

Impedanciometría

PRINCIPIO FÍSICO Y BASES FISIOLÓGICAS

La membrana timpánica y la cadena de los huesecillos sirven para propagar las vibraciones acústicas desde el conducto auditivo externo hasta el oído interno. Estas estructuras permiten adaptar la impedancia entre el medio aéreo y el medio líquido de la coclea. Esta adaptación de la impedancia $16, 12, 181$ permite optimizar la transferencia de energía del aire hacia la coclea. La impedancia acústica (relación del nivel de presión acústica aplicada a la velocidad del volumen del medio puesto en vibración) determina el porcentaje de energía para ser transmitido por el sistema o mediada por este último. La impedancia del oído medio Z está determinada por tres parámetros: la masa M del sistema, su rigidez K y su resistencia a los rozos R . Estos tres parámetros se combinan de manera compleja según la frecuencia f del sonido (*cuadro VII*). El factor $1/Z$ es la admitancia. El factor $2 f/K$ es la compliancia.

TECNICA DE REGISTRO

La medida de la impedancia del oído medio se efectúa con un impedanciómetro o puente electroacústico. Su principio consiste en enviar un sonido de prueba al conducto auditivo externo y compararlo con un nivel de referencia. La interferencia entre el sonido incidente y su fracción reflejada por la membrana timpánica depende esencialmente de la impedancia del oído medio.

La sonda de impedanciometría está formada por tres tubos:

1. El *primer tubo* está unido a un altavoz que emite continuamente un sonido de prueba de frecuencia fija denominado <<tonal de la sonda>>. Esta frecuencia generalmente es de 220 Hz. A esta baja frecuencia, la impedancia acústica Z es poco diferente de $K/2 f$ (se asimila la admitancia a la compliancia), donde solo se explora el factor «rigidez del oído medio (*cuadro VII*)». El nivel acústico de la tonal de sonda debe ser considerablemente inferior al umbral de disparo del reflejo del estribo (55 a 65 dB HL). En los lactantes y para una tonal de sonda de 220 Hz 151, la impedancia del tímpano es muy baja y cortocircuita la del oído medio, cuyas variaciones se enmascaran. En consecuencia, es muy difícil detectar las variaciones de umbral del reflejo auditivo. Hay que utilizar otros tonales de sonda (660 Hz o 1 000 Hz), disponibles en algunos impedanciómetros, con los cuales, en la impedancia total medida, la parte del oído medio se hace preponderante.
2. El *segundo tubo* está unido a un micrófono que mide el nivel sonoro total en el conducto auditivo externo. Un filtro de banda permisiva centrado en la frecuencia de la tonal de la sonda permite eliminar lo esencial del ruido de fondo para captar solo la señal a 220 Hz, cuyo nivel informa sobre la impedancia timpanoosicular. La salida del micrófono es comparable a una señal de referencia: el reglaje del impedanciómetro se obtiene por variación del nivel del sonido de prueba hasta obtener una igualdad entre el nivel medido por el micrófono y el de la referencia (la diferencia entre las dos señales está indicada sobre una esfera de cuatro sensibilidades de detección). En equilibrio, el cursor de variación del nivel muestra directamente la compliancia del oído. Es frecuente expresar la compliancia en volumen de aire equivalente (en acm^3 equivalentes»). Una analogía permite comprender el principio de esta conversión. Si con un pistón se comprime un volumen contenido en el cuerpo de una bomba, se observa que un volumen de aire pequeño es más rígido y acepta menos energía que un volumen grande que posee, por lo tanto, una compliancia mayor.
3. El *tercer tubo* está unido a una bomba que permite hacer variar la presión estática del aire en el conducto auditivo externo entre -400 y +400 mm de agua. Su función es la base de la timpanometría. La sonda de impedanciometría termina con un embudo flexible adaptable al conducto auditivo externo. La sonda debe ser estable y estanca en el conducto. Como la prueba es objetiva no precisa la participación del paciente.

RESULTADOS

Las medidas absolutas de impedancia son delicadas y difíciles de efectuar en clínica debido a una gran dispersión de valores, incluso entre un paciente normal y otro. En cambio, el estudio de las variaciones fisiológicas de la compliancia se utiliza habitualmente. Según las diferencias de presión entre las cavidades del oído medio y las del meato auditivo externo y la utilización del reflejo acústico, se pueden realizar dos pruebas. La primera es la timpanometría. La segunda es el estudio del reflejo acústico, en particular de la apreciación del umbral de detección de este reflejo, denominado prueba de Metz. Estas dos pruebas tienen bases fisiológicas, indicaciones y resultados muy distintos, pero requieren la utilización del mismo instrumento: el impedanciómetro.

Timpanometría

La timpanometría mide las variaciones de impedancia del oído medio en el transcurso de variaciones de presión aplicadas en el conducto auditivo externo. La transmisión se hace de manera óptima cuando la diferencia de presión estática entre el oído externo y medio es nula. Todo gradiente de presión, aun mínimo, se traduce en un aumento de la impedancia y una disminución de la energía sonora transmitida. La timpanometría permite comprobar simultáneamente la mecánica del tímpano, de la cadena de los huesecillos y de las cavidades del oído medio.

TECNICA DE REGISTRO

El aparato utilizado para realizar una timpanometría es un impedanciometro. La sonda debe ser insertada de manera perfectamente hermética en el conducto auditivo externo. El manómetro del aparato permite comprobar la ausencia de fugas. El equilibrio debe realizarse con una sobre presión de + 200 mm de agua en el conducto auditivo externo. En la práctica, el indicador de compliancia se sitúa al máximo sobre el lector para utilizar totalmente su escala (sensibilidad mínima del impedanciometro). Entonces se va disminuyendo lentamente la presión, en forma manual o con una bomba motorizada, hasta los -400 mm de agua. Se registran las variaciones de compliancia según la presión. La curva obtenida es el timpanograma. Por lo general, para trazar la curva, basta con utilizar una unidad arbitraria de compliancia en las ordenadas (1 división = 1 /2 esfera). En caso de perforación timpánica no puede realizarse la prueba, ya que los cambios de presión aplicados en el conducto auditivo externo son ineficaces.

RESULTADOS

- **Resultados en los pacientes sanos**

Una curva timpanométrica típica presenta un pico estrecho centrado en el origen de las presiones (presión en el conducto auditivo externo igual a la presión en la caja timpánica e igual a la presión atmosférica). De hecho, en el paciente normal, este pico está entre -100 y + 100 mm de agua. La curva normal, llamada curva de tipo A de la clasificación de Jerger, no siempre es simétrica (compliancia a -200 mm de agua ligeramente superior para el valor de referencia a +200 mm de agua).

- **Resultados en los pacientes patológicos**

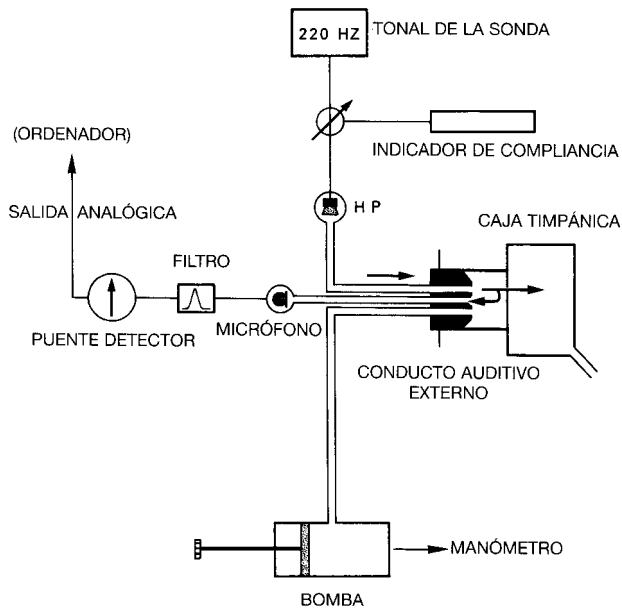
El timpanograma de tipo B de la clasificación de Jerger presenta poco o ningún máximo (fig. 10). Aparece cuando la movilidad timpánica es muy baja. Esto puede ser debido a un derrame del oído medio o a una fijación de la cadena timpanoosicular.

El timpanograma de tipo C presenta un máximo desplazado hacia las presiones negativas (< -100 mm de agua) (fig. 10). Se observa cuando existe una depresión persistente en el oído medio secundaria a una disfunción tubotimpánica. El reflejo acústico puede buscarse cuando aparece un timpanograma de tipo C, aplicando gracias al impedanciometro una depresión permanente en el conducto auditivo externo igual a la observada en el oído medio.

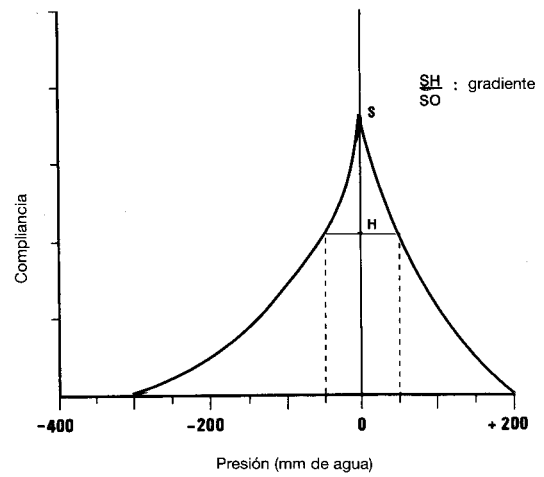
Pueden aparecer otras curvas timpanométricas. Cuando la membrana timpánica es cicatrizal aparecen muescas irregulares en la curva compliancia/presión. Un timpanograma con un gradiente muy fuerte (clásico pico en "torre Eiffel") indica una disyunción de la cadena osicular que hace que el tímpano sea muy móvil.

Por último, alguna patología que afecte la transmisión de los sonidos por la cadena timpanoosicular puede no afectar el timpanograma. Es el caso de la otosclerosis, en la que el timpanograma suele ser normal, aunque la amplitud del pico de compliancia pueda estar más bajo.

	Resistencia	Reactancia	
		$2\pi fM$	$K/2\pi f$
Origen	Frotamientos en la cóclea	Masa de los huesecillos	Rigidez del sistema de suspensión de los huesecillos
Variación según la frecuencia	independiente	aumenta si $f > 1\ 200\ \text{Hz}$	disminuye si $f < 1\ 200\ \text{Hz}$



9 Impedanciometría, esquema del principio de funcionamiento de un impedanciómetro.



10 Timpanometría.

A la izquierda: timpanograma normal. En ordenada, la altura relativa del timpanograma se lee sobre el reloj del impedanciómetro. A la derecha: diversos tipos de timpanogramas hallados y su valor predictivo de la presencia de un derrame en el oído medio [33, 50].

Diferentes tipos de timpanogramas	Valor predictivo de la presencia de un derrame en el oído medio
	10%
	20%
	54%
	88%