



GUIA PRÁCTICA DE REALIZACIÓN E
INTERPRETACIÓN DE POTENCIALES
EVOCADOS AUDITIVOS PRECOCES EN EL
DIAGNÓSTICO OBJETIVO DE LA AUDICIÓN

Dr. Juan B. Calero del Castillo
Dr. Alberto J. Guillén Martínez



El estudio, tratamiento y rehabilitación de la patología otológica forma parte integral de las competencias del profesional de nuestra especialidad. No considerándose de ningún modo intrusismo laboral la realización de pruebas neurofisiológicas, pues así lo detalla de manera clara el programa oficial de formación MIR.

Bolentín Oficial del Estado. Número 110.

ORDEN SCO/1262/2007, de 13 de abril, por la que se aprueba y publica el programa formativo de la especialidad de Otorrinolaringología.

En el referido Programa de Formación MIR de ORL recoge, en el tercer año de formación, el contenido práctico y habilidades relativos a la patología otológica, donde dice textualmente:

“Potenciales Evocados Auditivos (Latencia breve, Tronco, Latencias medias) y otras pruebas audiológicas”.

Recuerdo de Anatomía y Neurofisiología de la vía auditiva.

El oído traduce la señal acústica en una señal organizada de actividad neural que permite el tratamiento central y la percepción auditiva.

La generación de sensaciones auditivas en el ser humano es un proceso complejo, desarrollado en tres etapas básicas:

1. Captación y procesamiento mecánico de las ondas sonoras.
2. Conversión de la señal acústica mecánica en impulsos nerviosos, y transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro.
3. Procesamiento neural de la información codificada en forma de impulsos nerviosos.

Para ello el oído externo se encarga de la amplificación, binauralidad y localización tridimensional de las fuentes sonoras. El oído medio mediante el acople de impedancias transforma las vibraciones sonoras aéreas que llegan a la membrana timpánica en

variaciones de presiones en los compartimientos líquidos del oído interno que se encarga de la transducción mecanoeléctrica que y en último lugar las vías nerviosas van a llevar el impulso generado hacia el córtex cerebral.

Como resultado de este análisis de la señal acústica recibida tendrá unas características discriminativa que será de tres tipos:

- En frecuencia: de 20 a 20,000 Hz
- En intensidad: de 0 a 130 dB.
- Temporal: de 1ms.

A nivel central, en el proceso de transmisión de la señal hasta la corteza auditiva, esta viaja en forma de potenciales de acción a través de una serie de núcleos como son el núcleo coclear, complejo olivar superior, núcleo del lemnisco lateral, colículo inferior y cuerpo geniculado medial, que se comportan como centros de alta integración, contribuyen a la modulación de la señal y su discriminación binaural, frecuencial y de amplitud.

Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral

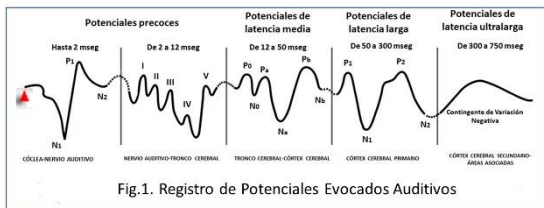
Los potenciales evocados auditivos del tronco encefálico corresponden al registro a partir de electrodos de superficie de la actividad eléctrica de la cóclea, de la rama coclear del nervio vestibulo coclear y de las primeras conexiones neurales auditivas del tronco encefálico en el momento de un estímulo sonoro adaptado.

El principio básico para el registro de los potenciales auditivos evocados consiste en extraer del trazado electroencefalográfico resultante de la actividad intrínseca del sistema nervioso central, la actividad eléctrica que solo procede del sistema auditivo. Para que este potencial sea registrado, el estímulo de las fibras del nervio auditivo debe ser sincronizado e importante. La sincronización de la actividad eléctrica de estas fibras exige el uso de estímulos muy breves, pudiendo emplearse clicks, clicks filtrados o soplos tonales cortos. Este estímulo mecánico se transforma en el órgano de Corti en un estímulo eléctrico que recorre la vía auditiva hasta alcanzar la corteza cerebral.

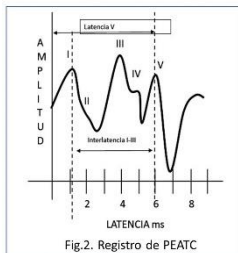
Desde que se estimula el órgano de Corti hasta la llegada de la información al córtex transcurren

aproximadamente 300ms y este período se denomina latencia.

En función de que segmento de tiempo estudiamos dentro de esa latencia, podemos clasificar los potenciales evocados en (Fig.1):



- Microfónicos cocleares 0 ms
- Electrocoqueografía 1-4 ms
- PEATC precoces 2-12 ms
- Potencia les estado estable 2-12 ms
- Potenciales de latencia media 15-50 ms
- Potenciales de latencia larga 50-300 ms



La vía auditiva consta de una serie de estaciones nerviosas que deberá recorrer el estímulo y que identificaremos en el trazado obtenido en los primeros 12 ms correspondientes a los PEATC como (Fig.2):

- Onda I: Actividad eléctrica del ganglio espiral
- Onda II: Parte posterior del núcleo coclear anteroventral y zona anterior del núcleo coclear posteroventral.
- Onda III: parte anterior del núcleo coclear anteroventral ipsilateral y núcleo medial del cuerpo trapezoide contralateral.
- Onda IV: células ipsilaterales y contralaterales de la oliva medial superior.
- Onda V: células del lemnisco lateral y/o colículo inferior.

Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable

A diferencia de los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC) que poseen el inconveniente de que la mayor energía del clic se concentra en el rango de frecuencias más agudas y no es específico

frecuencialmente, los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee) por estímulos tonales aislados y a frecuencias de estimulación entre 75-110 Hz producen una respuesta que representa la descarga sincrónica de las neuronas del tronco cerebral las cuales siguen la frecuencia de modulación del estímulo que les da origen.

Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee) corresponden al registro de la respuesta cerebral obtenida por un estímulo acústico repetitivo. Se denominan estables porque esta respuesta se mantiene durante todo el tiempo que esté presente el estímulo. A diferencia de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral (PEATC) permiten determinar el umbral auditivo en un espectro más amplio y de manera específica por frecuencias.

Para la obtención de potenciales evocados auditivos de estado estable utilizamos la aplicación de estímulos acústicos tonales repetitivos multifrecuenciales modulados en amplitud.

La respuesta al estímulo se presenta cuando se alcanza el umbral de las células ciliadas de la cóclea en la zona tonotópica correspondiente a la frecuencia

presentada. La respuesta obtenida es una onda cuasi sinusoidal, cuya frecuencia es exactamente igual a la frecuencia de modulación del estímulo, y puede diferenciarse, por tanto, de las demás frecuencias y del resto de la actividad eléctrica cerebral. Esta respuesta permite la aplicación de una FFT (transformada rápida de Fourier) que los convierte en parámetros de amplitud y fase quedando la respuesta representada como un pico espectral a la frecuencia de modulación. Gracias a ello se podrán utilizar una serie de estadígrafos que se calculan en el dominio de la frecuencia para terminar si hay o no respuesta. Permitiendo de esta manera la realización de una audiometría frecuencia específica, muy similar a una audiometría tonal.

El tipo de estímulo empleado será de tonos continuos modulados y con una variedad frecuencial, pudiendo realizarse el estudio de forma monoaural o binaural.

Ventaja: Técnica doblemente objetiva. No requiere el análisis técnico por parte del examinador ni la colaboración del sujeto a estudio.

Los potenciales evocados auditivos de estado estable rastrean la respuesta eléctrica en un abanico de tonos puros que se aproximan a un audiograma.

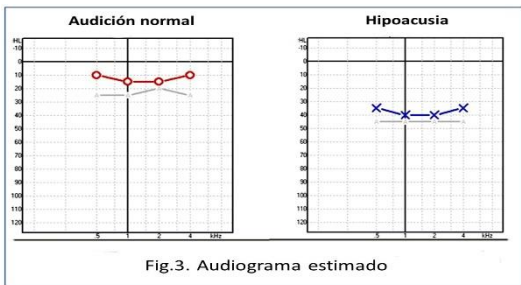


Fig.3. Audiograma estimado

Indicaciones fundamentales de los potenciales auditivos (PEATC y PEAAe).

Las indicaciones fundamentales de estos potenciales auditivos (PEATC y PEAAe) en nuestra práctica clínica son:

- Herramienta fundamental en los programas de detección precoz de hipoacusia infantil, permitiendo el apoyo de las otoemisiones acústicas y del microfónico coclear. La onda V está presente desde el nacimiento.
- Evaluación de la audición en niños pequeños y en los casos de difícil evaluación audiométrica como simuladores o retraso mental.

- Herramienta de gran ayuda en el equipamiento audioprotésico de, con especial interés en conseguir una estimulación auditiva temprana en niños hipoacúsicos. Método de diagnóstico diferencial de la hipoacusia. Diagnóstico diferencial eficaz de las hipoacusias cocleares y retrococleares. Tumores del VIII par craneal.
- Diagnóstico de la esclerosis múltiple.
- Diagnóstico diferencial de muerte cerebral y coma inducido por drogas.

Utilidad Clínica del PEAAe

Determinación del umbral auditivo. Con especial interés en población pediátrica que no haya pasado las pruebas de screening neonatal o que no se haya sometido a ellas se sospeche de hipoacusia y todavía no sean capaces de realizar una audiometría tonal.

Ventajas:

- Los resultados obtenidos con los PEAAe permiten establecer el umbral auditivo del niño con mayor fiabilidad que los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC) ,y, por tanto, poder

determinar la línea a seguir en caso de pérdida auditiva con un menor margen de error.

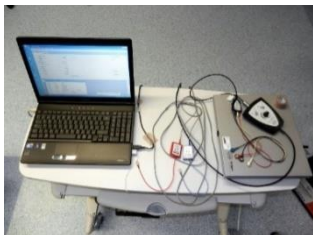
- Evaluación simultánea de varias frecuencias audiométricas.
- Valoración monoaural o binaural, lo que reduce el tiempo de realización.
- Técnica objetiva. No requiere el análisis de la respuesta por parte del examinador ni la colaboración del sujeto a estudio.

Realización de Potenciales Evocados Auditivos

Los Potenciales Evocados Auditivos Precoces (PEATC/ABR y PEAAe/ASSR) son el método objetivo más fiable para el diagnóstico cuantitativo y cualitativo de la hipoacusia siempre y cuando se realicen conjuntamente y en el mismo acto exploratorio.

Vamos a describir la metodología de estimulación, el registro de la respuesta obtenida y la interpretación de resultados.

Para ello nosotros hemos empleado un equipo Ineteracoustics con soporte Eclipse como

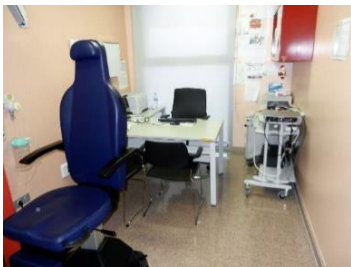


plataforma de estimulación y un ordenador portátil con base de datos OtoAccess® para el almacenamiento de la respuesta y su posterior gestión. En

este equipo basaremos esta guía y mostraremos imágenes de sus pantallas y gráficas. Todos los equipos actuales son similares y presentan las mismas posibilidades con sus diferentes manejos y sus diferentes pantallas de visualización.

El local de exploración.

El local de exploración debe ser una zona silenciosa, aunque no precisa un silencio absoluto.



Suficientemente amplia para contener una mesa de estudio con el equipo de estimulación, un ordenador y una impresora, así como una cuna para bebés, una silla de paseo de niños pequeños (o la propia del paciente) y una camilla para niños mayores y adultos. Con frecuencia estas pruebas las realizamos en una sala de quirófano que suelen ser amplias intentando el mejor silencio posible.

El paciente.

Para evitar el ruido eléctrico que no artefacte la obtención de la respuesta debemos minimizar los movimientos del paciente, por lo que éste debe estar relajado y quieto, siendo, en la mayoría de los casos, necesaria la sedación ya que muchos de estos estudios los realizaremos en bebés y niños pequeños.

Los adultos y niños mayores de 12 años puede realizarse la prueba, en algunos casos, sin ningún tipo



de sedación, indicando al paciente que acuda con pocas horas de sueño para intentar que se duerma durante la prueba. De todos modos, en muchos casos estos pacientes necesitarán sedación un

quirófano, para la correcta obtención de respuestas no artefactadas.

En los niños podemos intentar realizar la prueba con inducción de sueño. Para ello indicaremos a los padres que el niño duerma pocas horas y que lo mantengan despierto hasta iniciar la prueba y

previamente les daremos algo de alimento. Esperaremos a que el niño se duerma e intentaremos realizar la prueba. Teniendo en cuenta que la prueba puede necesitar una hora de exploración, si el niño se despierta sin haber terminado no podremos obtener un resultado satisfactorio.

Por esto en la mayoría de los casos vamos a necesitar una sedación.

En los niños entre 2 y 12 años precisarán una sedación que quirófano con el apoyo de anestesista, generalmente con Propofol con bomba de administración, proporcionando una sedación muy superficial pero suficiente para que el paciente admita



los estímulos sonoros intensos. Con el paciente en estas condiciones sólo necesitaremos unos 15 minutos en el caso de niños con repuesta normal y unos 30 minutos en casos de necesidad de búsqueda de umbrales patológicos.

Los niños menores de dos años generalmente se pueden realizar con sedación utilizando el Hidrato de Cloral en dosis de 75 mg/Kg peso por vía oral (se puede utilizar la vía rectal pero su absorción es más variable), pudiendo subir la dosis hasta 100 mg/Kg peso con una dosis máxima de 2 gr.

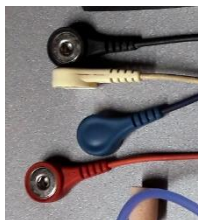


Esta dosis no se puede repetir ya que los metabolitos de degradación de Hidrato de Cloral también tienen efecto sedante y se suman ambos efectos. Esta sedación tiene muy

pocos efectos adversos y en nuestra experiencia siempre ha sido eficaz y sin efectos adversos relevante, permitiendo unas 2-3 horas de sueño en las que se puede manipular al paciente y realizar estímulos sonoros intensos (80-90 dB). Esta sedación permite despertar al niño en cualquier momento ya que responde a estímulos dolorosos. Al niño lo sentaremos medianamente recostado en su misma silla de paseo.

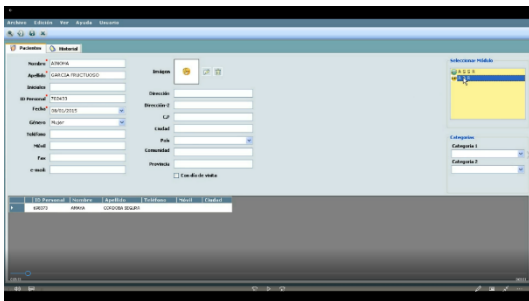
La fórmula magistral del Hidrato de Cloral se realiza en el departamento de Farmacia del hospital de modo que 100 mg equivalen a 1 cc, con un excipiente de 100 ml.

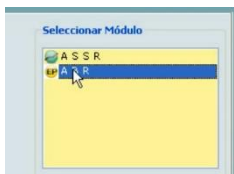
La estimulación.



Previa a la sedación realizaremos la limpieza de la piel empleando alcohol y posteriormente una crema abrasiva suavemente. Una vez dormido el niño colocaremos los electrodos como se ha descrito anteriormente, en nuestro equipo el electrodo blanco (activo) en la frente a nivel de la raíz del cabello, el rojo (referencia) en mastoides derecha, el azul (referencia) en la mastoides izquierda y el negro (masa) en la región cigomática, intercalando una pasta conductora.

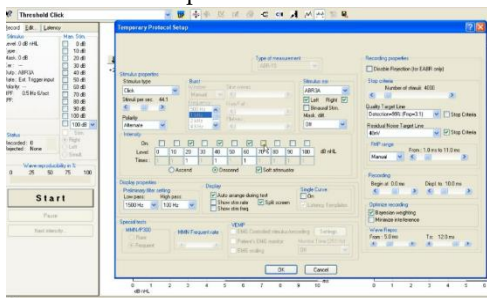
Tras recoger los datos de filiación del paciente en la pantalla de filiación debemos guardar los datos en el icono correspondiente y pulsamos en el botón



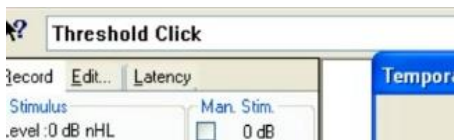


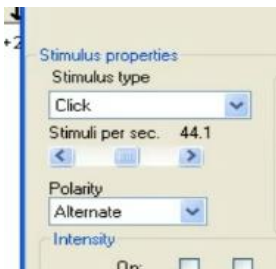
ABR para pasar a la pantalla de estimulación de los PEATC/ABR..

En ella seleccionamos todos los parámetros de estimulación y las características de la ventana de observación de la respuesta.



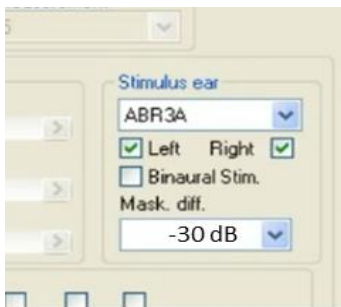
Elegimos click para la estimulación que podemos ya tener programados previamente (en este caso "Threshold Click") pero que podemos programar manualmente.





Por lo tanto, programamos click alternante con una cadencia de 44,1 click por segundo.

Seleccionamos auriculares de inserción y estímulo en ambos oídos (no binaural) y un



enmascaramiento contralateral de 30 dB por debajo de la intensidad del estímulo.

Recording properties

Disable Rejection (for EABR only)

Stop criteria

Number of stimuli: 4000

Quality Target Line
Detection=99% (Fmp=3.1) Stop Criteria

Residual Noise Target Line
40nV Stop Criteria

FMP range
Manual From : 1.0 ms to 11.0 ms

Recording

Begin at 0.0 ms Displ. to 12.0 ms

Optimize recording

Bayesian weighting
 Minimize interference

Wave Repro:

From : 0.0 ms To: 12.0 ms

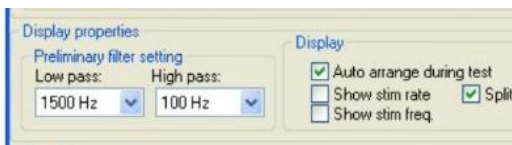
Seleccionamos el número máximo de estímulos (4000) y los criterios de paro (99% de reproductividad de la curva y 40nV de ruido residual). Vamos a trabajar manualmente, una grabación en la pantalla de 12 ms, ponderación

bayesiana y una ventana de reproducción de onda de 0 a 12 ms

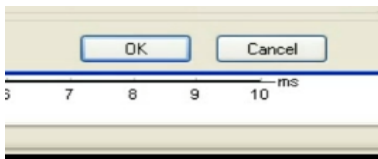
Programamos la progresión de las diferentes intensidades iniciando en 70-80 dB y bajando de 20 en 20 dB.



Seleccionamos filtro Pasa Alto en 100 Hz y el filtro Pasa Bajo en 1500 Hz, seleccionando, así mismo, el autoarranque de la prueba.

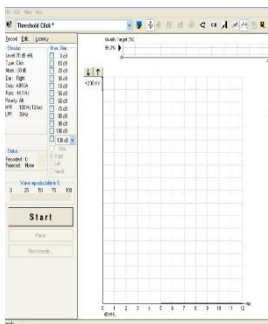


Ya seleccionados todos los parámetros pulsamos el botón “OK” y pasamos a la pantalla de registro.



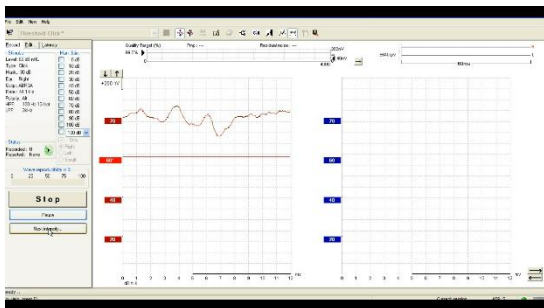
En esta pantalla observamos, en la columna de la izquierda en la parte superior, los menús de Grabación, Edición y Latencias.

En la pantalla de grabación observamos, en la columna izquierda, las posibilidades manuales de estimulación en intensidad y lateralidad con las que trabajaremos si son necesarias. En esta pantalla, en la parte superior, observamos dos ventanas, la de la izquierda nos muestra la reproductibilidad de la onda y el ruido residual y la de la derecha el EEG

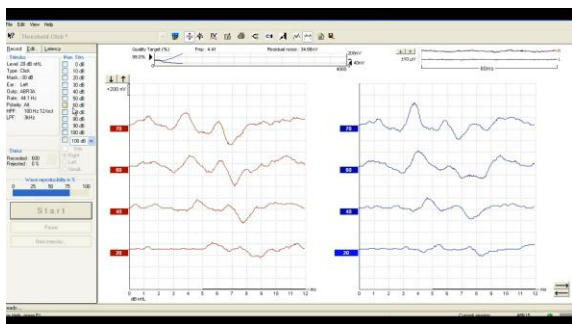


que nos indica el grado de relajación del paciente.

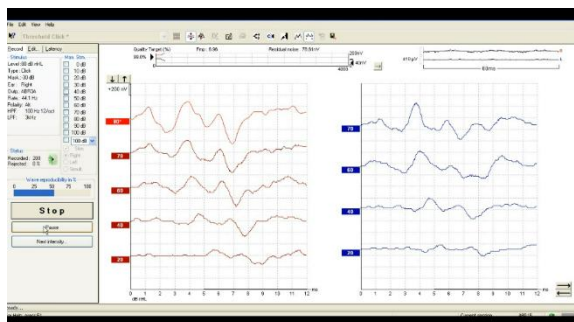
Al pulsar “Start” se inicia la prueba obteniendo y observando la aparición progresiva de las respuestas en las diferentes intensidades programadas en la pantalla de estimulación, inicialmente el oído derecho y posteriormente el izquierdo, en sus correspondientes colores rojo y azul. Cuando pensamos que la reproductividad de una curva es adecuada, que la observamos en la columna izquierda (>75%) pulsamos “Siguiete intensidad” y pasamos al registro siguiente. Aquí también observamos el número de estímulos que hemos dado. En cualquier momento podemos pausar la exploración en su botón correspondiente.



Cuando tengamos los registros de las ondas de ambos oídos pulsamos “Stop” y finalizamos el registro de las respuestas.

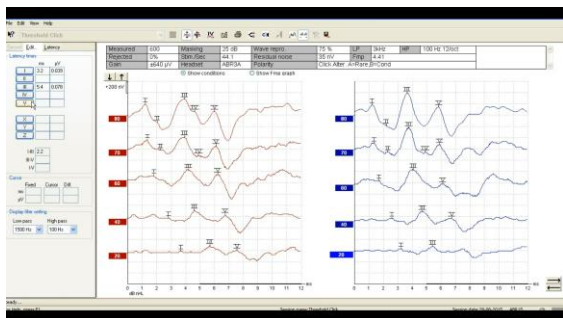


Ahora si queremos añadir otra intensidad, p. ej. 80 dB en el oído derecho, lo marcamos y pulsamos “Start”, y sobre esa misma pantalla aparecerá el registro de la nueva intensidad.



Una vez obtenemos todos los registros pasamos a la pantalla de Edición en el menú de la

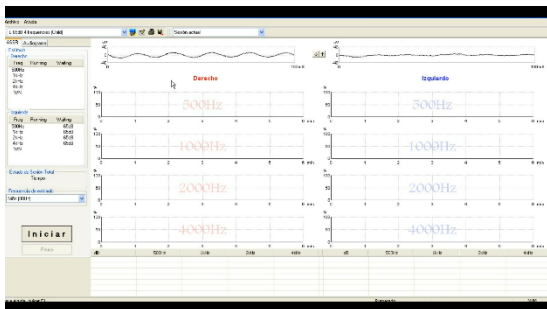
izquierda arriba y procedemos a marcar las diferentes latencias de todas las ondas obtenidas.



En el menú superior seleccionamos guardar y salir y volvemos a la ventana de filiación.



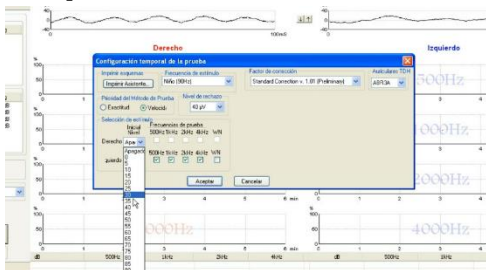
En la pantalla de filiación seleccionamos ASSR y nos llevará a la pantalla de estimulación de los PEAAe/ASSR.



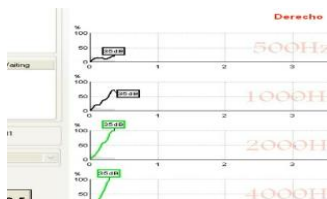
Esta pantalla está dividida en oído derecho e izquierdo. En la parte superior observamos el nivel de relajación del paciente para evitar rechazos de estímulos, en la parte central se aprecia la progresión de la estabilización de las respuestas en las diferentes estimulaciones de oído y frecuencias. Pulsaremos el



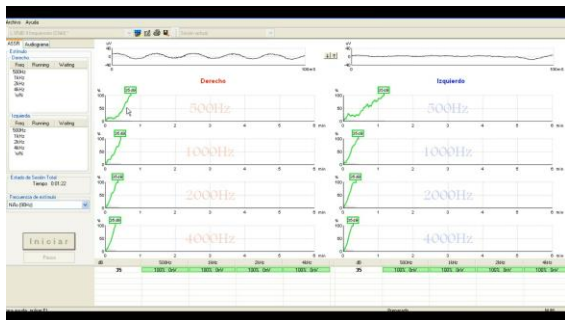
icono Setup del menú superior y nos mostrará la ventana de selección de parámetros de estimulación.



Una vez seleccionados pulsamos “Aceptar” y pasamos a la ventana anterior, Tras pulsar “Iniciar” comenzará la observación de la progresión de estabilización.



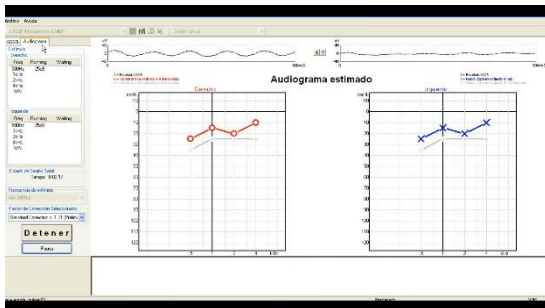
Vamos observando en negro la progresión de estabilización de la respuesta del PE Aee/ASSR que se cambiará y fijará en verde al alcanzar el 100% de estabilización en un determinado periodo de tiempo y se mostrará en las ventanas de la parte inferior de la pantalla en números cuantitativos.



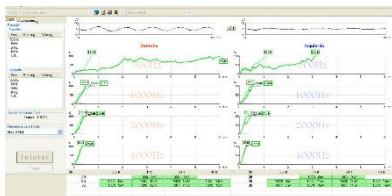


Pulsando en el botón "Audiograma del menú superior izquierda observaremos un audiograma

estimativo según la respuesta obtenida.

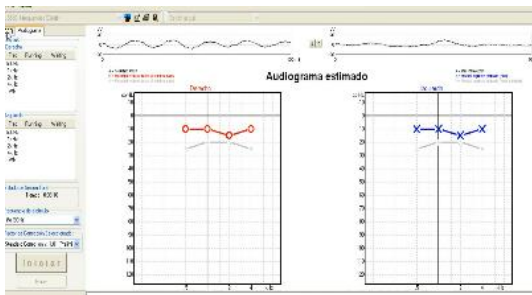


Repetiendo el procedimiento buscamos los umbrales de las diferentes frecuencias que será la intensidad más baja de cada frecuencia que se



establece la respuesta al 100% en seis minutos de observación.

Así obtendremos las pantallas definitivas de estabilización y audiograma estimado.



Una vez finalizada la prueba guardamos y salimos a la pantalla de filiación. Abriendo nuevamente la pantalla de ABR y pulsando en el icono de informe podremos diseñar el informe que nos interese e incluiremos los gráficos que seleccionemos y que posteriormente podremos imprimir.

Finalizado guardamos y volveremos a la pantalla de filiación. Los datos de registro quedarán guardados en la base de datos de OtoAccess® con los que podremos trabajar cuando creamos conveniente.

