

EVALUACIÓN AUDIOLÓGICA DE LA POBLACIÓN INFANTIL

ALICIA HUARTE IRUJO
Universidad de Navarra
España

RESUMEN

La batería de exploraciones audiológicas disponibles en la actualidad, abarca determinados métodos de exploración que precisan de la colaboración del paciente (métodos conductuales), y otros métodos que no requieren dicha colaboración (métodos objetivos). Ambos se complementan y dan una información audiológica esencial para detectar y diagnosticar precozmente al niño con hipoacusia y tratar así tempranamente su déficit auditivo. Todo ello va a proporcionar al niño con déficit auditivo el desarrollo del lenguaje oral y su integración en la sociedad.

Palabras clave: exploraciones audiológicas, métodos conductuales y objetivos.

ABSTRACT

The set of audiological examination available today consists of examination methods that require patient collaboration (behavioral methods) and others that do not need it (objective methods). Both methods support each other, and give essential audiological information to the early detection and diagnosis of child deafness, so the hearing impairment can be treated early. This will allow the development of oral speech/language in children with hearing impairment, and thus their integration in society.

Key words: audiological examination, behavioral and objective methods

INTRODUCCIÓN

La detección precoz de la hipoacusia infantil, así como su diagnóstico y tratamiento temprano, son básicos para evitar o minimizar una serie de importantes alteraciones relacionadas con el desarrollo del lenguaje y del pensamiento. Durante los primeros años de vida la audición y lenguaje están íntimamente unidos, de modo que el grado de pérdida auditiva y la diferente afectación de las frecuencias del espectro auditivo influyen sobre la adquisición del lenguaje y la producción de su voz. En aquellos casos en que la pérdida de audición es importante, los niños tienden a aislarse del entorno en el que viven, repercutiendo ello en su psicoafectividad y en su comportamiento. Además, hay que considerar que la hipoacusia puede pasar desapercibida en el niño pequeño porque es asintomática y no es detectada en las exploraciones clínicas pediátricas habituales. En los países desarrollados que no disponen de programas de detección precoz, la edad media de diagnóstico de la hipoacusia en el niño es de 3 años (Martin, Bentzen, Colley, Hennebert, Holm, Lurato, Jonge, McCullen, Meyer, Moore y Morgon, 1981; Joint Committee on Infant Hearing, Asha, 1994). Sin embargo, ha sido demostrado científicamente que la intervención terapéutica obtiene mejores resultados cuanto más precozmente sea instaurada (Yoshinaga-Itaro, Sedey, Coulter y Miehl, 1998). En las dos últimas décadas, el desarrollo tecnológico ha permitido la aparición de instrumentos de detección, diagnóstico y tratamiento efectivos para la hipoacusia.

Profesora Alicia Huarte, Departamento de Otorrinolaringología, Clínica Universitaria de Navarra. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona. Correo electrónico: ahuarte@unav.cl

Los métodos de detección sistemática de la hipoacusia deben ponerse en práctica ya desde el período neonatal o en los primeros meses de vida en todos los sujetos con factores de riesgo de hipoacusia, descritos por el "Joint Committee on Infant Hearing" (Asha, 1994; véase tablas 1, 2 y 3) y posteriormente ratificados por la "Comisión Española para la Detección Precoz de la Hipoacusia" (1996). Deben utilizarse también en lactantes que, aún no teniendo antecedentes de riesgo, presentan un balbuceo pobre, monótono o decreciente. Vinter (1994) ha analizado sistemáticamente el balbuceo de 21 niños sordos profundos con edades entre los 12 y 32 meses, y no observó balbuceo canónico, es decir, producción de sílabas idénticas bien formadas tipo consonante vocal (CV) en cadena, que progresivamente se diversifican, en ninguno de los sujetos antes de los 14 meses y solo el 72% de ellos lo habían adquirido a los 32 meses; si bien es sabido que los bebés con audición normal, adquieren el balbuceo canónico en el segundo semestre de vida. Por lo tanto, si la aparición del balbuceo canónico se retrasa más allá de los 12 meses de edad, hay que sospechar la posible existencia de una hipoacusia importante. También deben ser sistemáticamente estudiados, desde un punto de vista auditivo, los sujetos de cualquier edad afectados con deficiencia mental, de encefalopatías crónicas o de síndromes polimalformativos (François, 1991). En la actualidad, la detección precoz de la hipoacusia tiende hacia la instauración de programas de *screening* universal, que se realizan durante los primeros días de vida, con la finalidad de detectar lo más precozmente posible a la mayor parte de los lactantes no normoauditivos, porque el 50% de las hipoacusias infantiles se dan en niños sin factores de riesgo (Davis, Bamford, Wilson, Ramkalan, Forshaw, y Wright, 1997). El diagnóstico del déficit auditivo incluye la determinación de los umbrales para las distintas bandas de frecuencia en cada oído y la localización de la lesión que genera dicha hipoacusia. Este diagnóstico es necesario para definir el apropiado tratamiento médico, el uso de apoyos tecnológicos y la planificación educativo-logopédica.

Tabla 1
Indicadores de riesgo de hipoacusia en recién nacido

-
- 1.- Antecedentes familiares de sordera.
 - 2.- Infección gestacional (TORCHS)*
 - 3.- Malformaciones craneofaciales.
 - 4.- Peso < 1.500 gr.
 - 5.- Hiperbilirrubinemia grave.
 - 6.- Agentes ototóxicos en la gestante o el niño.
 - 7.- Meningitis bacteriana.
 - 8.- Accidente hipóxico isquémico.
 - 9.- Ventilación mecánica.
 - 10.- Síndromes asociados a hipoacusia.
 - 11.- Hábitos tóxicos maternos.
-

* Toxoplasmosis, Rubeola, Citomegalovirus, Herpes y Sífilis.
Joint Committee on Infant Hearing (Asha, 1994).

Tabla 2
Indicadores de riesgo de hipoacusia en el lactante

-
- 1.- Sospecha de hipoacusia por los padres o educadores.
 - 2.- Meningitis bacteriana o infección que curse con hipoacusia.
 - 3.- Traumatismo craneoencefálico.
 - 4.- Estigmas de síndromes que cursen con hipoacusia neurosensorial.
 - 5.- Agentes ototóxicos.
 - 6.- Otitis media crónica o recidivante.
-

Joint Committee on Infant Hearing (Asha, 1994).

Tabla 3
Indicadores que requieren monitorización auditiva periódica

-
- 1.- Antecedentes familiares de sordera.
 - 2.- Infección gestacional(TORCHS)*
 - 3.- Trastornos neurodegenerativos.
 - 4.- Otitis media crónica o recidivante.
 - 5.- Deformidades craneofaciales.
-

* Toxoplasmosis, Rubeola, Citomegalovirus, Herpes y Sífilis.
Joint Committee on Infant Hearing (Asha, 1994)

En general, tanto los métodos de detección como los de diagnóstico pueden ser divididos en dos grandes grupos: subjetivos y objetivos. Los métodos subjetivos o conductuales se denominan así porque requieren la colaboración del sujeto. Este debe dar una respuesta tras percibir el estímulo auditivo. Dicha respuesta, automática o voluntaria según las características del sujeto, es observable por el examinador. Los métodos objetivos, en cambio, no requieren de la cooperación del sujeto. Se basan en el análisis, mediante el empleo de la tecnología apropiada, de ciertos cambios fisiológicos que se originan en el oído o en las vías nerviosas al recibir los estímulos auditivos. La concordancia de los resultados de los tests audiológicos subjetivos y objetivos, determinan con precisión el diagnóstico y ambos métodos son complementarios e indispensables para alcanzar dicho diagnóstico.

MÉTODOS AUDIOMÉTRICOS SUBJETIVOS O CONDUCTUALES

Son indispensables para el estudio auditivo infantil, requieren de personal experimentado y precisan un tiempo suficiente para su realización, alcanzando su aplicación a la mayoría de los niños comprendidos entre la lactancia y la edad escolar. Dichas técnicas tienen que desarrollarse de acuerdo a la edad y características de cada niño, utilizando refuerzos para maximizar las respuestas e introduciendo los cambios pertinentes con relación a las pruebas empleadas en los adultos. Se clasifican en dos categorías. La primera, que depende únicamente de una respuesta no condicionada al sonido, es la denominada Audiometría de Observación de la Conducta. La segunda se basa en una respuesta condicionada al sonido, incluyendo las siguientes pruebas: Test de Reflejo de Orientación Condicionada, Audiometría con Refuerzo Visual, Audiometría de Actuación y Audiometría Lúdica (tabla 4).

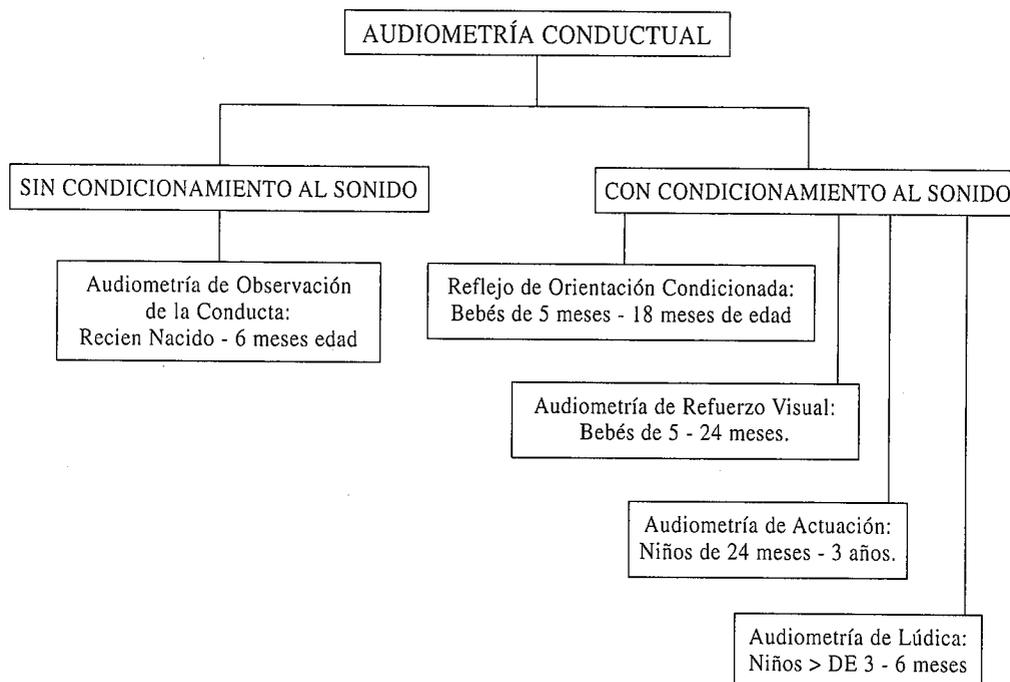
A. Respuesta no condicionada al sonido

A.1. Audiometría de Observación de la Conducta

Ha sido el procedimiento clásico utilizado en *screening* y evaluación auditiva de neonatos y niños durante años (Northern y Downs, 1984, 1991). Se emplea generalmente desde el nacimiento hasta el sexto mes de vida y para ello se realiza una observación de la conducta refleja subsiguiente a la estimulación acústica. Para la realización del examen es aconsejable que el bebé se encuentre dormido, aproximadamente 45 minutos antes de comer, o despierto y tranquilo, sostenido en brazos o sentado en las rodillas de su madre/padre. La sala ha de estar silenciosa, y se debe conocer el nivel de ruido de fondo y el estímulo acústico ha de poseer una intensidad de 15-20 dB por encima del ambiente general sonoro (Murphy, 1968).

La estimulación se puede realizar por medio de juguetes sonoros, acústicamente tipificados en su intensidad y frecuencia, o con audiómetros pediátricos o portátiles, como los diseñados por

Tabla 4
Clasificación de la Audiometría Conductual y edades de utilización en los niños



Veit y Bizaguet (1975) o por Downs y Sterrit (1964). Estos audiómetros están equipados con un altavoz que se sitúa aproximadamente a 4 cm de distancia del oído, o bien con un auricular que no presiona el pabellón, emiten un tono puro a intensidades que oscilan entre 20-90 dB en bandas de frecuencia comprendidas entre 500Hz-4000 Hz. La audición es evaluada observando las distintas reacciones del lactante ante los estímulos acústicos que se ofrecen. Las respuestas reflejas que se pueden obtener son múltiples. Relke y Frey (1966), las clasificaron en cinco categorías:

- Reflejo respiratorio (aparece una inspiración profunda, seguida de una apnea, y a los 5-10 segundos, la respiración vuelve a normalizarse).
- Reflejo cocleo-palpebral (el niño presiona los párpados, si estos están cerrados, y los cierra rápidamente si están abiertos).
- Reflejo de movimiento (realiza movimientos de sacudidas en las extremidades, llegando en ocasiones al reflejo de Moro).
- Reflejo de llanto (expresión facial de malestar seguida de llanto).
- Reflejo de sorpresa (interrupción corta del llanto y movimientos del cuerpo).

Este procedimiento, que requiere para la interpretación de sus respuestas de un personal muy experimentado, no deja de ser incompleto, ya que alcanza, por su subjetividad, niveles de baja especificidad y sensibilidad. Además, presenta otras desventajas, tales como la rápida habituación del niño a la presencia del estímulo-test, precisando para lograr la deshabitación la introducción de un nuevo estímulo-test. Desafortunadamente, los estímulos auditivos como la palabra, sonidos ambientales, música, tienden a no ser específicos frecuencialmente, por lo que se aconseja la utilización de sonidos puros o ruidos de una banda frecuencial conocida.

En esta línea de estudios de respuesta reflejas, en los años 70 Simmons y Russ (1974), desarrollaron una nueva técnica denominada *Crib-o-grama*. Esta prueba se basa en el registro

automatizado de los cambios en el estado de actividad de los neonatos, ante la presencia de un estímulo acústico. Bajo el colchón de la cuna se coloca un transductor sensible al movimiento. En los primeros 10 segundos se registra la actividad basal y periódicamente se presenta un sonido centrado en 3 kHz con una periodicidad que oscila entre 1-25 segundos. Se realizaron estudios de validación con 1.195 lactantes, observándose una tasa de falsos positivos del 13,8%, con una sensibilidad del 86,9% y una especificidad del 94,5% (Marcellino, 1986). Las ventajas de esta técnica están en su bajo costo y en no requerir personal experimentado. Sin embargo, se trata de una exploración laboriosa, que precisa aproximadamente de una hora para su realización, y que además no es sensible frente a hipoacusias leves. En la actualidad está en desuso en nuestro medio.

En resumen, la investigación audiométrica de observación de la conducta es selectiva pero aproximada, y no implica, si la respuesta es positiva, que exista una capacidad auditiva normal. Si la respuesta es negativa en tres exploraciones, es obligatorio realizar pruebas objetivas con la mayor brevedad, adoptándose la misma pauta si el bebé presenta algún indicador de riesgo de hipoacusia, según ha quedado definido previamente.

B. Respuesta condicionada al sonido

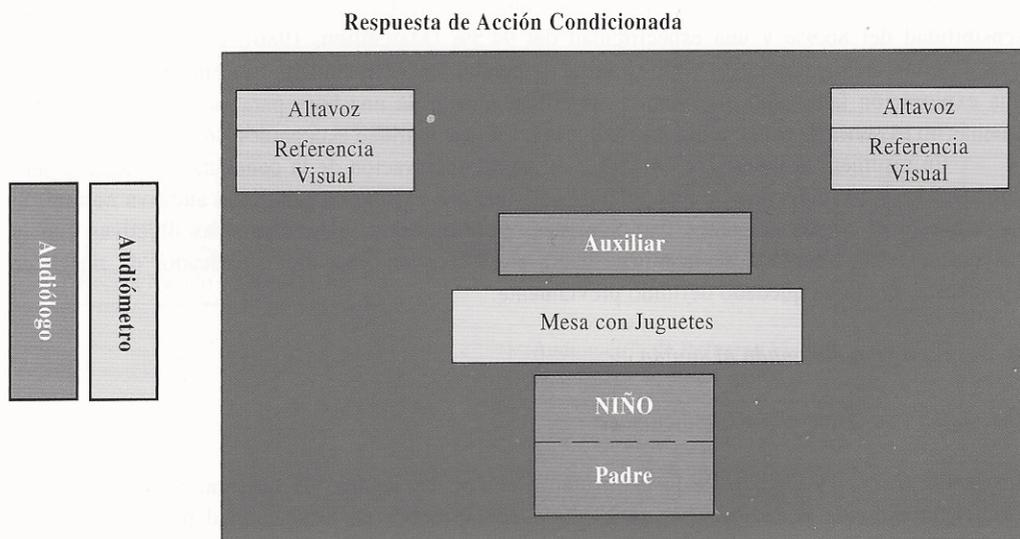
B.1. Reflejo de Orientación Condicionada

En Japón, Suzuki y Ogiba (1961) describieron el Test de Reflejo de Orientación Condicionado (ROC), modificado posteriormente en EE.UU., conociéndose en la actualidad por el nombre de Audiometría con Refuerzo Visual (VRA) (Talbot, 1987; Moore, 1989). El reflejo de orientación condicionada se basa en condicionar al niño ante el sonido, a través de un estímulo visual que él debe localizar. En dicho test, el niño permanece sentado encima de las rodillas de su madre/padre. El bebé debe estar alerta, contento y tranquilo. Se utiliza en bebés entre los 5-6 meses y los 18 meses de edad aproximadamente. La sala del examen debe estar insonorizada y sin estímulos visuales que distraigan su atención. El dispositivo comprende dos altavoces situados a cada lado del niño, aproximadamente a un metro de distancia, a la altura de sus oídos. Debajo de cada altavoz hay una vitrina con un juguete que solo se hará visible por el niño cuando la vitrina se ilumine (ver figura 1). El examinador condiciona al niño al sonido, de forma que al escuchar este, gire la cabeza hacia el altavoz del que procede al estímulo sonoro, obteniendo, solo entonces, la recompensa de ver iluminando el juguete de la vitrina. Una vez que el niño ha sido condicionado al sonido, se inicia la audiometría propiamente dicha. Así, se seleccionan las distintas frecuencias y se disminuye la intensidad de estimulación hasta llegar al umbral de percepción, por debajo del cual el niño no busca el sonido, o si lo hace, es aleatoriamente. Sin embargo, en la práctica clínica esta prueba da preferentemente información sobre la localización de los sonidos, más que sobre los umbrales de audición. A partir de este test de reflejo de orientación condicionada (ROC), descrito en 1961, se han desarrollado diferentes técnicas que usan el apoyo visual como refuerzo en la respuesta auditiva.

B.2. Audiometría por Refuerzo Visual (ARV).

Es un test de respuesta condicionada al sonido bajo refuerzo visual, el cual tiene el objetivo de mantener o reforzar la respuesta. El refuerzo visual debe ser proporcionado inmediatamente después de la presentación del estímulo acústico (estímulo acústico-respuesta-mirada). El estímulo acústico utilizado puede ser un tono puro, un ruido de banda, palabras (el nombre del niño) o el emitido por determinados juguetes sonoros; estos deben testarse acústicamente, bajo el control de un espectrógrafo y un sonómetro. La prueba se desarrolla con el niño sentado encima de su mamá/papá. Un ayudante mantiene la atención visual del niño en un juguete no sonoro. El explorador, que no debe estar en el campo visual del niño, presenta el estímulo acústico, y el niño al escuchar ha de girar la cabeza hacia la fuente sonora, la cual está situada en un ángulo de 45-90° con

Figura 1
Disposición de los elementos exploratorios y de las personas en la realización del test de Respuesta de Orientación Condicionada, en cabina insonorizada

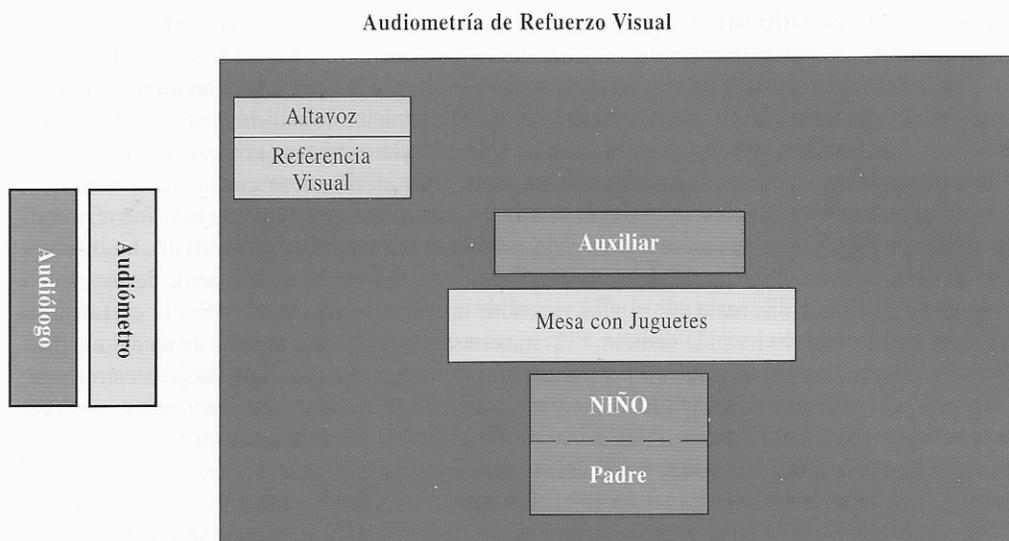


respecto al niño. Inmediatamente, el juguete que se encuentra al lado del altavoz, se mueve o ilumina cuando el niño gira la cabeza buscando el sonido (ver figura 2). Una vez realizados dos ensayos, se inicia la prueba propiamente dicha, de la forma descrita con anterioridad. El estímulo acústico se presenta primero en campo libre, a continuación con el vibrador de vía ósea y por último con auriculares, ya que la tolerancia a estos es menor. Sin embargo, es a través de los auriculares con los que se consigue mayor información de cada oído por separado, ya que la valoración audiométrica en campo libre únicamente da información del grado y configuración de la audición del mejor oído. Según diversos autores (Wilson y Thompson, 1984; Wilden, 1990), entre el 85% y el 90% de los niños obtienen respuestas usando esta técnica. Los umbrales audiométricos que se alcanzan son de 10 a 15 dB, peores que los de los adultos (Wilson y Thompson, 1984; Nozza y Wilson, 1984) y se correlacionan con los audiogramas obtenidos en edades superiores (Diefendorf, 1988). El inconveniente de esta prueba, cuando se utilizan juguetes sonoros o la voz humana, es que no permite obtener una curva precisa de los umbrales. Su interpretación debe ser prudente y el examinador tiene que ser experimentado en la técnica, además de conocedor del comportamiento del niño. En conclusión, la audiometría por refuerzo visual es el procedimiento clínico más utilizado en la evaluación audiométrica conductual en niños entre 5 y 24 meses, aunque sus límites de empleo pueden ampliarse hasta los tres años de edad, ya que la maduración y comportamiento de los niños a estas edades es muy variable.

B.3. Audiometría de Actuación

Aproximadamente, a partir de los 18-24 meses de vida, el niño pierde su interés por el refuerzo visual y la utilización de un refuerzo motor puede serle más motivador, ya que le exige al niño un cierto grado de colaboración activa, y permite aplicar técnicas más precisas. Generalmente estas técnicas de actuación son útiles hasta aproximadamente los 3-4 años, y deben de considerarse como un paso intermedio entre la audiometría de refuerzo visual (AVR) y la audiometría lúdica. Así, Dix y Hallpike (1947), describieron el método del Peep-Show, también fundamenta-

Figura 2
 Disposición de los elementos exploratorios y de las personas en la realización
 del test de Audiometría de Refuerzo Visual, en cabina insonorizada



do en respuestas condicionadas. El niño se coloca delante de una pantalla y es instruido, mediante ensayos pretest, para que, cada vez que oiga un sonido, accione un pulsador. La coincidencia de ambos eventos tiene como consecuencia que un juguete eléctrico o una proyección de dibujos animados se ponga en marcha durante unos instantes. Si el niño pulsa en ausencia de sonido o, a la inversa, si aparece el sonido y el niño no pulsa, la recompensa lúdica no se producirá. Actualmente, esta técnica es conocida como *Audiometría Condicionada de Refuerzo Operante Visual*. Una variante de ella se basa en el empleo de una recompensa tangible, como unas palomitas, gominolas, etc. Así, el niño una vez que escucha el sonido y acciona el pulsador, recibe la recompensa tangible, denominando a dicha variante *Audiometría Condicionada de Refuerzo Operante Tangible*. La presentación del estímulo y la determinación de umbrales auditivos se hace de modo similar a como se ha descrito anteriormente. En determinados casos, el niño no se condiciona a los distintos estímulos acústicos mencionados, y es preciso corroborar los hallazgos de dicha audiometría tonal por medio de la realización de una *Audiometría Verbal de Emergencia*. En esta audiometría verbal utilizamos el limitado vocabulario del niño. Para ello, la madre debe poner en conocimiento del explorador las palabras que el niño conoce y es capaz de identificar, señalar, repetir o realizar una acción determinada (McCormick, 1993).

B.4. Audiometría de Juego o Audiometría Lúdica

Es útil en niños a partir de 4 años y se continúa utilizando hasta aproximadamente los 6 años de edad, ya que el juego siempre motiva a los niños de estas edades. Ya en 1944, Ewing y Ewing propusieron entrenar al niño para responder a un estímulo sonoro mientras realizaba un juego. Así, al percibir los estímulos sonoros, el niño debía realizar una acción, como insertar clavijas, apilar cubos, etc. Si el condicionamiento del niño es adecuado, se pueden obtener respuestas a las diferentes frecuencias e intensidades, y construir así la curva audiométrica tonal liminar (Thompson, Thompson y Vethivelu, 1989; Wilson y Richardson, 1991). Las condiciones del examen son las descritas anteriormente: el niño se halla sentado en una sala insonorizada y recibe un estímulo sonoro a través de auriculares, vibradores o altavoces situados a un metro de distancia.

C. Audiometría Tonal Liminar

La colaboración es buena en niños a partir de aproximadamente los 6 años de edad, obteniendo entonces resultados semejantes a los de los adultos. Se introduce al paciente en una cabina insonorizada y se le colocan auriculares y vibradores en ambos oídos, para explorar la vía aérea y la vía ósea respectivamente. Se utiliza un audiómetro generador de frecuencias que trabaja entre 125 Hz y 8.000 Hz, y un potenciómetro capaz de regular la intensidad, graduado de 5 en 5 dB, con un recorrido que va desde los 0 hasta los 120 dB. Se investigan los umbrales mínimos de audición para la vía aérea por medio de auriculares y para la vía ósea, a través de vibradores que se colocan sobre la región mastoidea del hueso temporal. Inicialmente, si se supone que el niño tiene una audición normal, se debe enviar un tono de frecuencia media (1.000 Hz) a una intensidad no demasiado fuerte, siendo suficiente con 40 dB. Una vez presentado el primer tono, se disminuirá de 10 en 10 dB, hasta que se deje de obtener reacción por parte del niño (acciona un pulsador o eleva la mano). Se incrementa entonces de 5 dB en 5 dB, hasta que el niño reaccione nuevamente y pulse el botón, lo cual indicará que el niño ha percibido el sonido emitido. El cero corresponde al umbral mínimo de un oído normal, en excelentes condiciones de medida acústica. La cifra en decibelios sobre las ordenadas corresponde a la unidad de intensidad utilizada para cuantificar la pérdida de audición. Las frecuencias que deben testarse en un niño son, al menos, 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz; si la colaboración es adecuada, puede ampliarse a 250 y 3.000 Hz. Los valores obtenidos de las diferentes frecuencias en las vías aéreas y ósea de ambos oídos, se marcan en el audiograma. Atendiendo al promedio de los umbrales auditivos obtenidos en la gama de frecuencias conversacionales, las hipoacusias se clasifican por el Bureau International d'Audio-Phonologie (1997) (ver tabla 5).

Tabla 5
Clasificación audiométrica de las deficiencias auditivas

Clasificación audiométrica de las deficiencias auditivas.

I. Audición infranormal:

La pérdida tonal media no sobrepasa 20dB. Se trata eventualmente de una pérdida tonal ligera sin incidencia social.

II. Deficiencia auditiva ligera:

La pérdida tonal media está comprendida entre 21dB y 40dB. Se percibe el habla con voz a intensidad normal, sin embargo se percibe difícilmente con voz baja o lejana. La mayoría de los ruidos familiares son percibidos.

III. Deficiencia auditiva moderada:

Primer grado: La pérdida tonal media está entre 41 y 55dB.

Segundo grado: La pérdida tonal media está entre 56 y 70dB.

El habla es percibida si se eleva un poco la voz. El sujeto entiende mejor si mira cuando le hablan.

Se perciben aún algunos ruidos familiares.

IV. Deficiencia auditiva severa:

Primer grado: La pérdida tonal media está entre 71 y 80dB.

Segundo grado: La pérdida tonal media está entre 81 y 90dB.

El habla es percibida con voz fuerte cerca del oído. Los ruidos fuertes son percibidos.

V. Deficiencia auditiva profunda:

Primer grado: La pérdida tonal media está entre 91 y 100dB.

Segundo grado: La pérdida tonal media está entre 101 y 110dB.

Tercer grado: La pérdida tonal media está entre 111 y 119dB.

Ninguna percepción de la palabra. Solo los ruidos muy potentes son percibidos.

VI. Deficiencia auditiva total-cofosis:

La pérdida total media es de 120dB. No se percibe nada.

Recomendación Biap 02/1. Lisboa (1997).

D. Audiometría Vocal

La palabra hablada es una señal acústica compleja, que está organizada lingüísticamente y permite la comunicación verbal. Para esta prueba, en una cabina insonorizada, a través de auriculares o altavoces, se presenta el material hablado a viva voz o en grabación. El material acústico está constituido por listas de palabras bisilábicas pertenecientes al vocabulario habitual de niños de seis años y fonéticamente balanceadas, como las de Lafon (1987) en francés, Cárdenas y Marrero (1994) en español, y las de la "American Speech Language Hearing Association" (1977) en lengua inglesa. Cada lista de las palabras se presenta a diferentes intensidades y el niño al escucharlas las debe repetir. Se anota en cada intensidad, el número de términos comprendidos, lo que permitirá construir la curva de inteligibilidad. En esta curva se definen los siguientes rasgos: 1- Umbral de inteligibilidad, que es el mínimo nivel auditivo al que puede identificarse el 50% de palabras. 2- Porcentaje de discriminación, que es la proporción de palabras comprendidas a un nivel de intensidad situado a 35 dB por encima del umbral de inteligibilidad. 3- Máxima inteligibilidad, que está definida por la ordenada que marca el porcentaje de inteligibilidad en el punto culminante. En aquellos niños que todavía no son capaces de colaborar para la repetición de las palabras, se puede presentar una lámina de imágenes bisilábicas perteneciente al test de Percepción Temprana de la Palabra Hablada (Huarte, Molina, Manrique, Olleta, y García-Tapia, 1996). Dichas imágenes están presentes en una mesita delante del niño y en primer lugar se debe constatar que el niño asocia la palabra a la imagen, a partir de este momento se le presentan auditivamente las distintas imágenes y el niño, al escuchar una determinada, señala la imagen correspondiente

MÉTODOS OBJETIVOS

Estos procedimientos se basan en la detección, mediante técnicas apropiadas, de los cambios fisiológicos inducidos por el estímulo acústico en el oído medio, en el oído interno o en las vías y centros nerviosos. Su ejecución no depende de la cooperación del sujeto, por lo que este puede permanecer despierto o bien dormido o sedado. Estos métodos de exploración tienen las siguientes ventajas: aplicación a cualquier edad (desde los primeros días de vida), incluso en deficiencias mentales, autistas, niños con trastornos de conducta, o niños no colaboradores, que impiden el uso fiable de otros métodos; presentan una alta sensibilidad, que permite afirmar la existencia de una pérdida auditiva, incluso a nivel subclínico; y, por último, ofrecen una información topográfica acerca de la porción del sistema auditivo donde radica la lesión (Narbona y Chevrie-Muller, 1997). Es necesario complementar la información que aportan estos métodos objetivos con la suministrada por los métodos de exploración subjetivos, ya que la determinación de los umbrales auditivos, en relación a las diferentes frecuencias, viene principalmente dada por dichas pruebas subjetivas. Por lo tanto, estos métodos conductuales constituyen un elemento fundamental en el diagnóstico y en la valoración de la eficacia de la ayuda tecnológica que pueda ser indicada desde un punto de vista terapéutico. Las exploraciones objetivas utilizadas en la actualidad son las siguientes: Impedanciometría, Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral, Electrocoqueografía, Otoemisiones Acústicas y Potenciales Evocados de Estado Estable. De forma resumida se puede afirmar que a través de la Impedanciometría se estudia la integridad de los mecanismos fisiológicos que intervienen en el sistema de transmisión del oído medio. Gracias a las Otoemisiones Acústicas se detecta la presencia de energía generada en la cóclea y transmitida por el oído medio al conducto auditivo externo. Por medio de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral se comprueba el funcionamiento neurofisiológico de las vías y centros auditivos troncoencefálicos, tras producir un estímulo acústico. La Electrocoqueografía registra las variaciones del potencial de acción que se generan precozmente en la cóclea, en el ganglio espiral y en el nervio auditivo en respuesta a un estímulo acústico. Los Potenciales Evocados de Estado Estable Multifrecuenciales permiten la realización de una Audiometría Tonal de forma objetiva. La interpretación de los

resultados obtenidos en estas pruebas ha de realizarse dentro de un estudio clínico completo, no debiéndose llegar a un diagnóstico definitivo basado exclusivamente en los datos aportados por una prueba aislada realizada en una única ocasión.

A. Impedanciometría

Si bien son varias las aplicaciones clínicas basadas en la impedanciometría, dos son las principales: la timpanometría y el estudio del reflejo estapedial.

A.1. Timpanometría

Estudia las variaciones de la compliancia (elasticidad acústica) de la membrana timpánica y oído medio en función a alteraciones inducidas artificialmente en el sistema tímpano-oscicular (Portmann, 1979). Se somete al tímpano a presiones de aire variables y se presenta simultáneamente un sonido de frecuencia fija; se registran las variaciones de la compliancia del sistema tímpano-oscicular frente a cada una de las distintas presiones de aire. El resultado de la prueba se lleva a un gráfico de Brooks (Brooks, 1968), quedando así definido el timpanograma.

A.2. Reflejo Estapedial

Descrito por Luscher (1929), estudia el arco reflejo acústico-facial constituido por una vía aferente auditiva y por una vía facial eefectora. La estimulación del oído sigue la vía acústica hasta llegar a los núcleos de la oliva bulbar. A través de la sustancia reticular estos se comunican con el núcleo del nervio facial, que constituyen la vía eefectora, produciendo la contracción de los músculos del estribo a nivel de los dos oídos.

En un oído normal con un umbral audiométrico de cero dB, se produce una contracción del músculo estapedial cuando es estimulado con un sonido de intensidad igual o superior a 85 dB. El estudio del reflejo estapedial permite obtener una primera orientación sobre el nivel de audición del sujeto (si está presente el reflejo, descarta al menos una hipoacusia severa o profunda) y aporta información acerca de la integridad de las estructuras que intervienen. Así, por ejemplo, su análisis nos orientará sobre enfermedades que afectan a la movilidad del sistema tímpano-oscicular (otoesclerosis, otitis media sero-mucosa), sobre la función del nervio facial y sobre la localización de procesos que afecten al tronco cerebral (tumoraciones, desmielinización, etc.).

B. Otoemisiones Acústicas

Las Otoemisiones Acústicas (OEA) las describió Kemp (1978), y se definen como la energía acústica generada por las células ciliadas externas del órgano de Corti que se registran en el conducto auditivo externo (CAE). A partir de un tono estimulador aplicado sobre la ventana oval, este provoca una onda viajera en la membrana basilar que depolariza y contrae dichas células externas, transmitiendo de forma retrógrada hacia el conducto auditivo externo la correspondiente modificación de presión sonora o energía acústica provocada por dicha contracción, definiendo así las otoemisiones acústicas.

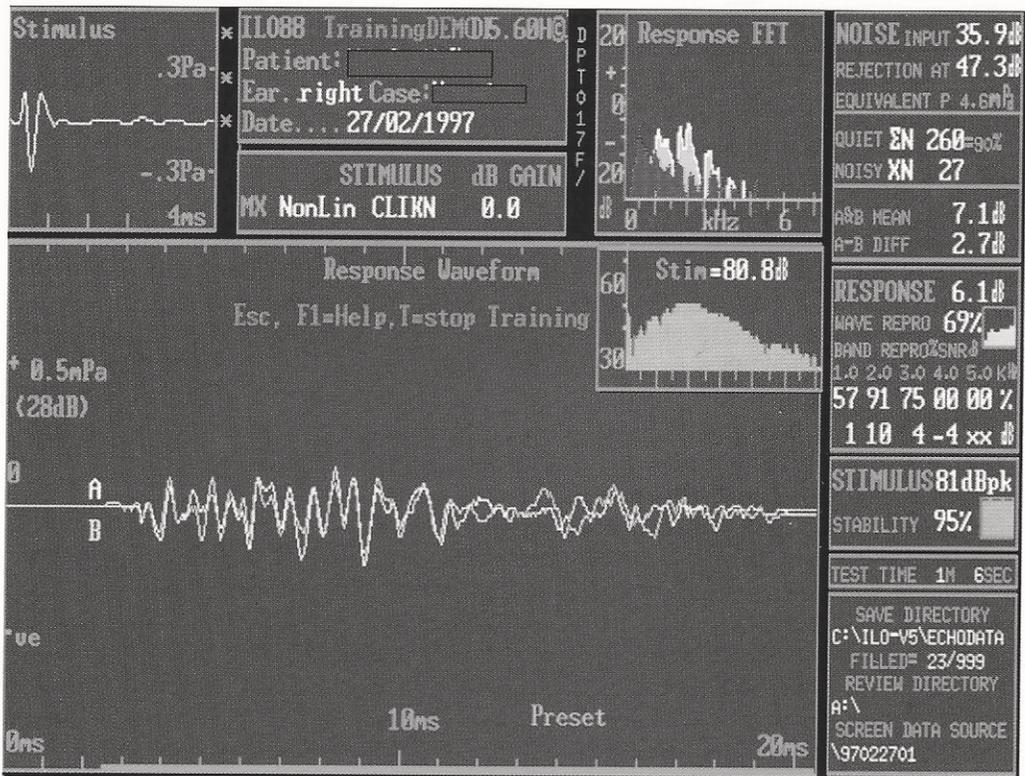
Las características específicas que presenta dicha técnica de exploración son las siguientes: son objetivas (el sujeto no es interpelado sobre la audición del tono/click estimulador ni del evocado), no son invasivas (el micrófono receptor y los generadores del estímulo se ubican en una sonda que se introduce en el conducto auditivo externo), están presentes las emisiones evocadas en sujetos con audición normal (umbral tonal audiométrico inferior a 30-40 dB HL), su origen es preneuronal, lo cual permite utilizarlas en el diagnóstico diferencial de lesiones neurales *versus* sensoriales, el tiempo de realización de la prueba es breve y no precisa de personal altamente especializado –lo cual hace que esta prueba sea de gran utilidad en estudios realizados a grandes poblaciones–, el costo económico del equipo no es elevado.

Se clasifican en evocadas y espontáneas según se emplee o no un estímulo para su producción. A su vez, las primeras se clasifican, según el tipo de estímulo, en transitorias (clic) y de productos de distorsión (dos tonos puros continuos). Las otoemisiones espontáneas son señales de banda estrecha generadas por la cóclea en ausencia de estímulos externos. Se encuentran presentes en 38-62% de la población normoyente (Weir, Norton y Kindcaid, 1984; Burns, Hoberg y Campbell, 1992), por lo que no están indicadas en *screening*, siendo su prevalencia similar en adultos que niños con una amplitud de la otoemisión que tiende a decrecer con la edad (Bonfils, Avant, Francois, Marie, Trotoux y Narcy, 1990). Las otoemisiones evocadas transitorias se obtienen tras breves estímulos acústicos (clics) y las respuestas se distribuyen en la región de las frecuencias medias (1-4kHz), sin dar información selectiva. Se ha correlacionado su aparición en sujetos normales con el umbral de la onda V de PEATC registrándose OEA, siempre y cuando dicho umbral sea igual o inferior a 30 dB HL. Son las más utilizadas en el *screening* neonatal por su fiabilidad y rapidez en su detección. En los recién nacidos de alto riesgo se ha observado una sensibilidad del 93% y especificidad del 84% (Stevens, Webb, Smith y Buffin, 1990). Se encuentran presentes en casi el 100% de la población (Johnsen, Bagi y Elberling, 1983; Probst, Coats, Martin y Lonsbury-Martin, 1986; Bray y Kemp, 1987; Johnsen, Bagi, Parbo y Elberling, 1988) y la amplitud de la respuesta, tiende a disminuir con la edad, sobre todo en las frecuencias agudas (Kemp, Ryan y Bray, 1990). La prueba se realiza introduciendo una sonda con un micrófono y un altavoz en el conducto auditivo externo, de modo que este último pueda detectar el estímulo emitido para diferenciarlo de la otoemisión producida por la cóclea. Un sistema informático de promediación determina la probabilidad de que los sonidos recogidos sean verdaderas otoemisiones y nos presenta una reproductibilidad de la prueba. La prueba de *screening* (véase figura 3) debe realizarse a partir de las 48 horas del nacimiento en los recién nacidos sanos y existe una serie de parámetros de validación tales como una reproductibilidad superior al 70%, estabilidad de la sonda superior o igual al 90%, nivel de ruido menor o igual a 40dB, intensidad del estímulo aproximada a 80dB. El tiempo de ejecución de la prueba en neonatos varía de 10 a 30 minutos, y es aconsejable que el niño esté dormido o tranquilo y el medio debe ser lo más insonorizado posible. Las otoemisiones evocadas de productos de distorsión se producen cuando se presentan simultáneamente dos tonos puros de distinta frecuencia (f_1 , f_2) e intensidad. La naturaleza no lineal de la cóclea modifica la señal y genera frecuencias adicionales no presentes en el estímulo inicial, siendo los estímulos más consistentes el doble de la frecuencia 1 menos la frecuencia 2 ($2f_1 - f_2$). El umbral del producto de distorsión corresponde a la intensidad del estímulo más baja necesaria para diferenciar la otoemisión del ruido. El umbral de la otoemisión por producto de distorsión en normoyentes coincide con 30-40dB SPL (Martin, Probst y Lonsbury-Martin, 1990) y están presentes en el 100% de los oídos con audición normal. Aplicando este sistema de evaluación de la función auditiva en programas de *screening* universal (Thornton, 1992; Watkin y Baldwin, 1999; Gravel, Berg y Bradeley, 2000; White *et al.*, 1993) han encontrado una sensibilidad del 100% y una especificidad del 82% de las OEA para la detección de la hipoacusia frente a valores del 94 y 89% respectivamente de los PEATC. Esta capacidad de detección de la hipoacusia debe ser extrapolada a todas aquellas situaciones postnatales en las que podemos esperar un daño auditivo coclear, como por ejemplo, durante el tratamiento farmacológico con sustancias potencialmente ototóxicas, en los traumatismos acústicos, la enfermedad de Meniere, secuelas laborfinticas postmeningitis, etc. En este tipo de patologías, las OEA ofrecen no solo datos objetivos de la función coclear, sino también información sobre la aparición de incipientes alteraciones cuando el umbral audiométrico no está todavía alterado (Perez, Fernández, Espinosa, Alcalde y García-Tapia, 1993).

C. Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral.

El término potencial evocado se utiliza para describir la actividad eléctrica generada a lo largo de la vía nerviosa como respuesta a un estímulo sensorial. Los potenciales evocados pueden generarse en fibras nerviosas (nervio periférico o tractos centrales) o en grupos neuronales (médula, tronco,

Figura 3
Ejemplo obtenido de otoemisiones acústicas transitorias



tálamo, corteza). El registro de los potenciales de acción originados en las estructuras nerviosas tras la estimulación sensorial es posible utilizando técnicas de promediación. Un solo estímulo induce un potencial que permanece enmascarado en la actividad electroencefálica, pero si se suman y promedian los potenciales de acción generados por múltiples estímulos consecutivos, es posible obtener un trazado específico que destaca de la actividad de fondo. Es necesario promediar de 1.024 a 2.048 barridos para la obtención del PEATC, dado el pequeño voltaje de las ondas. Los potenciales se pueden clasificar por la latencia de aparición de las ondas: en potenciales de corta, media y larga latencia. Cuanto más corta es la latencia el origen es más subcortical y por tanto más cercano al punto de estímulo. Igualmente las respuestas de corta latencia están menos sometidas a cambios por la colaboración del paciente, atención o fármacos. Los potenciales de más larga latencia habitualmente tienen un origen cortical distinguiéndose en ellos componentes ligados al estímulo o componentes ligados a procesos perceptivos o cognitivos. Los potenciales evocados auditivos más empleados en la rutina clínica son los de corta latencia o troncoencefálicos (registrados durante los primeros 10 msg tras el estímulo), realizándose los potenciales de media (entre los 10-15 msg tras el estímulo) y larga latencia (50-500 msg tras el estímulo) en casos especiales, como en las sospechas de sorderas corticales o algunas entidades neurológicas.

El registro de los potenciales evocados auditivo troncoencefálicos (PEATC) se realiza mediante electrodos de superficie situados en la mastoides ipsilateral y en el vértice. El estímulo habitualmente empleado es un clic de breve duración aplicado mediante un auricular colocado frente a uno de los oídos, enmascarando el contralateral con ruido blanco. La intensidad del estímulo sonoro es variable dependiendo del motivo de la prueba. Para estudios cuyo interés es comprobar la integridad de la vía auditiva en el tronco, se usan intensidades entre 60 y 80 dB HL.

Cuando se realiza una audiometría mediante PEATC, la finalidad es determinar el umbral, por lo tanto, se deben realizar a intensidades decrecientes hasta que desaparezcan todas las ondas.

Los PEATC están constituidos por siete ondas que aparecen en los primeros 10 mseg después del estímulo acústico, denominadas con números romanos. La onda I se genera en la porción distal del nervio acústico. La onda II tiene su origen en la región proximal del nervio acústico. La onda III tiene su origen en el núcleo coclear y es la de mayor amplitud entre las ondas I y V. Las ondas IV y V forman un complejo bifásico en el que puede presentar mayor amplitud cualquiera de ellas. La onda IV es generada en la oliva superior, y la V en el lemnisco lateral alcanzando el colículo inferior. A continuación, el potencial habitualmente cae por debajo de la línea de base y aparecen las ondas VI y VII generadas en el colículo inferior (Moller y Jannetta, 1985). La onda V es la última en desaparecer al disminuir la intensidad del registro y por tanto la que se utiliza para determinar el umbral auditivo al realizar audiometrías por PEATC (Jewett, Romano y Willinston, 1970; Ciges, Artieda, Sainz, y col. 1992). El análisis de las latencias de la onda I, III y V (Starr y Achor, 1975; Stockard y Rossiter, 1977; Chiappa, Gladstone, y Young, 1979; Olivier, 1982; Hood, 1998; Roncagliolo, Garrido, Walter, Peirano, y Lozoff, 1998; Barajas y Zenker, 1999) (ver tabla 6) así como las diferencias interpico: intervalo I-III, III-V y I-V proporcionan información imprescindible en el diagnóstico clínico de la hipoacusia y afecciones otoneurológicas (ver tabla 7) (Olivier, 1982; Roncagliolo, *et al.* 1998; Barajas, *et al.* 1999). Las latencias de las ondas y su configuración maduran progresivamente en el feto, desde el tercer trimestre de gestación hasta el primer año de vida extrauterina, para alcanzar en esta edad valores similares a los del sujeto adulto (Ken-Dror; Pratt, y Zelzer, 1987; Lauffer y Wenzel, 1990).

Tabla 6
Latencias en mseg de las ondas I, III, V de los potenciales auditivos de tronco cerebral de adultos jóvenes normoyentes, según diferentes autores

Autores	Intensidad	Latencia (Mseg)		
		I	III	V
Starr and Achor (1975)	65dB	1.6	3.8	5.5
Hood (1998)	75dB	1.6	3.7	5.6
Chiappa <i>et al.</i> (1979)	50dB	1.7	3.9	5.7
Stockard (1977)	60dB	1.9	4.1	5.9
Olivier (1982)	100dB	1.5	3.6	5.5
Barajas <i>et al.</i> (1999)	90dB	1.4	3.6	5.5
* Roncagliolo (1998)	85dB	1.68	3.93	5.88

* Bebés de 18 meses de edad

Tabla 7
Latencias interpico en mseg de los intervalos I-III / III-V / I-V en adultos jóvenes normoyentes, según diferentes autores

Autores	Intensidad	I-III	III-V	I-V
Olivier (1982)	100dB	2.1	1.9	4
Barajas (1999)	90	2.14	1.85	4
*Roncagliolo (1999)	85dB	2.2	1.9	4.2

* Bebés de 18 meses de edad.

Las aplicaciones clínicas más usuales son la detección del umbral auditivo (Watkin y Baldwin, 1999) y el diagnóstico topográfico de las hipoacusias neurosensoriales con especial referencia a las de tipo retrococlear (Maugière y Fischer, 1990), en la que los PEATC pueden presentar las siguientes alteraciones: prolongación del intervalo I-V, aumento de la diferencia interaural de la latencia de la onda V, cambios morfológicos de la respuesta con ausencia de componentes (Barajas, *et al.* 1999). Asimismo el aumento de la latencia interpico III-V es indicativa de lesiones del tronco cerebral por encima del puente.

Con relación a la determinación del umbral auditivo, los PEAT son una herramienta útil, sobre todo en la población infantil, dado que no son invasivos, son objetivos, dan información sobre la integridad del nervio auditivo y vía auditiva, y analizan a intensidad decreciente la onda V determinando, así, el umbral auditivo. En la actualidad, una de las aplicaciones de los mismos son los programas de detección precoz. Para ello, los equipos recomendados deben ser automáticos, basados en el reconocimiento automático de la onda V. El Joint Committee on infant hearing propone utilizar una única prueba a 40dB, y la Comisión para la detección de la hipoacusia (CODEPEH), en 1996, dos pruebas a 70 y 30dB (Martin, *et al.* 1981)

Los PEATC no permiten hacer una valoración tonal dado el tipo de estímulo empleado para su realización (clics no filtrados). Los PEATC exploran fundamentalmente las frecuencias medias y altas entre 2.000 y 4.000 Hz, de las que se compone la mayoría de los sonidos lingüísticos. No participan en su génesis, en cambio, las bajas frecuencias (Ken-Dror, *et al.* 1987; Lauffer, *et al.* 1990). Por eso la ausencia de respuesta en esta prueba no permite sentar el diagnóstico de cofosis.

D. Electrocoqueografía

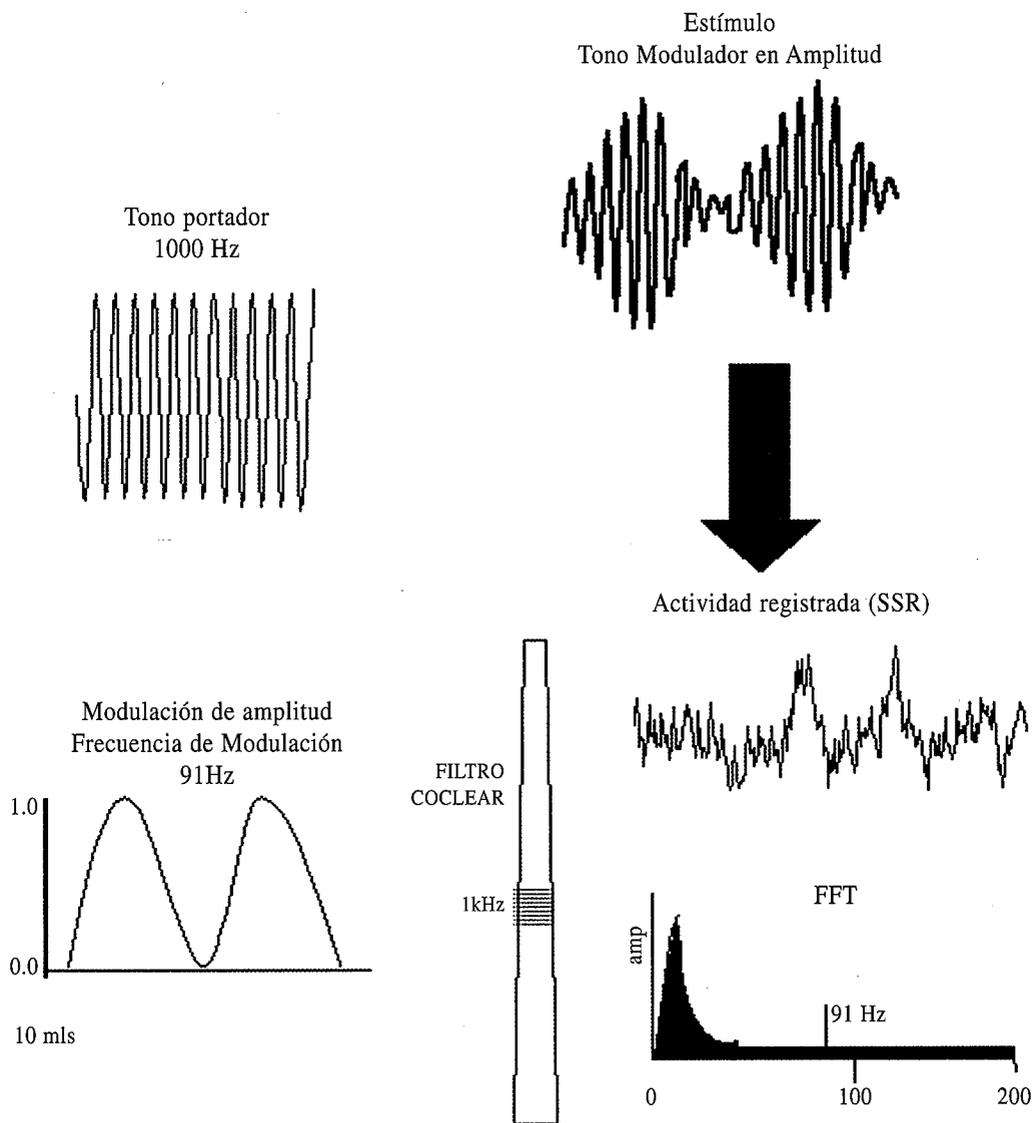
La electrocoqueografía consiste en el registro de las variaciones de potencial en la cóclea y en el nervio auditivo tras la estimulación acústica con clics o con tonos puros (Aran, 1971). El electrodo de detección debe situarse lo más próximo posible al oído interno. Se usa un electrodo monopolar de aguja aislado excepto en su punta que se coloca transtimpánicamente, lo que requiere anestesia general en los niños, hecho que ha restringido su utilización en dicha población. El electrocoqueograma consta de tres componentes: los potenciales microfónicos, el potencial de sumación y el potencial de acción. Los tres no se obtienen simultáneamente y hay que cambiar las condiciones del estímulo para obtener cada uno de ellos. Los potenciales microfónicos (PM) se registran únicamente con estímulos de la misma polaridad ya que están ligados en fase al estímulo y su fase varía con la del estímulo. Se pueden utilizar clics o tonos puros con intensidades superiores a 50 dB HL. Los PM se originan en las células ciliadas internas-externas del órgano de Corti. El potencial de sumación parece provenir de los productos de distorsión generados en el proceso de transducción acústico eléctrico. El potencial de acción generado por un clic no filtrado está compuesto por dos ondas negativas; que varían de amplitud en función de la intensidad del estímulo. El potencial de acción se genera en el nervio acústico por la suma de los potenciales de acción de las distintas fibras nerviosas estimuladas (Sohmer y Feinmesser, 1967). La latencia de las respuestas es muy corta, entre 0 y 5 mseg. Las aplicaciones de la electrocoqueografía son limitadas. Entre estas, destacan las siguientes: el diagnóstico y seguimiento del hidrops endolinfático/enfermedad de Menière y también de la Neuropatía auditiva, la medición de latencia del potencial de acción como equivalente de la onda I de los PEATC, en casos en que no se obtiene bien con estos, y la monitorización en algunas cirugías (Ciges *et al.* 1992).

E. Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable Multifrecuencial

Descritos por Lins (1996), permiten la valoración tonal audiométrica de forma objetiva. La estimulación auditiva con clics u otros estímulos a frecuencias altas genera respuestas sinusoidales estables que se mantienen mientras dura la estimulación. Estas respuestas se denominan potenciales de estado estable (SSR). Se basan dichos potenciales evocados en la estimulación con tonos modula-

Figura 4

Ejemplo de la técnica básica empleada para realizar unos potenciales de estado estable con tonos puros modulados de amplitud. Obsérvese en la parte inferior derecha cómo al aplicar una FFT se puede detectar un pico a la frecuencia de modulación en espectro de potencia. Este pico explora la frecuencia del tono portador.



dos en amplitud a una determinada frecuencia. Un tono modulado en amplitud, como se muestra en la figura 4, está constituido por la frecuencia del tono portador (500, 1.000, 2.000, 4.000 Hz, habitualmente) y la frecuencia de la modulación (75-110 hz). Este tipo de estímulo genera cuatro picos en el espectro de potencia a las distintas frecuencias de modulación, permitiendo evaluar simultáneamente la capacidad auditiva a las cuatro frecuencias de los tonos portadores. La amplitud o la potencia de estos componentes frecuenciales se puede medir aplicando una transformada rápida de Fourier (FFT) a la señal registrada. La FFT descompone la señal en ondas sinusoidales elementales de distinta frecuencia, cuya potencia se representa en un histograma potencia/frecuencia o espectro de potencia. A la frecuencia de modulación se observa un pico o incremento de

potencia que se correlacionará positivamente con la intensidad de estimulación (ver figura 4). Este pico a la frecuencia de modulación evalúa de forma objetiva la función auditiva a la frecuencia del tono portador y por tanto puede utilizarse para determinar el umbral auditivo tonal de la frecuencia del tono portador. Si se utilizan distintas frecuencias de tono portador y distintas frecuencias de modulación y se estudian los potenciales de estado estable multifrecuencial (MASTER) (Lins y Picton, 1995; Lins, Picton, Boucher, Durieux-Smith, Champagne, Moran, Pérez-Abalo, Martin y Savio, 1997; Picton, Durieux-Smith, Champagne, Whittingham, Moran, Giguère, y Beauregard, 1998) a distintas intensidades, se puede realizar una audiometría tonal objetiva. De esta forma se incrementa la objetividad a la hora de determinar el umbral auditivo electrofisiológico tonal. El umbral auditivo obtenido mediante los potenciales de estado estable multifrecuencial (MASTER) ha demostrado una buena correlación con el obtenido con la audiometría tonal convencional, tanto en normoyentes, como en hipoacusias (Lins *et al.* 1997). La gran ventaja de esta técnica sobre las otras disponibles es la capacidad para realizar una audiometría tonal objetiva de forma incruenta y en un tiempo no superior a la realización de una audiometría mediante PEATC. Sin embargo, son todavía necesarios más estudios que confirmen su utilidad, que determinen su sensibilidad, su especificidad y que concreten sus indicaciones.

En conclusión, con los avances tecnológicos disponibles en la actualidad, debemos lograr a través de la utilización sistemática conjunta de los métodos objetivos y subjetivos, la detección precoz y diagnóstico de la deficiencia infantil, consiguiendo el tratamiento del déficit lo más precoz posible, con el objetivo de paliar dicha deficiencia auditiva del modo más satisfactorio posible.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN SPEECH LANGUAGE AND HEARING ASSOCIATION (1977). Guidelines for determining the threshold levels of speech. *ASHA Journal*. 19, 236-242.
- ARAN, J. (1971) The electro-cochleogram. Recent results in children and in some pathological cases. *Munch. Archives für klinische und experimentelles Ohres, Nases und Kehlkopf Heilkunde*. 198, 128-141.
- BARAJAS, J. & ZENKER, F. (1999). Potenciales evocados auditivos. Tratado de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello. Madrid, Ed. Proyectos Médicos.
- BUREAU INTERNATIONAL D'AUDIOPHONOLOGIE. (1997) Recomendación BIAP 02/1, Lisboa.
- BROOKS, D. (1968) An objective method of detecting fluid in the middle ear. *International Audiology*. 7, 2800- 2803.
- BURNS, E.; HOBERG, K. & CAMPBELL, S. (1992) Prevalence of spontaneous otoacoustic emissions in neonates. *Journal of the Acoustical Society of America*. 91, 1571-1575.
- BONFILS, P.; AVANT, P.; FRANCOIS, M.; MARIE, P.; TROTOUX, J. & NARCY, P. (1990) Clinical significance of otoacoustic emissions: a perspective. *Ear Hearing*. 11, 155-158.
- BRAY, P. & KEMP, D. (1987) An advanced cochlear echo technique suitable for infant screening. *British Journal of Audiology*. 21,191-204.
- Comisión para la Detección Precoz de la Hipoacusia: Protocolo para la detección precoz de la hipoacusia en recién nacidos con indicadores de riesgo. 1996. ****
- CÁRDENAS, R. & MARRERO, V. (1994) Cuaderno de logaudiometría. Madrid, Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- CHIAPPA, K.; GLADSTONE, K. & YOUNG, R. (1979). Brainstem auditory evoked responses. *Archives of Neurology*, 36, 81-87.
- CIGES, M.; ARTIEDA, J. & SAINZ, M. (1992) *Potenciales evocados: somatosensoriales, visuales y auditivos*. Sevilla, Omega.
- DAVIS, A.; BAMFORD, J.; WILSON, I.; RAMKALAWAN, T.; FORSHAW, M. & WRIGHT, S. (1997) A critical review of the role of neonatal hearing in the detection of congenital hearing impairment. *Health Technol Assessment*. 1 (10).

- DOWNS, M. & STERRIT, G. (1964) Identification audiometry for neonates. A preliminary report. *Journal of Audiological Research*, 4, 69-80.
- DIEFENDORF, A. (1988) Behavioral evaluation of hearing -impaired children. En Bess F (Ed.) *Hearing impairment in children*. Parkton, York, 133-151.
- DIX, M. & HALLPIKE, C. (1947) The peep-show: a new technique for pure tone audiometry in young children. *British Medical Journal*, 24, 719-722.
- EWING, I. & EWING, A. (1944) The ascertainment of deafness in infancy and early childhood. *Journal of Laryngology and Otolaryngology*, 59, 309-338.
- FRANÇOIS, M. (1991) Stratégie diagnostique chez un enfant sourd. Encyclopedie Médico-Chirurgicale ORL, 20190 C-10. Paris, Editions Techniques.
- GRAVEL, J.; BERG, A. & BRADELEY M. (2000) New York State universal newborn hearing screening demonstration project: effects of screening protocol on inpatient outcome measures. *Ear and Hearing*, 21, 131-140.
- HOOD, L. (1998). Clinical applications of the auditory brainstem response. San Diego, CA: Singular Publishing Group.
- HUARTE, A.; MOLINA, M.; MANRIQUE, M.; OLLETA, I. & GARCÍA-TAPIA, R. (1996) Protocolo para la valoración de la audición y el lenguaje en lengua española en un programa de implantes cocleares. *Acta Otorrinolaringológica Española*. 47, supl 1.
- JEWETT, D.; ROMANO, M. & WILLINSTON, J. (1970) Human auditory evoked potentials: possible brainstem components detected on the scalp. *Science*, 167, 1517-1518.
- JOHNSEN, N.; BAGI, P. & ELBERLING, C. (1983) Evoked acoustic emissions from the human ear III. Findings in neonates. *Scandinavian Audiology*, 12, 17-24.
- JOHNSEN, N.; BAGI, P.; PARBO, J. & ELBERLING, C. (1988) Evoked acoustic emissions from the human ear IV. Final results in 100 neonates. *Scandinavian Audiology*. 17, 27-34.
- JOIN COMMITTEE ON INFANT HEARING. ASHA (1994) Position statement. *ASHA Journal*. 36, 30-41.
- KEMP, D. (1978) Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *Journal of the Acoustics Society of America*, 64, 1386-1491.
- KEMP, D.T.; RYAN, S. & BRAY, P. (1990) A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear and Hearing*, 11, 93-105.
- KEN-DROR, A.; PRATT, H. & ZELZER, M. (1987) Auditory brainstem evoked potentials to clicks at different presentation rates: estimating maturation of preterm and full-term neonates. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 68, 209-218.
- LAFON, J.C. (1987) *Los niños con deficiencias auditivas*. Barcelona, Masson.
- LINS, O. & PICTON, T. (1995) Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *EEG Clin. Neurophysiology*, 96, 420-432.
- LINS, O.; PICTON, T.; BOUCHER, B.; DURIEUX-SMITH, A.; CHAMPAGNE, S.; MORAN, L.; PEREZ-ABALO, C.; MARTIN, V. & SAVIO, G. (1997) Frequency-specific audiometry steady-state responses. *Ear and Hearing*. 50 (1), 81-96.
- LUSCHER, E. (1929) Die funktion des musculus stapedius beim Menschen. *Hals-Ohren Heilkunde*. 23, 105.
- LAUFFER, H & WENZEL, D. (1990) Brainstem acoustic evoked responses: maturational aspects from cochlea to midbrain. *Neuropediatrics*, 21, 59-61.
- MARCELLINO, G. (1986) The crib-o-gram in neonatal hearing screening. En. Swigart ET (Ed) *Neonatal Hearing Screening*. College-Hill Press, 47-66.
- MARTIN, G.; PROBST, R. & LONSBURY-MARTIN, B. (1990) Otoacoustic emissions in human ears. Normative findings. *Ear and Hearing*, 11, 106-120.
- MARTIN, J.; BENTZEN, O.; COLLEY, JRT.; HENNEBERT, D.; HOLM, C.; LURATO, S.; JONGE, S.; MCCULLEN, O.; MEYER, ML.; MOORE, WH. & MORGON, A. (1981) Childhood deafness in the European Community. *Scandinavian Audiology*, 10, 165-174.



- MAUGIÈRE, F. & FISCHER, C. (1990) Les potentiels évoqués en neurologie. Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Neurologie, 1703B-10. Editions Techniques, Paris.
- MCCORMICK, B. (1993) *Pediatric Audiology 0-5 years*. London, Whurr Publishers.
- MOLLER A., & JANNETTA P. (1985). Neural generators of the auditory brain stem response. In J.T. Jacobson (Ed.), *The auditory brain stem response*. San Diego, CA: College-Hill Press, Inc.
- MOORE, J. (1989) *The auditory responsiveness of premature infants utilizing visual reinforcement audiometry*. University of Washington, Washington.
- MURPHY, K. (1968) Erfassung von Risikokindern und Frühdiagnose. *Neue Blätter für Taubstummenebildung*. 22, 1-5.
- NARBONA, J. & CHEVRIE-MULLER. (1997) *El lenguaje del niño*. Barcelona, Masson.
- NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH CONSENSUS STATEMENT (1993). Early identification of hearing impairment in infants and young children. NIH Consensus Statement. Mar 1-3 (11), 1-24.
- NORTHERN, J. & DOWNS, M. (1984) *Hearing in children*. 3ra ed. Baltimore, Williams-Wilkins.
- NORTHERN, J. & DOWNS, M. (1991) *Hearing in children*. 4ta ed. Baltimore, Williams-Wilkins.
- NOZZA, R. & WILSON, W. (1984) Masked and unmasked pure tone thresholds of infants and adults: development of auditory frequency selectivity and sensitivity. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 613-622.
- OLIVIER, J. (1982) L'audiometrie. Techniques spéciales. *Encycl.Méd.Chir. Paris, oto-rhino-laryngologie*, 20175 A50, 12
- PÉREZ, N.; FERNÁNDEZ, S.; ESPINOSA, J.M.; ALCALDE J. & GARCÍA-TAPIA, R. (1993) Otoemisiones acústicas de productos de distorsión. *Acta Otorrinolaringológica Española*. 44 (4), 265-272.
- PICTON, T.; DURIEUX-SMITH, A.; CHAMPAGNE, S.; WHITTINGHAM, J.; MORAN, L.; GIGUÈRE, CH. & BEAUREGARD, Y. (1998) Objective evaluation of aided thresholds using auditory steady-state responses. *Journal of the American Academic of Audiology*. 9, 315-331.
- PORTMANN, M. (1979) *Audiometría clínica*. Barcelona. Masson.
- PROBST, R.; COATS, A.; MARTIN, G. & LONSBURY-MARTIN B. (1986) Spontaneous click and toneburst evoked otoacoustic emissions from normal ears. *Hearing Research*. 21, 261-275.
- RELKE, A. & FREY, H. (1966) Höruntersuchungen bei Neugeborenen mittels Hörreflex-Probe. *Zeitschrift für Laryngologie und Rhinologie*. 45, 706-709.
- RONCAGLILOLO, M.; GARRIDO, M.; WALTER, T.; PEIRANO, P. & LOZOFF, B. (1998). Evidence of altered central nervous system development in infants with iron deficiency anemia at 6 mo: delayed maturation of auditory brainstem responses. *Am. J. Clin. Nutr.* 68: 683-690.
- SIMMONS, F. & RUSS, F. (1974) Automated newborn hearing screening, the crib-o-gram. *Archives of Otolaryngology*. 100, 1-7.
- SOHMER, H. & FEINMESSER, M. (1967) Cochlear action potentials recorder from the external ear in man. *Annals of Otology*. 76, 427-435.
- STARR, A. & ACHOR, L. (1975) Auditory brainstem responses in neurological disease. *Arch.Neurol*; 32: 761-768.
- STEVENS, J.; WEBB, H.; SMITH, M. & BUFFIN, J. (1990) The effect of stimulus level on click evoked otoacoustic emissions and brainstem responses in neonates under intensive care. *British Journal of Audiology*. 24, 293-300.
- STOCKARD, J. & ROSSITER, V. (1977). Clinical and pathological correlates of brain stem auditory response abnormalities. *Neurology*, 27(4), 316-325.
- SUZUKI, T. & OGIBA, Y. (1961) Conditioned orientation reflex audiometry. *Archives of Otolaryngology*. 74, 192-198.
- TALBOT, A. (1987) Longitudinal study comparing responses of hearing-impaired infants to pure tones using visual reinforcement audiometry and play audiometry. *Ear and Hearing*. 8, 175-178.
- THOMPSON, M.; THOMPSON, G. & VETHIVELU, S. (1989) A comparison of audiometric test methods for two years old children. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 54,174.

- THORTON, A (1992) Evoked otoacoustic emissions recorded at very high stimulation rates. 3rd International Symposium on cochlear mechanisms and otoacoustic emissions. Rome.
- VEIT, P. & BIZAGUET, G. (1975) *La prothese auditive*. Perspect. Psychiat. 52.
- VINTER, S. (1994) *L'émergence du langage de l'enfant déficient auditif*. Paris, Masson.
- WATKIN, P. & BALDWIN, M. (1999) Confirmation of deafness in infancy. *Archives of Diseases in Children*. 81, 380-389.
- WEIR, C.; NORTON, S. & KINDCAID, G. (1984) Spontaneous narrowband otoacoustic signals emitted by humans ears: a replication. *Journal of the Acoustical Society of America*. 76, 1248-1250.
- WHITE, K.; VOHR, B. & BEHRENS T. (1993) Universal newborn hearing screening using transient evoked otoacoustic emissions: results of the Rhode Island hearing assesment project. *Seminars in Hearing*. 14, 18-29.
- WIDEN, J. (1990) Behavioral screening of high risk infants using visual reinforcement audiometry. *Seminars in Hearing*. 11, 342-356.
- WILSON, WR.; & THOMPSON, G. (1984) Behavioral audiometry. En Jerger J, (Ed.) *Pediatric audiology*. San Diego, College-Hill, 1-44.
- WILSON, W. & RICHARDSON, M. (1991) Audiometría conductual. *Clínicas Otorrinolaringológicas Norteamérica*. 2, 281-293.
- YOSHINAGA-ITARO, C.; SEDEY, A.; COULTER, DK. & MIEHL, AL. (1998) Language of early-and lates -identified children with hearing loss. *Pediatrics*. 102, 1161-1171.