

고막 음향응답 속도의 인비트로 측정

In Vitro Measurement of Acoustic Response on Human Tympanic Membrane

안태수* · 이두호† · 백무진**

Tae-Soo Ahn, Dooho Lee and Moo-Jin Baek

1. 서 론

생명체에게서 일어나는 자극에 대한 반응이나 변화에 대해 측정하는 인 비보(in vivo) 측정은 반응에 영향을 끼치는 변수들이 매우 많고, 그 요소들의 통제가 매우 까다로워 측정에 곤란을 겪는 경우가 많다. 반면 인 비트로(in vitro) 측정은 인 비보 측정과 달리 응답측정에 대한 변수들을 쉽게 통제 할 수 있어 보다 간단하고 편리하게 대상의 반응 및 변화를 관찰할 수 있다. 이 연구에서는 외부 음향 자극에 대한 고막의 속도응답을 구축된 인 비트로 환경에서 그 응답을 측정하고 특성을 살펴 보았다.

2. 대상 및 측정방법

측정 대상은 인 비트로 환경을 구성하기 위해 인제대학교 백병원 이비인후과의 도움을 받아 이도 내의 중이와 내이 조직이 제거 되지 않은 인체 측두골을 대상으로 하였다. 대상에 대한 검사는 Fig.1에 보이는 것과 같이 육안을 통한 검이 과정을 거쳐 이도 내부와 고막의 표면에 상처나 이물질 유무를 확인하고 제거하였으며, micro CT 촬영을 통하여 고막의 운동에 영향을 끼치는 중이의 이상유무를 확인하였다. 또한 대상에 대한 보관방법은 방부제처리를 한 측두골을 식염수에 담아 냉장보관 하였고 측정 시 대상이 되는 고막이 적당한 수분을 머금은 상태가 유지되도록 하여 측정을 실시하였다. 실험방법은 실험대상체인 측두골을 고정하고, 이도 공간을 통해 고막을 외부에서 확인할 수 있도록 공간을 확보한 후 LDV를 이용하여 고막의 운동을

측정하였다. 이때 레이저의 방향제어를 쉽게 하기 위해 반사거울을 사용하였으며, 빛의 산란을 최소화 하기 위해 반사율 95% 이상의 반사거울을 이용하여 고막표면에 레이저 빛을 탄착 시켰다. 또한 고막 표면의 탄착지점인 광추 부분에는 가로세로 크기가 각각 0.5 mm × 0.5 mm의 반사테일을 부착하여 레이저의 반응 응답률을 높였다. 이때 사용한 레이저의 사양은 EM4SYS LSV헤드로 632.8 nm의 파장 길이를 갖는 He-Ne 레이저이며 출력은 <1 mW, velocity range는 0~6 m/s이다. 음향가진은 Bose model 32se 라우더 스피커를 이용하여 고막에 음향자극을 주었고, 이도 내부공간상의 응답측정은 G.R.A.S사의 CCP 프로브 마이크로폰을 사용하였다. 프로브 팁은 이도의 내부에 위치시켜 실험하는 동안에 고막을 자극하는 음향응답의 크기를 측정하였으며, 이때 프로브 팁의 위치는 고막으로부터 약 5mm 떨어져 위치하도록 설치하였다. 이는 고막을 자극하는 음향응답 크기가 고막으로부터의 거리에 따라 달라지기 때문에 고막을 자극하는 실제 음압과 최대한 가까운 레벨의 음압을 측정하기 위한 거리이다. 또한 프로브 팁은 레이저 빛의 경로와 이도 공간 내에서 겹쳐지지 않게 이도 내로 삽입하였다.



Fig.1 Tympanic membrane of temporal bone

† 교신저자: 정희원, 동의대학교 기계공학과
E-mail : dooho@deu.ac.kr
Tel : (051)890-1658, Fax : (051)890-2232
* 동의대학교 대학원 기계공학과
** 인제대학교 해운대백병원 이비인후과

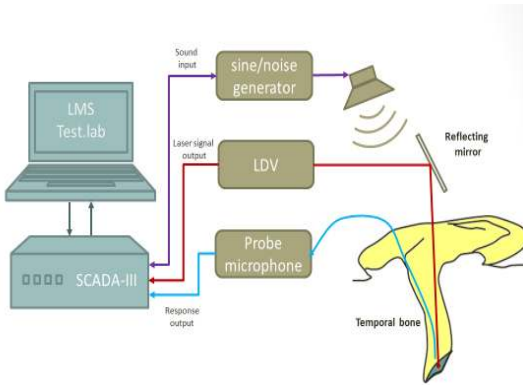


Fig.2 Diagram of in vitro measuring system

음향 가진신호는 B&K Type 1054 Sine/Noise Generator를 이용하여 200 Hz ~ 10 kHz 주파수 대역에 대해 1/3 옥타브 중심주파수를 sine 파로 가진 하였고 LMS사의 Test.Lab 소프트웨어를 이용하여 레이저의 속도응답과 프로브 마이크론의 음향응답을 동시에 측정하였다. 실험을 위한 셋팅은 개략도 Fig.2와 같이 구성하여 측정을 실시하였다.

3. 결과 및 결론

Fig.3은 프로브 마이크론을 이용하여 이도내의 음압을 측정한 결과이다. 외부가진을 통하여 이도내의 음압이 각 주파수에서 80 dB로 일정하게 유지 되도록 컨트롤 하였다. 이때 각 주파수에서의 레이저 응답속도를 변위로 변환하고 변위/압력(m/pa)의 전달함수 값으로 변환하여 Fig.4에 그 결과를 다른 연구자들의 결과와 비교하였다. 이는 압력에 따라 생기는 변위 값의 차이를 보정하기 위한 방법으로 압력에 따른 변위응답 값이 달라지는 현상을 확인할 수 있었다. Fig.4에 나타난 데이터는 하나의 측두골을 대상으로 같은 위치에 다수의 반복측정을 한 결과 값으로 다른 연구자들의 결과 분포 영역인 빗금 친 부분과 비교적 잘 만족하는 것을 확인할 수 있다.

지금까지 측정한 결과값을 이용하여 다음과 같은 결론을 내렸다.

- 1) 고막의 자극에 따른 변위의 크기는 음향 자극의 크기에 따라 그 크기가 달라진다.
- 2) 고막의 변위응답은 그 분포 범위가 크지는 않지만 비교적 많은 차이를 나타낸다.
- 3) 인 비트로 측정과 인 비보 측정 결과값의 비교가 요구되어 진다.

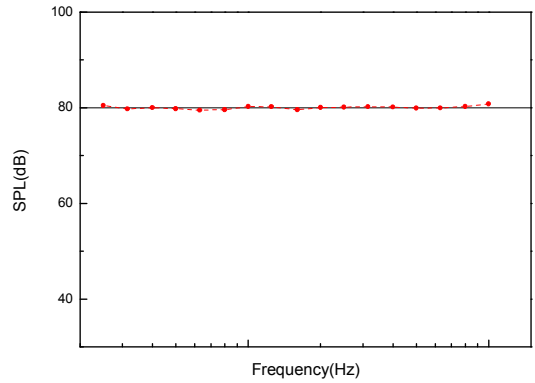


Fig.3 Distribution of sound pressure level

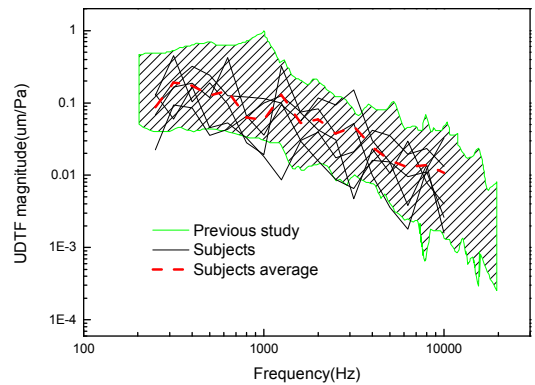


Fig.4 The UDTF compare with previous study

후 기

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-01986-0).

참고문헌

- (1) Richard L. Goode, Geoffrey Ball, Shinsei Nishihara and Koshiro Nakamura, 1996, Laser Doppler Vibrometer (LDV) – A new Clinical Tool for the Otolary, The American Journal of Otolary, Vol. 17, pp. 813~822.
- (2) John J. Rosowski, Ritvik P. Mehta and Asumil N. Merchant, 2003, Diagnostic Utility of Laser-Doppler-Vibrometry in Conductive Hearing Loss with Normal Tympanic Membrane, Otolary & Neurotology, Vol. 24, pp. 165~175.