

الخصائص الفيزيائية للجهاز السمعي



Dr. Fatmah Tarrab

“ Engineering , Maintenance and Manufacturing of Hearing Aids”

Lecturer at Damascus University- Medicine Faculty

Audiology Department - Almowasat University Hospital

Gross division	<i>Outer ear</i>	<i>Middle ear</i>	<i>Inner ear</i>	<i>Central auditory nervous system</i>
Anatomy	<p>The diagram illustrates the anatomy of the human ear, divided into four main sections. The Outer ear includes the pinna, concha, external auditory canal, and external auditory meatus. The Middle ear contains the eardrum, malleus, incus, and stapes. The Inner ear consists of the vestibule, semicircular canals, cochlea, round window, and eustachian tube. The Central auditory nervous system is represented by the vestibular n., cochlear n., and internal auditory canal. The facial n. is also shown.</p>			
Mode of operation	<i>Air vibration</i>	<i>Mechanical vibration</i>	<i>Mechanical, Hydrodynamic, Electrochemical</i>	<i>Electrochemical</i>
Function	<i>Protection, Amplification, Localization</i>	<i>Impedance matching, Selective oval window stimulation, Pressure equalization</i>	<i>Filtering distribution, Transduction</i>	<i>Information processing</i>

الجهاز السمعي

- يتكون من :
- الأذن الخارجية
- الأذن الوسطى
- الأذن الداخلية
- النظام السمعي العصبي المركزي .

عملية نقل الصوت عبر النظام السمعي

- في الأذن الخارجية : يتم اهتزاز الهواء (طريق هواء)
- في الأذن الوسطى : يتم فيه اهتزاز ميكانيكي للصوت عبر غشاء الطبل والعظيمات السمعية.
- في الأذن الداخلية : يتم فيه تحويل الاهتزاز الميكانيكي للصوت إلى اهتزازات هيدروديناميكية (لوجود سائل) و من ثم تحول إلى نبضات كهرو كيميائية (هي الانتقالات العصبية التي تحدث بسبب تبادلات كيميائية)
- أيضاً عند انتقال الصوت عبر النظام السمعي العصبي المركزي يتم بطريقة كهروكيميائية .

وظيفة أجزاء النظام السمعي عند انتقال الصوت عبره :

- الأذن الخارجية (صيوان و كل ما يوجد بالصيوان من المناطق و الطيات و القناة السمعية الخارجية/مجرى السمع الظاهر)
 - حماية
 - تضخيم
 - تحديد اتجاه الصوت
- الأذن الوسطى (غشاء الطبلة و عظيمات السمع/مطرقة و سندان و ركاب/ الأربطة و العضلات)
 - توافق المطاوعة
 - توصيل الصوت إلى النافذة البيضية
 - تؤمن توازن الضغط
- الأذن الداخلية (هي عبارة عن حلزون و دهليز و القنوات نصف الدائرية و السائل)
 - ترشيح
 - توزيع
 - تحويل الصوت إلى نبضات عصبية
- النظام العصبي السمعي المركزي
- معالجة المعلومات

FUNCTION OF THE OUTER EAR

TORSO, HEAD, AND PINNA

- ينتقل الصوت من مصدره الى الاذن الخارجية ويمر عبر الجذع والراس بما فيه الصيوان .
- تشكل هذه الأجزاء من الجسم عوائق لانتقال الصوت وتغير الصوت عبر وصوله للاذن الخارجية .
- مما يعني ان هذه الأجزاء تخفض من شدة الصوت وتؤدي الى تخامده أثناء ارساله من مصدره الى قناة الاذن الخارجية.
- احد طرق لتوصيف التغيرات في ارسال الصوت التي تحدث عبر الجذع والراس هي قياس التغيرات الطيفية في مطال وطور المكونات الطيفية للصوت (تاثير كل من الأجزاء المختلفة للجسم والاذن الخارجية والوسطى).
- حيث يقوم كل من الجذع والراس بتخميد الصوت بطريقة تعتمد على التردد

FUNCTION OF THE OUTER EAR

TORSO, HEAD, AND PINNA

- يتم في البداية تحديد طيف الدخل الصوتي (المصدر)
- ثم تحديد طيف الصوت الواصل للاذن الخارجية يدعى طيف الخرج .
- الفرق بين طيف الدخل والخرج يظهر لنا التغيرات التي تحدثها أجزاء الجسم الجذع والراس لمطال وطور للمكونات الجيبية التي تشكل الدخل الصوتي .
- قياسات ضغط الصوت في الاذن الخارجية تتم عبر استخدام ميكرفون صغير داخل قناة الاذن او أنبوب وقياس الضغط الصوتي عنده .
- يدعى مجموع طيف المطال والطور التي تصف تغيرات الضغط الصوتي نتيجة تأثير الأجزاء الأخرى من الجسم تابع النقل (transfer fuction) مثلا ازاحات الطور والتخميد التي يزودنا بها المرشح تصف تابع نقل المرشح . وتدعى عملية القياس هذه قياس الحقيقي (real ear)

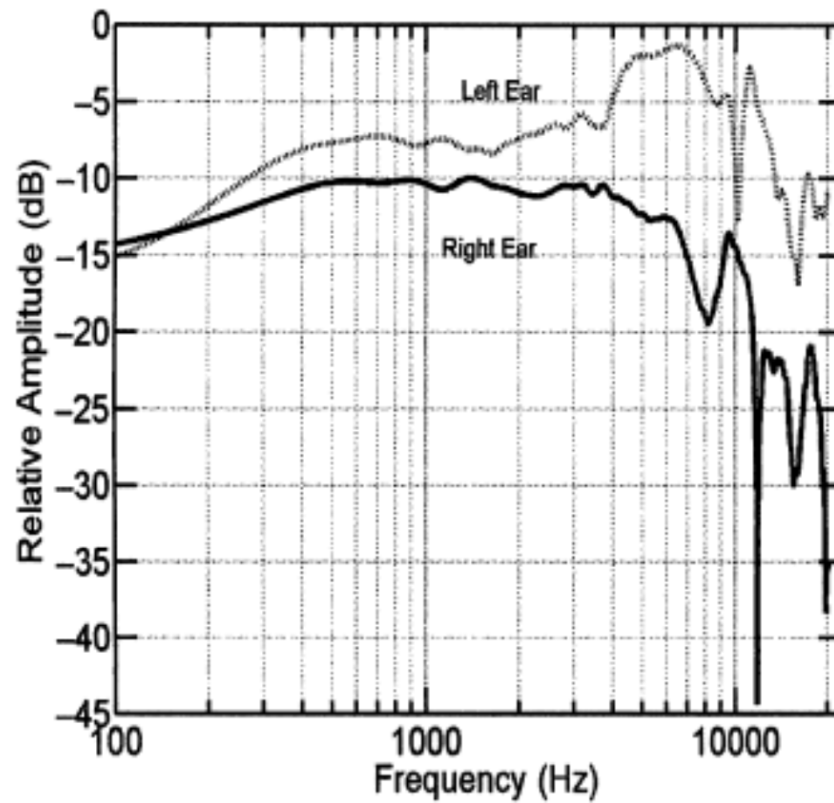


FIGURE 6.5 The Head-Related Transfer Functions, HRTFs, for an adult human when presented a brief transient source directly opposite the left ear. The HRTF shows the amplitude spectra at each ear (measured within the ear canal) on an arbitrary decibel scale. The sound at the right ear is attenuated relative to that at the left, especially at high frequencies.

نلاحظ من الشكل :

١. التغيرات الصغيرة بين الاذنين على الترددات المنخفضة .
٢. تغيرات كبيرة بالطيف المطال بين الاذنين على الترددات العالية.
٣. ايضا تخميد اكبر للترددات العالية في الاذن اليمين البعيدة عن المصدر الصوتي
٤. هذه التغيرات الكبيرة في المطال على ترددات عالية تعود لتاثير ظل الراس (shadow effect)

HRTF

- تدعى توابع النقل التي تصف التغيرات الطيفية بين مصدر الصوت والاذن الخارجية

head-related transfer functions (HRTFs).

- أي ان (HRTF) يصف كيف ان الجذع و اراس والصيوان يغير المطال (تخميد مطال للمكونات الطيفية الاصلية للمصدر الصوتي) والطور (يضيف ازاحات طورية للمكونات الطيفية الاصلية).

- ويعتبر (HRTF) له أهمية اثناء دراسة تموضع الصوت .

OUTER EAR

- إضافة الى التغيرات الطيفية التي رايناها سابقا هناك تاثيرات الاذن الخارجية
- حيث تسبب الاذن الخارجية زيادة مستوى الصوت بمقدار ١٠ - ١٥ ديسبل في مجال التردد من ١,٥ كيلو هرتز الى ٧ كيلو هرتز .
- أظهرت التجارب ان هذه الزيادة في قياسات الضغط الصوتي التابعة للتردد بين مصدر الصوت (free field) وغشاء الطبل تعود لتاثير كل من (concha) وقناة الاذن الخارجية كما نرى في تابع النقل في الشكل .
- نتذكر الرنين ضمن أنبوب كالحلزون وقناة الاذن الخارجية فلكل منها تردد رنين خاص بها بناء على حجمها تابع لطولها وجد ان تردد الرنين لقناة الاذن الخارجية يساوي ٢,٥ كيلو هرتز بينما تردد رنين (محارة الاذن) يساوي تقريبا ٥ كيلو هرتز .
- ان هذين التردددين الرنانين ليعطيا ربح في الضغط الصوتي ضمن الاذن الخارجية للمكونات الترددية في المجال من ١,٥ - ٧ كيلو هرتز.

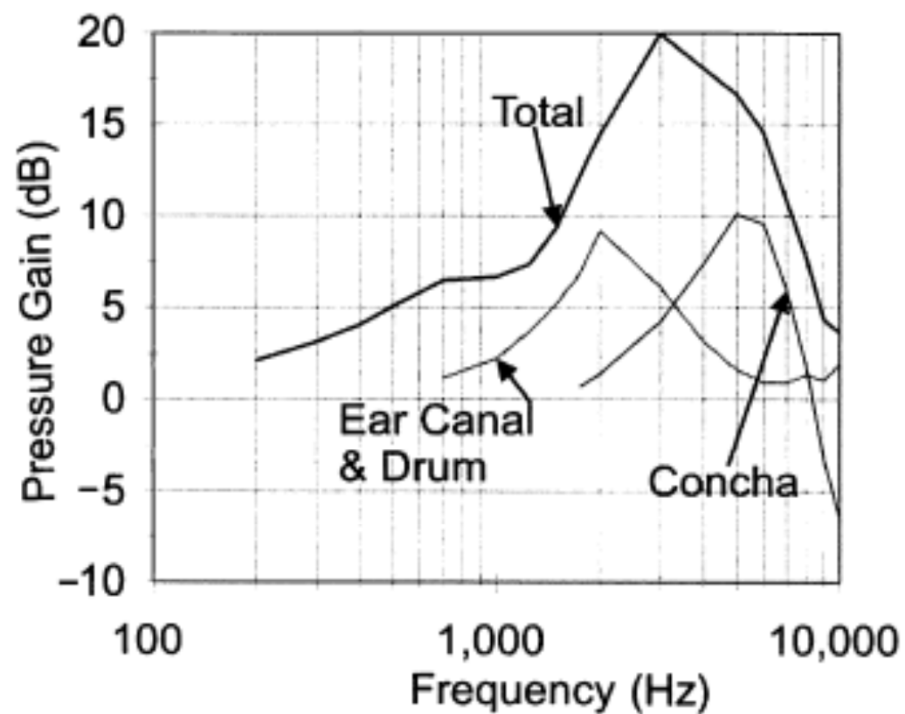


FIGURE 6.6 Estimated change in sound pressure level from free field to site of measurement—concha and combined ear canal and eardrum—and the total transfer function, including the concha, ear canal, and eardrum from the free field to the tympanic membrane (Total). The Total curve is essentially the sum of the other two curves. Adapted from Shaw (1974), with permission.

نتيجة

- اذا يتغير الصوت اثناء انتقاله من مصدره الى غشاء الطبل عبر تاثير كل من الجذع والراس والصيوان وقناة الاذن الخارجية .
- بشكل عام ان مستوى ضغط الصوت يزداد في المجال الترددي من ١,٥ - ٧ كيلو هرتز نتيجة الخصائص الرنانة للصيوان وقناة الاذن الخارجية بينما ينخفض الضغط الصوتي عند الترددات العالية نتيجة تاثيرات تابع النقل (الجذع والراس) .
- أيضا من التوابع المعروفة فقط للاذن الخارجية هي حماية الاذن الوسطى من الاجسام الغريبة وتغيرات الرطوبة ودرجة الحرارة . لان قناة الاذن الخارجية تغلق جوف الاذن الوسطى .بينما يؤمن غشاء الطبل بعض الحماية للاذن الوسطى من الاجسام الغريبة .

TYMPANIC MEMBRANE

- يهتز غشاء الطبل كاستجابة للامواج الصوتية الداخلة للقناة الاذن الخارجية وينتقل هذا الاهتزاز الى العظيمات السمعية .
- ان نموذج اهتزاز غشاء الطبل يختلف من منطقة لأخرى على سطح غشاء الطبل .
- فيظهر الشكل نماذج الاهتزاز المختلفة حيث يحصل اهتزاز اعظمي عند النقطة اسفل الصرة (umbo) حول (fold) طية وهي النقطة (١٥) .
- أيضا هناك نقاط تتحرك بنفس المسافة وازاحات مختلفة.
- في الشكل العلوي نجد ان إزاحة عظمى اكبر ١٥ مرة من النصف السفلي للغشاء بالقرب من (صرة) اكثر من اتجاه الأعلى .
- في الشكل السفلي نجد تختلف الازاحات بمعامل يتراوح من ٢,٨ - ١ كتابع للموضع ضمن الغشاء .