청 음역대의 강도에 부정적 영향을 미치는 것 외에도 가청 주파수 내의 어음 변별능력에도 부정적인 영향을 준다. 외유모세포의 활동적 움직임은 와우의 중간계(scala media)로 들어온 유체에너지를 주파수별로 보다 날카롭게 만들어주어 말소리 인지를 보다 쉽게 만들어주는 역할을 수행하는 데, 이는 소리의 음색을 보다 명료하게 만들어주는 효과를 준다고 알려져 있다(Son, 2012).

164,770명의 40~69세 영국 성인을 대상으로 진행한 음주와 흡연에 관한 연구에서는 주기적으로 알코올을 섭취하는 대상군이 그렇지 않은 대상군에 비해 소음하에서 말소리를 인지하는 능력이 부족하다고 보고하였으며(Dawes et al., 2014), 이는 이독성분인 알코올의 장기적인 섭취가 외유모세포의 활동성에 영향을 준 결과로 볼 수도 있다.

지속적인 말소리 인지 및 변별능력의 저하는 나이가 청각적 이해력에 부정적인 영향을 줄 것이며 수용언어능력의 저하로 이어진다. 언어능력의 저하는 이어서 의사소통과 인지의 저하, 인간관계의 실패, 부정적 정서 등 인생 전반으로 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있음을 시사한다.

다수의 연구에서 알코올의 독성이 대뇌 인지 및 청각역치, 내이 유모세포의 활성화에 이르기까지 부정적 영향을 주었다는 여러 주장들이 있었지만, 알코올 섭취로 인해 미칠 수 있는 인지적 문제를 통제하며 진행한 연구는 찾아보기 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 알코올 섭취가 정상성인의 청각과 외유모세포에 미치는 영향을 전·후 비교 급속 연구로 확인하고자 하며, 인지수준과 혈중알코올 농도를 통제하여 어떠한 상관관계가 있는지를 추가로 알아보려 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

첫째, 실험 전 이경검사서 외이도와 고막에 이상이 없으며, 고막운동성계측에서 중이강 압력(middle ear pressure: MEP)이 ± 50 daPa 이내, 외이도용적(ear canal volume: ECV)이 .6~2cc 이내, 정적탄성(static compliance: SC)이 .3~1.5ml 이내에 위치하는 A type이어야 한다. 단 순음청력검사(pure tone audiometry: PTA)에서 골·기도 역치 차이(air-bone gap: ABG)가 5dB HL이내라면 As type, Ad type도 대상자가 될 수 있다.

둘째, 정상 청력을 가진 성인이어야 하며, 실험 전 실시한 순음청력검사서 1k Hz, 2k Hz, 3k Hz, 4k Hz의 역치를 모두 더한 후 4로 나누어 산출한 고 주파수 역치 평균값이 25dB HL 이내에 존재해야 한다.

셋째, 메니에르병을 포함한 내이 관련 질환이 없어야 한다.

넷째, 심리·청각적인 영향을 받을 수 있는 정신 관련 질환(우울증, 정신분열증 등)이 없고, 인지력(K-MMSE 24점 이상)에 문제가 없어야 한다.

다섯째, 알코올 사용장애로 치료받고 있거나, 치료를 받은 경력이 없어야 한다.

여섯째, 알코올의 섭취 후 재측정 과정에서 알코올의 과도한 섭취로 인지기능이 저하된 경우(K-MMSE 20점 미만) 실험대상자에서 제외한다.

위 조건을 모두 충족하는 20대 남·여 13명을 대상으로 연구를 진행하였으며, 참여 전 연구의 목적에 대한 충분한 설명을 하고 참여 동의를 받은 후 연구를 진행하였다. 대상자 중 1명은 과거 중이염을 앓았던 적이 있었고 고막운동성 검사서 Ad type이 나왔지만, 현재는 회복되었고 ABG가 5dB HL 이내로 나와 대상자에 포함하였다. 하지만 혈중알코올농도가 비정상적으로 높게 나온 한 명은 예외적으로 대상자에서 제외하여, 12명(24귀) 남자 3명, 여자 9명을 최종 연구대상자로 선정하였다.

2. 연구대상

본 연구에서는 대상자의 모든 검사는 연구자 외 2명의 검사자가 교차로 시행하였으며, 검사자는 모두 부산 P 대학병원 소

속으로 청각사로 근무한 경력이 3년 이상인 검사자로 하였으며, 이후 2명의 청각사가 검사 결과를 받아 함께 분석하였다.

3. 검사도구 및 절차

본 연구는 부산의 ○○대학병원 청력검사실에서 진행되었으며, 부산 중독관리 통합 지원센터에서 혈중알코올농도 측정기를 지원받아 실험에 사용하였다. 연구에 사용된 모든 장비는 매년 정기적인 정밀 보정을 받고 있으며, 실험이 진행된 방음 부스 내 소음 기준은 40dB A(ANSI-1960)를 넘지 않았다.

1) 1차 대상자 선별검사(이경검사, 고막운동성계측, 순음청각검사)
이경검사는 대상자가 편안하게 의자에 착석한 상태에서, 대상자의 귀를 이경(otoscope, HEINE NT-200, USA)을 이용하여 육안으로 관측하고, 고막운동성계측(middle ear analyzer, Tymstar pro, GSI, USA)을 실시하였다. 이후 2중벽 청각 방음실(double-wall audiometric booth, SDD-280, Korea)에서 순음청력검사(audiometry, AC40, interacoustics, Denmark)를 시행하였으며, 기도전도(air conduction)는 헤드셋(audio headset, TDH-39, USA), 골전도(bone conduction)는 골진동기(bone vibrator, Radioear B71, USA)로 시행하였다.

2) 2차 대상자 선별검사(간이정신상태검사)
1차 선별검사에서 선별된 대상자들에 대해서 과거 병력 유·무에 대한 가벼운 인터뷰를 진행한 후, 대상자의 지남력, 주의집중력, 연산능력, 기억력, 언어능력을 선별할 수 있는 간이정신상태검사(Korean Mini-Mental Statue Examination: K-MMSE, 분당서울대학교병원, 2009)를 실시하였다.

3) 본검사(일과성이음향방사, 변조이음향방사)
앞서 시행한 선별검사에서 문제가 없는 대상자들만 본 실험을 진행하였으며, 외유모세포의 활성도를 확인하기 위해 이음향방사검사(otoacoustic emissions, ILO-6, Korea)를 실시하였다. 이음향방사검사 역시 동일한 방음부스에서 실시하였으며, 일과성이음향방사(transiently evoked otoacoustic emission: TEOAE)와 변조이음향방사(distortion product otoacoustic emission: DPOAE)를 실시하였다.

4) 알코올의 섭취
대상자는 모든 검사가 끝난 후 동시에 알코올 섭취를 시작하였다. 알코올을 섭취할 때, 알코올의 양과 종류, 안주의 유·무, 수분 섭취량은 통제하지는 않았다. 하지만 시끄러운 환경이 지속되어 발생하는 일과성난청을 통제하기 위해 음주상황에서 소음측정기(sound level meter, smart app, Korea)로 소음은 지속적으로 85dB A이하로 유지되는지 확인하였다.

알코올의 섭취 시간은 4시간(±1시간)으로 제한하였고, 만약 대상자가 심하게 만취하여 연구를 진행할 수 없을 정도가 된다면 대상자에서 제외하였다.

5) 알코올의 측정과 재검사
알코올 섭취 후 1시간~1시간 30분 사이에 각 대상자에게 혈중알코올농도 측정기(blood alcohol concentration meter, Alcocell CA20FS, casio, Japan)를 이용하여 1분의 간격을 두고 총 3번의 혈중알코올농도검사를 실시하여 평균치를 구하였다. 측정 후 알코올 섭취 전 진행하였던 검사들을 동일한 순서로 진행하였다.

4. 결과처리

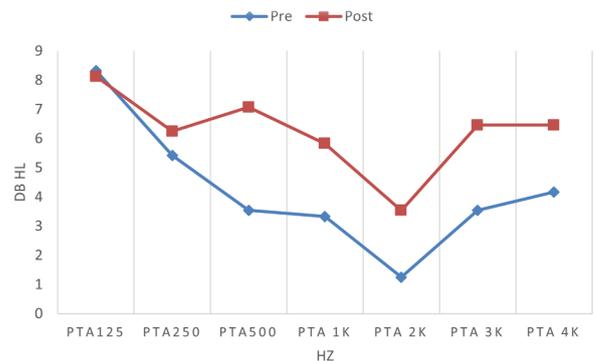
대상자의 양쪽 귀에서 측정된, PTA의 1k, 2k, 3k, 4kHz의 역치(dB HL), TEOAE의 1k, 2k, 2.8k, 4k Hz의 방사음 절대값(dB peSPL), DPOAE의 1k, 2k, 2.8k, 4k Hz의 방사음 절대값(dB SPL)을 소수점 두 번째 자리까지 구하고, SPSS 22.0을 이용하여 전·후의 차이의 상관계수를 구하였으며, 각 검사별로 알코올 섭취 전·후의 차이를 혈중알코올농도 × 100을 변인으로 두고 대응표본 t-test로 분석하였다.

III. 연구결과

알코올 섭취 전·후의 K-MMSE 점수 차이를 살펴보면 대상자별 일반적인 특징으로는 K-MMSE 점수는 알코올 섭취 전 최저 28에서 최대 30점으로 평균이 29.3점으로 나타났고, 알코올 섭취 후 최저 23에서 최대 30점으로 평균 28.3점으로 나타났다. 대상자의 혈중알코올농도는 12명의 대상자 혈중알코올농도는 최저 .05에서 최대 .21까지 평균 .13으로 나타났다.

1. 알코올 섭취 전·후 외유모세포 활동의 변화

1) 알코올 섭취 전·후의 PTA 역치 차이



Note. PTA=pure tone audiometry.

Figure 1. PTA threshold difference before and after alcohol intake (125k~4k Hz)

알코올 섭취 전 순음청력검사서 125Hz에서 8.33, 250Hz에서 5.42, 500Hz에서 3.54, 1k Hz에서 3.33dB HL, 2k Hz에서 1.25dB HL, 3k Hz에서 3.54dB HL, 4k Hz에서 4.17 dB

HL로 나왔고, 알코올 섭취 후, 125Hz에서 8.13, 250Hz에서 6.25, 500Hz에서 7.08, 1k Hz 5.83dB HL, 2k Hz에서 3.54dB HL, 3k Hz에서 6.46dB HL, 4k Hz에서 6.46dB HL로 나와 대부분의 주파수에서 소폭 상승하였다.

Table 1. PTA threshold difference before and after alcohol intake (125~1k Hz)

PTA	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz
Pre (dB HL)	8.33	5.42	3.54	3.33
Post (dB HL)	8.13	6.25	7.08	5.83

Note. PTA=pure tone audiometry.

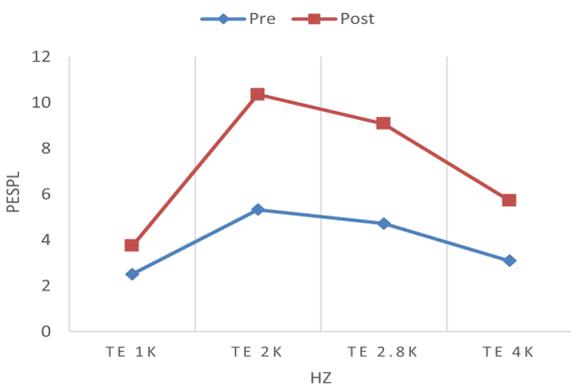
Table 2. t-test result of PTA threshold difference before and after alcohol intake (1k~4k Hz)

		N=24		
		M (SD)	t	
PTA 1k Hz HL	Pre	3.33 (3.81)	-4.153***	
	Post	5.83 (3.81)		
PTA 2k Hz HL	Pre	1.25 (3.38)	-2.882**	
	Post	3.54 (3.45)		
PTA 3k Hz HL	Pre	3.54 (5.61)	-3.444**	
	Post	6.46 (6.67)		
PTA 4k Hz HL	Pre	4.17 (4.82)	-3.114**	
	Post	6.46 (4.77)		

Note. PTA=pure tone audiometry.
p<.01, *p<.001

알코올 섭취 전과 후의 PTA 검사 상 각 주파수별 역치를 비교 해본 결과, 1k Hz(p<.001), 2k Hz(p<.01), 3k Hz(p<.01), 4k Hz(p<.01)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

2) 알코올 섭취 전·후의 TEOAE 방사음 절대치 차이



Note. TEOAE=transiently evoked otoacoustic emission; PESPL=peak equivalent SPL.

Figure 2. TEOAE response difference before and after alcohol intake (1k~4k Hz)

알코올 섭취 전 일과성이음향방사 결과는 1k Hz에서 2.52 peSPL, 2k Hz에서 5.33 peSPL, 2.8k Hz에서 4.73 peSPL, 4k Hz에서 3.10 peSPL로 드러났고, 알코올 섭취 후에는 1k Hz에서 2.52 peSPL, 2k Hz에서 5.03 peSPL, 2.8k Hz에서 4.35 peSPL, 4k Hz에서 2.63 peSPL로 나타났다.

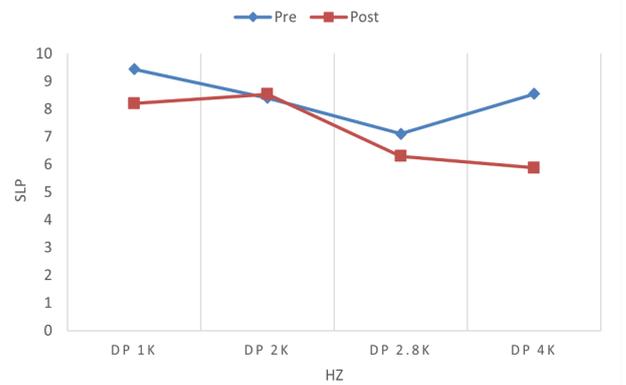
Table 3. t-test result of TEOAE response difference before and after alcohol intake (1k~4k Hz)

		N=24		
		M (SD)	t	
TEOAE 1k peSPL	Pre	2.52 (5.23)	3.594**	
	Post	1.23 (5.68)		
TEOAE 2k peSPL	Pre	5.33 (5.41)	1.465	
	Post	5.03 (5.72)		
TEOAE 2.8k peSPL	Pre	4.73 (5.07)	2.885**	
	Post	4.35 (5.26)		
TEOAE 4k peSPL	Pre	3.10 (5.72)	2.127**	
	Post	2.63 (6.34)		

Note. TEOAE=transiently evoked otoacoustic emission.
p<.01, *p<.001

알코올 섭취 전과 후의 TEOAE 검사 상 각 주파수별 방사음 크기를 비교해본 결과, 1k Hz(p<.01), 2.8k Hz(p<.01), 4k Hz(p<.01)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

3) 알코올 섭취 전·후의 DPOAE 방사음 절대치 차이



Note. DPOAE=distortion product otoacoustic emission.

Figure 3. DPOAE response difference before and after alcohol intake (1k~4k Hz)

알코올 섭취 전 변조이음향방사 결과는 1k Hz에서 9.44dB SPL, 2k Hz에서 8.40dB SPL, 2.8k Hz에서 7.11dB SPL, 4k Hz에서 8.55dB SPL로 나타났다. 알코올 섭취 후에는 1k Hz에서 8.20dB SPL, 2k Hz에서 8.54dB SPL, 2.8k Hz에서 6.30dB SPL, 4k Hz에서 5.88dB SPL로 나타났다.

Table 4. *t*-test result of TEOAE response difference before and after alcohol intake (1k~4k Hz)

		N=24	
		M (SD)	t
DPOAE 1k SLP	Pre	9.44 (4.90)	3.470**
	Post	8.20 (5.57)	
DPOAE 2k SLP	Pre	8.40 (7.71)	-.394
	Post	8.54 (7.38)	
DPOAE 2.8k SLP	Pre	7.11 (6.97)	1.424
	Post	6.30 (6.46)	
TEOAE 4k SLP	Pre	8.55 (5.68)	2.948**
	Post	5.88 (7.39)	

Note. TEOAE=transiently evoked otoacoustic emission; DPOAE=distortion product otoacoustic emission.
** $p < .01$, *** $p < .001$

알코올 섭취 전과 후의 DPOAE 검사 상 각 주파수별 방사음 크기를 비교해본 결과, 1k Hz($p < .01$), 4k Hz($p < .01$)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

2. 알코올 섭취 전·후 PTA, TEOAE, DPOAE의 주파수별 상관관계

각 검사의 주파수별 알코올 섭취 전과 후의 결과 차이를 상관관계 검증을 통해 주파수별 상관성을 검증해 보았으나 유의한 결과를 얻지 못하였다.

3. 알코올 섭취 전·후 PTA, TEOAE, DPOAE에 혈중알코올농도가 미치는 영향

혈중알코올농도 $\times 100$ 을 알코올 섭취 전과 후의 결과에 공변량으로 넣고 인과에 영향을 주는지 살펴보았으나 혈중알코올농도는 전·후 결과에 유의한 영향을 주지 않았다.

IV. 논의 및 결론

본 연구는 알코올 섭취 전·후의 청각 및 외유모세포 활성도의 변화를 살펴보기 위해 진행되었다. 이때, 알코올이 영향을 줄 수 있는 인지력을 통제하고, 혈중알코올농도를 측정하여 공변인으로 두고 전·후 비교를 진행하였다.

알코올 섭취 전 K-MMSE 점수 평균이 29.4($\pm .6$)점, 알코올 섭취 후 K-MMSE 점수는 평균 26.4(± 3.4)점으로 나타났으며, 모든 대상자가 만점을 받았던 기억회상과 주의집중 및 계산 항목에서 점수가 소폭 하락하는 모습을 보였다. 이는 대상자들의 혈중알코올농도가 범의학적 명정도(degree of drunkenness) 기준으로 약도(.05~.10%), 경도(.10~.15%), 중등도(.15~.25%)까지 분포되어 나타났고, 경도 이상의 농도에

서는 주의력 감퇴 및 사고력과 판단력의 저하를 보인다는 근거로 대상자의 주관적 검사 수행에는 영향을 주었을 가능성도 배제할 수는 없다.

그러나 본 연구에서는 주관적 검사인 PTA외에도 환자의 수행력에 영향을 받지 않는 객관적 검사 TEOAE와 DPOAE를 함께 사용하였고, 세 가지 검사의 자극음의 종류와 단위가 달라 동일선상의 비교는 어렵지만, 모든 검사에서 동일하게 음주로 인하여 부정적인 영향을 받았음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

TEOAE와 DPOAE는 1978년 발견된 이후 수행력의 영향을 받지 않을 뿐만 아니라, 청각과우신경인 제Ⅷ 뇌신경을 절단한 경우에도 측정이 가능하다는 이유로 임상에서 적극 사용되어 왔다. 또한 PTA와의 상관성에 대한 논의가 계속 이어져 왔는데, 최근 한 연구에서 성별과 연령에 따른 상관성을 Pearson상관계수를 통해 분석하였고, 대부분의 연령과 성별에서 그 상관성이 입증되었으며, 특히 고주파수와의 상관성이 더 높게 나타났다(Engdahl et al., 2013). 즉, TEOAE와 DPOAE의 방사음이 청각과 연관성이 높을 수 있다는 것이다.

본 연구의 PTA에서는, 연구에 사용한 대부분의 주파수 250, 500, 1k, 2k, 3k, 4k Hz에서 음주 이후 청각역치가 상승하는 결과를 얻었으며, 250Hz를 제외한 나머지 주파수에서는 통계적 유의성 또한 확보하였다. 하지만 PTA 저주파수(125, 250, 500, 1k Hz)영역과 고주파수(1k, 2k, 3k, 4k Hz)영역의 차이는 중점적으로 논의하지 않았으며, TEOAE와 DPOAE의 결과치와 대응비교에 유리한 고주파수 영역을 중점적으로 다루었다. TEOAE와 DPOAE에서도 역시 다수의 주파수에서 측정되는 방사음 강도가 감소하는 결과를 보였다.

본 연구에서는 PTA 검사에서 125Hz를 제외한(250, 500, 1k, 2k, 3k, 4k) 6개의 주파수에서 청각역치가 하락하는 모습을 보여, 음주 직후 6개의 주파수(250, 500, 1k, 2k, 4k, 8k Hz)에서 청각역치가 하락했다고 보고한 선행연구(Upile et al., 2007)와 일부 주파수와 정도의 차이를 보이긴 하였지만 유사한 결과를 얻었다고 볼 수 있다.

알코올 섭취 전후로 순음청력검사 상 청각역치가 상승하는 부정적인 영향을 받았다는 점에서 비슷한 결과를 보였고, 급속 연구는 아니지만 2년 이상 음주를 한 남성그룹(67명)과 하지 않은 남성그룹(67명)을 순음청력검사와 변조음향방사로 비교한 연구(Sivakumar, 2015)에서도 음주를 한 남성그룹에서 순음청각역치가 비교적 더 많이 상승하고, 고주파수 방사음이 더 많이 감소하는 결과를 얻어 본 연구의 결과의 신뢰도를 뒷받침해 주었다.

따라서 본 연구의 결과는 음주 후 시각, 피부감각의 감소와 더불어 청각이 감소한다는 다수의 기존 선행연구들과 그 맥락을 같이하며, 나아가 알코올 섭취로 인한 청각 감소의 원인이 내이의 유모세포에도 있을 수 있다는 점을 다시 한번 시사한다.

하지만 본 연구의 결과는 알코올의 섭취가 와우 유모세포에 부정적인 영향을 미치는 기전과 근거를 제시하지는 못한다. 이에 대한 근거를 선행연구를 통해 찾아본 결과 첫째, 이독성 약물이 외유모세포의 혈류량을 감소시켜 손상성 변화를 줄 수 있다는 것이다(Hwang et al., 2001). 기니피그의 귀에 알코올을 직접적으로

투여하였더니 와우의 활동전위가 감소하고, OAE가 감소하였으며 외유모세포의 피하수조(subsurface cisternae)의 형태 변화를 보였다는 보고가 있었으며, 기니피그는 약 2주에 걸쳐 이독성을 회복하기도 하였다(Calli et al., 2012).

둘째, 알코올 섭취로 인한 탈수 효과의 결과일 수 있다. 알코올은 인체에 들어온 독소를 최대한 빠르게 배출시키기 위한 이뇨작용과 혈류와 체온조절을 위한 땀 배출량 증가, 알코올 독소를 피부 점막 차원에서 증발시키기 위한 배출 작용들이 발생한다(Choi, 2013). 이러한 탈수 작용은 내림프액이 감소하고 있는 와우 생태계에도 부정적 영향을 주어 외유모세포의 활성성을 감소시킬 가능성 또한 존재한다(Song et al., 2015).

셋째, 세포 내 미토콘드리아의 문제로 인한 것일 수도 있다. 인체 세포는 미토콘드리아의 생리적 작용으로 전기신호를 전달하는데, 알코올의 독성은 이러한 인체 메커니즘에 부정적인 영향을 미친다. 알코올 또한 동일한 독성으로 분류되며, NAD⁺/NADH ratio에 부정적인 영향을 주어 세포활성을 저하시키는 역할을 하며(Cederbaum, 2012), 이러한 영향은 외유모세포의 활성성을 저하시키는 원인이 될 수 있다.

이러한 이유들로 미루어보아 알코올의 섭취는 즉각적으로 유모세포의 활성성 및 청각에 부정적 영향을 줄 수 있으며 본 연구의 실험이 그러한 현상을 수치적으로 잘 찾아낸 결과라고 볼 수 있다. 연구 결과로 미루어보아 외유모세포 활성성과 청각에 대한 영향이 크다고 볼 수는 없지만 지속된다면 지속적 또는 만성적 문제를 야기할 가능성 또한 존재하며 나아가 언어, 인지 및 의사소통 등 전반에 걸쳐 영향을 줄 수 있다고 생각한다.

다만 본 연구에서는 헤드폰의 위치에 따라 재현성이 떨어질 수 있는 PTA 6k, 8k Hz는 분석에서 제외하였고, 125Hz에서는 음주 직후에도 큰 변화를 관찰할 수 없었다. 그리고 본 연구에서는 PTA 측정 시 임상에서 사용하는 방법과 동일한 5dB HL 간격으로 검사를 진행하였는데, 추후 연구에서는 미세한 변화를 보다 정확하게 감별하기 위해 1dB HL 간격으로 평가를 진행하는 것이 더욱 신뢰도를 높이는 방법이 될 것이다.

또한 알코올이 유모세포를 직접적으로 공격한다는 메커니즘에 대해서는 아직까지 정확히 밝혀진 바가 없으며, 앞서 말했던 실험 쥐의 알코올 이독성 연구에서, 시간이 지날수록 청각세포를 넘어 대뇌 세포의 파괴까지 관찰된 점으로 미루어보아, 청각소실의 원인이 단순히 유모세포에만 있다고 판단할 수는 없을 것으로 생각한다.

이러한 몇 가지 한계점에도 불구하고, 알코올 섭취 전과 후의 PTA, TEOAE, DPOAE의 결과로 미루어보아 알코올 섭취가 청각과 외유모세포의 활동에 부정적인 결과를 가져온다는 것을 본 연구를 통해 알 수 있었다. 차후 좀 더 명확한 연구설계를 통해 이러한 요소들에 대해 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Reference

- Bae, S. S., Cho, S. G., & Koo, H. J. (1999). The effect of alcohol ingestion on aerobic capacity of female college students. *Journal of Korean Physical Education Association for Girl and Women, 13*, 5-16.
- Bates, M. E., Bowden, S. C., & Barry, D. (2002). Neurocognitive impairment associated with alcohol use disorders: Implications for treatment. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 10*(3), 193-212. doi:10.1037//1064-1297.10.3.193
- Calli, C., Pinar, E., Oncel, S., Alper Bagriyanik, H., & Umut Sakarya, E. (2012). Recovery of hearing in cisplatin-induced ototoxicity in the guinea pig with intratympanic dexamethasone. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery, 64*(1), 46-50. doi:10.1007/s12070-011-0160-7
- Cederbaum, A. I. (2012). Alcohol metabolism. *Clinics in Liver Disease, 16*(4), 667-685. doi:10.1016/j.cld.2012.08.002
- Chung, G. Y. (2006). *Effect of chronic alcohol intake on vasopressin and oxytocin-containing neurons in the paraventricular and supraoptic nucleus of the rat hypothalamus* (Master's thesis). Chosun University, Gwanju.
- Dawes, P., Cruickshanks, K. J., Moore, D. R., Edmondson-Jones, M., McCormack, A., Fortnum, H., & Munro, K. J. (2014). Cigarette smoking, passive smoking, alcohol consumption, and hearing loss. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology, 15*(4), 663-674. doi:10.1007/s10162-014-0461-0
- Engdahl, B., Tambs, K., & Hoffman, H. J. (2013). Otoacoustic emissions, pure-tone audiometry, and self-reported hearing. *International Journal of Audiology, 52*(2), 74-82. doi:10.3109/14992027.2012.733423
- Hwang, C. H. (2001). *The effect of ototoxic sodium salicylate on DPOAE and cochlear blood flow in guinea pig* (Doctoral dissertation). Seoul University, Seoul.
- Hwang, J. H., Tan, C. T., Chiang, C. W., & Liu, T. C. (2003). Acute effects of alcohol on auditory thresholds and distortion product otoacoustic emissions in humans. *Acta Oto-Laryngologica, 123*(8), 936-940. doi:10.1080/00016480310014877
- Joe, G. H., Kim, D. J., Jeon, Y. M., & Chai, S. H. (2009). Alcohol and cognitive disorder. *Korean Journal of Psychopharmacology, 20*(1), 5-14. doi:10.14479/jkoos.2016.21.2.153
- Jung, S. A., Nam, S. K., & Kim, H. J. (2016). The effects of breath alcohol concentration increase on visual field and readable visual field. *Journal of Korean Ophthalmic Optics Society, 21*(2), 153-158. doi:10.14479/jkoos.2016.21.2.153
- Kettle, A., & Schacht, J. (2002). Antioxidant therapy: A promising approach to the prevention of noise and drug induced hearing loss. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery, 45*(10), 931-935.
- Kim, H. J., Kim, J. W., Song, Y. M., & Lee, J. W. (2019). Alcohol cue

- reactivity decreased visual attention task performance associated with alcohol use disorder. *J Korean Academy of Addiction Psychiatry*, 23(1), 25-32. doi:10.37122/kaap.2019.23.1.25
- Lieber, C. S. (2012). *Medical and nutritional complications of alcoholism: Mechanisms and management*. New York: Springer Science & Business Media.
- Morizono, T., & Sikora, M. A. (1981). Ototoxicity of ethanol in the tympanic cleft in animals. *Acta Oto-Laryngologica*, 92(1-2), 33-40. doi:10.3109/00016488109133235
- Popelka, M. M., Cruickshanks, K. J., Wiley, T. L., Tweed, T. S., Klein, B. E., Klein, R., & Nondahl, D. M. (2000). Moderate alcohol consumption and hearing loss: A protective effect. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(10), 1273-1278. doi:10.1111/j.1532-5415.2000.tb02601.x
- Sivakumar, N. (2015). *Impact of alcohol on auditory thresholds* (Doctoral dissertation). Coimbatore Medical College, Coimbatore, India.
- Son, E. J. (2012). Recent advances in research of cochlear tonotopicity. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery*, 55(12), 745-750. doi:10.3342/kjorl-hns.2012.55.12.745
- Song, Y. S., Lee, S. Y., Kang, G. W., & Kim, Y. G. (2015). *Basic and clinical pharmacology*. Seoul: Panmuneducation.
- Standridge, J. B., Zylstra, R. G., & Adams, S. M. (2004). Alcohol consumption: An overview of benefits and risks. *Southern Medical Journal*, 97(7), 664-673. doi:10.1097/00007611-200407000-00012
- Upile, T., Sipaul, F., Jerjes, W., Singh, S., Nouraei, S. A. R., El Maaytah, M., ... Wright, A. (2007). The acute effects of alcohol on auditory thresholds. *BMC Ear, Nose and Throat Disorders*, 7, 4. doi:10.1186/1472-6815-7-4

알코올 섭취가 외유모세포 활동에 미치는 영향

김민성¹, 이동훈², 권순복^{3*}

¹ 부산대학교 인지과학전공 박사과정

² 부산대학교병원 이비인후과 청능사

³ 부산대학교 언어정보학과 교수

목적: 알코올은 이독성 약물로 청각과 관련된 세포와 신경에 장·단기적으로 부정적인 영향을 준다고 알려져 있다. 알코올 섭취 전·후의 청각 및 외유모세포 활성도 변화를 즉각적으로 살펴보기 위해 진행되었다.

방법: 증이 및 청각에 문제가 없는 대상자를 본 연구의 기준에 맞게 선별하고, 선정된 대상자를 대상으로 K-MMSE, PTA, TEOAE, DPOAE를 측정하였다. 이후 소음을 통제된 환경에서 자유롭게 알코올을 섭취하고, 90분 후 혈중알코올농도를 측정하였다. K-MMSE 재측정에서 인지적으로 문제가 없다고 판단된 대상자들을 대상으로 PTA, TEOAE, DPOAE를 재측정하였다. 음주 후 혈중알코올농도를 공변인으로 두고 *t*-test를 이용하여 음주 전·후 청각과 외유모세포 활성도의 차이를 비교 분석하였다.

결과: 첫째, 알코올 섭취 전 K-MMSE의 평균점수는 29.3점, 섭취 후 평균점수는 28.3점으로 나타났고, 혈중알코올농도는 최저 .05에서 최대 .21까지 평균 .13으로 나타났다. 둘째, 알코올 섭취 후 PTA 역치는 대부분의 주파수에서 상승하여 부정적인 변화를 확인하였고, TEOAE와 DPOAE의 방사음 반송도 알코올 섭취 후 대다수의 주파수에서 줄어드는 경향을 보였다. 셋째, 알코올 섭취 전·후의 PTA, TEOAE, DPOAE의 주파수별 상관관계는 유의하게 나타나지 않았다. 넷째, 혈중알코올농도 수치는 알코올 섭취 전·후 청각 및 외유모세포 활동성에 유의한 영향을 미치지 않았다.

결론: 음주를 통한 알코올의 섭취는 인지력 및 혈중알코올농도와 상관없이 사람의 청각 및 외유모세포 활동성에 즉각적으로 부정적인 영향을 준다는 것을 실험을 통해 확인하였다.

교신저자: 권순복(부산대학교)

전자메일: sbkwon@pusan.ac.kr

게재신청일: 2022. 11. 07

수정제출일: 2022. 12. 23

게재확정일: 2023. 01. 31

ORCID

김민성

<https://orcid.org/0000-0001-7459-4233>

이동훈

<https://orcid.org/0000-0003-3678-5738>

권순복

<https://orcid.org/0000-0002-9424-0077>

검색어: 외유모세포, 순음청력검사, 일과성유발이음향방사, 변조이음향방사, 알코올

참고 문헌

- 김현진, 김준원, 송열매, 이재원 (2019). 알코올 사용 장애에서 알코올 제거 반응에 의한 시각주의력 과제수행의 감소. **중독정신의학**, 23(1), 25-32.
- 배소심, 조성계, 구현정 (1999). 알콜 섭취가 여대생의 유산소성 운동 능력에 미치는 영향. **한국여성체육학회지**, 13(1), 5-16.
- 송윤선, 이석용, 강건욱, 김용기 (2015). **약물학**. 서울: 법문예듀케이션.
- 정수아, 남수경, 김현정 (2016). 호흡 알코올 농도 증가가 시야 및 가독시아에 미치는 영향. **한국안평학회지**, 21(2), 153-158.

- 조근호, 김대진, 전영민, 채숙희 (2009). 알코올과 인지장애. **대한정신약물학회지**, 20(1), 5-14.
- 천관영 (2006). 지속적인 알코올 섭취가 흰 쥐 시상하부의 뇌실결핵 및 시각위협에 분포하는 vasopressin 과 oxytocin 함유 신경세포에 미치는 영향. 조선대학교 대학원 석사학위 논문.
- 황찬호 (2001). 살리실산 나트륨의 이독성에 의한 기니픽 와우의 혈류량과 변조이음향방사 변화. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.