

THE FUNDAMENTALS

The Human Ear

음파는 귓속으로 직접 전달되거나, 귓바퀴에 반사되어 귓구멍으로 들어가며, 또한 세 개의 청각 소골편(중이, 침골, 등골)에 의해 내이로 전달된다. 소골편 체인은 음압을 20배가량 증폭시킨다. 소골편 체인의 진동은 두개 기부의 액에 의해 내이로 전달되며, 이것이 표면의 30,000여개의 모세포(毛細胞)를 자극시킨다. 이러한 모세포의 운동으로 인해 뇌가 소리를 인지한다.

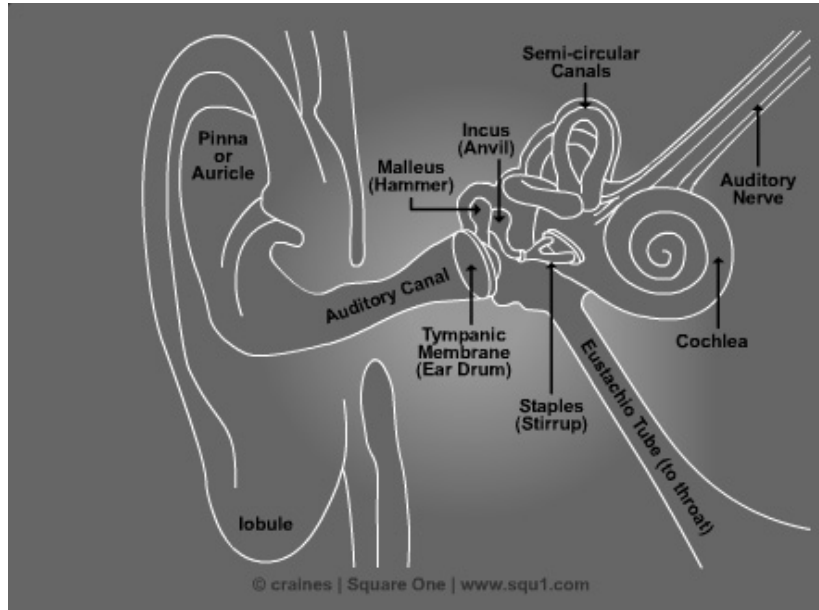


그림 1 - Anatomy of the Human ear.

How the Ear Works

음파는 귓구멍을 통하여 고막으로 전달된다. 귓구멍은 소리를 주파수 2000Hz에서 5500Hz의 범위 안에서 공명시키고 증폭시킨다.

고막 근처의 희박한 공기와 계속되는 압력은 외이와 중이사이의 압력을 변화시키는 결과를 가져온다. 유스타키오관은 중이를 대기압의 상태로 유지시켜주는 기능을 한다.

고막외부의 음파로부터의 자극과 고막 내부의 보통의 대기압사이의 압력 차이로 인해 고막은 진동한다. 중이 안에서, 진동은 세 개의 작은 뼈(망치뼈, 모루뼈, 등자뼈)를 지나 내이로 전달된다. 세 개의 뼈는 망치뼈를 치는 고막의 힘을 증폭시키는 연결레버의 역할을 한다. 이러한 것으로 인해 소리의 증폭을 유발하며, 어떠한 주파수에서는 20배에 이른다.

삼반규관은 미니 가속계로써의 역할을 한다. 삼반규관은 중력과 속도변화에 대응하여 신체의 균형 감각을 유지할 수 있도록 도와준다. 내이 안의 털과 같은 구조(수지상 돌기)는 음을 매우 다양한 주파수로 공명시킨다. 진동은 청각신경을 뇌로 전달하는 전기적 자극을 유발하기 위해 뉴런을 자극시킨다.

우리가 음파로써 인지하는 작은 압력의 변동은 상대적은 안정적인 대기압에 편승된다. 사람의 귀는 미세한 변동만이 있는 이러한 일정한 압력하에서는 민감하지 않도록 설계되었다 (average atm = 101.325kPa). 위의 도표를 이용하여, 사람의 귀가 왜 대기압에 둔감한지에 대해 깨달을 수 있다. (타원형이나 원형 유리창 및 유스타키오 관을 지나는 통과하는 압력이 같음을 확인할 수 있다.)

Direction Perception

너는 다음의 메커니즘을 통해서 소리의 방향의 상대성을 인지할 수 있다.

* Interaural delay(귓속 지연)

양쪽 귀의 유사한 흥분 수준 사이에 시간 지연이 존재한다. 양쪽의 귀는 15cm정도 떨어져있다. 이것은 머리의 중심을 지나는 수직면이 있음을 뜻하며, 그 안에서 모든 소리는 양쪽 귀에 거의 동시에 전달된다.

*The Effects of the Pinnae(귓바퀴 효과)

귓바퀴는 전방의 소리를 모으며, 그 소리를 귓구멍으로 전달하도록 설계되어 있다. 위쪽이나 뒤에서 들어오는 소리는 귓바퀴에 의해 회절되며, 결과적으로 소리의 미세한 스펙트럼의 변화가 발생한다. (회절에 관해서는 뒤에서 좀더 논의한다.)

*Subtle Head Movements(미세한 머리 움직임)

이것은 머리의 내측면에서 음원의 높이를 인지하는데 도움을 준다.

Distance Perception

너는 음원의 상대적인 거리를 아래의 내용을 통해서 인지할 수 있다.

*음의 세기는 역제곱의 법칙¹⁾과 분자 흡수에 의해 감소한다.

*분자 흡수와 물체 주변에서의 회절의 결과로 스펙트럼은 변화한다.

*직접음과 간접음 간의 수준 - 감동을 선사하기 위해 노래가 끝날 무렵 반향을 증가 시키는 오래전부터 사용되어진 기법은 거리를 점점 뒤로 멀리하는 것으로써, 매우 큰 동굴안에서의 소리와 같은 효과를 낸다.

Audible Range

사람의 귀는 20Hz ~ 20kHz의 범위의 소리를 들을 수 있다. 500Hz ~4000Hz사이의 주파

1) 역제곱의 법칙(Inverse Square Law) : 점음원으로부터의 음의 세기는 음원으로부터의 거리의 제곱에 반비례하여 감소한다.

수의 범위에서 가장 민감하게 반응하며, 이것은 사람들의 대화할 때 나오는 주파수대와 거의 일치한다. 사람의 귀는 높은 주파수보다는 낮은 주파수에서 특히 더 민감한 것에 주목할 필요가 있다.