



# Las Funciones Auditivas Centrales

Franz Zenker

José Juan Barajas de Prat

*Clínica Barajas. Santa Cruz de Tenerife. España..*

## Resumen

Los Trastornos de las Funciones Auditivas Centrales (TFAC) resultan de un déficit en el procesamiento sensorial que afecta a la escucha, la comprensión del habla y el aprendizaje. Estos déficit son producto de la incapacidad o falta de habilidad para atender, discriminar, reconocer o comprender la información de origen auditivo. El estudio de las funciones auditivas centrales resulta compleja toda vez que no constituye una entidad unitaria atribuible a una sola categoría nosológica. Los déficit observados en el procesamiento de la información auditiva a nivel central pueden expresarse de muy distinta forma y responder a múltiples etiologías. El estudio de la audición como fenómeno central implica una aproximación desde una perspectiva funcional que requiere de un acercamiento a la audición como proceso y un amplio conocimiento acerca de las correspondencias anatómico funcionales de la audición. La evaluación audiológica de estos trastornos comprende el uso de pruebas psicoacústicas y electrofisiológicas seleccionadas según la historia clínica del paciente. Las intervenciones propuestas para los pacientes diagnosticados con TFAC se basan en la utilización de los recursos centrales en la mejorara de las capacidades lingüísticas y cognoscitivas, desarrollo de aptitudes auditivolingüísticas, desarrollo del metalenguaje, utilización de estrategias compensatorias y desarrollo de estrategias de escucha y metacognición.

**Palabras Claves:** Trastornos de las Funciones Auditivas Centrales, Test Dicóticos, Test Monóticos, Test de Integración Binaural, Procesamiento Temporal, Pruebas Electrofisiológicas.

## Introducción

El estudio de la audición como fenómeno central implica una aproximación desde una perspectiva funcional en el que las bases biológicas, sí bien determinan las competencias de estos procesos no constituye el principal objeto de estudio. Un acercamiento de este tipo exige al clínico un amplio arsenal de pruebas y el conocimiento de la bondad de los protocolos empleados. La metodología experimental y clínica en el estudio de las funciones auditivas centrales se basa en las siguientes técnicas que describiremos brevemente:

### 1.1. Técnicas de Imagen

El estudio mediante técnicas de imagen lleva a cabo una descripción anatómica de las estructuras comprometidas en el procesamiento auditivo (1). A pesar, de que estas técnicas son las que mayor información dan acerca de las áreas responsables del procesamiento auditivo central, resulta difícil establecer correspondencias entre estructuras anatómicas y funciones auditivas. En primer lugar hay variaciones individuales en el tamaño, topografía y estructura de

los cerebros. En segundo lugar algunas funciones parece que no están fijadas a unos límites anatómicos rígidos. El mejor ejemplo de esta flexibilidad en las relaciones estructura-función es el hecho de que en algunas personas el habla se localiza en el hemisferio derecho en lugar del izquierdo. En tercer lugar la relación entre la masa cerebral y la función nunca ha sido explicada de forma adecuada. Esto se aplica tanto a la aparente diversidad en tamaño del cerebro como al hecho de que cuando se extirpan partes de áreas del cerebro, el tejido que queda tiene una extraordinaria capacidad para seguir realizando la función.

### 1.2. Estudios Bioquímicos

Se ha hecho un destacable progreso en la comprensión de la organización bioquímica del cerebro. Sin embargo existen, algunas lagunas importantes en la comprensión de cómo la organización bioquímica se relaciona con la audición como proceso central. En general la relación entre neurotransmisores y audición en el mejor de los casos es muy tenue dada la evidencia de la que se dispone a partir de estudios experimentales (2, 3, 4).

### 1.3. Estudios basados en lesiones

En general, el enfoque más utilizado para el problema de la función cerebral, es el análisis de los efectos de la lesión o daño en el sistema nervioso central. En este enfoque se compara el comportamiento de individuos con lesiones resultado de traumatismos craneoencefálicos, accidentes vasculares, tumores o cirugía cerebral, con el comportamiento de individuos control normales en una serie de pruebas de comportamiento estandarizadas.

### 1.4. Estudios basados en la estimulación eléctrica

La estimulación del cerebro evoca tres tipos generales de efectos: produce acciones relativamente puntuales, produce un efecto energizante general sobre el comportamiento y provoca unos efectos electrográficos anormales sobre el tejido cerebral. La interpretación acerca de que tipo de efecto se relaciona con un comportamiento particular no siempre es fácil, ni tampoco los resultados son siempre bien interpretados (5, 6).

### 1.5. Estudios electroencefalográficos

Esta técnica posee una gran capacidad en el registro de procesos de muy corta duración. Esta alta resolución temporal hace de estas técnicas las más apropiada en el estudio de procesos de gran inmediatez como son la discriminación o localización de la fuente sonora. Los potenciales evocados auditivos permiten el estudio del procesamiento auditivo desde los primeros milisegundos, en los que el potencial de acción es desencadenado en el nervio auditivo, hasta los 400 milisegundos o más en los que se dan el registro de componentes que reflejan la atribución de significado de los estímulos presentados (7). Sin embargo, la interpretación de la actividad eléctrica registrada en el cerebro tiene sus propios problemas específicos. A partir de este tipo de registros es muy difícil determinar las áreas que tienen distintas funciones. Así mismo, resulta muy complejo establecer la relación entre función y actividad electroencefalográfica sin asumir previamente el axioma de que las respuestas observadas son resultados de las manipulaciones experimentales.

### 1.6. Estudios de observación de la conducta

La observación del comportamiento surge de la aplicación de los métodos empíricos-inductivos. Estos métodos se basan en la experiencia y la observación. Se consideran inductivos ya que las generalizaciones o regularidades significativas se forman a partir de los resultados observacionales. En el estudio de las funciones auditivas centrales este tipo de estudios se basa en la obtención de respuestas observables, como

levantar la mano o verbalizar un estímulo, a la presentación de señales acústicas con o sin contenido verbal (8).

## 2. UNA PROPUESTA DE DEFINICIÓN

La definición de los Trastorno de las Funciones Auditivas Centrales (TFAC) resulta compleja toda vez que no constituye una entidad unitaria atribuible a una sola categoría nosológica ya que comprende una amplia variedad de déficit funcionales relacionados con la audición. Estos déficit han sido observado en una gran variedad de poblaciones clínicas incluyendo aquellas asociadas a lesiones del sistema nervioso central (9), afasias (10, 11), enfermedad neurodegenerativas (12) o traumatismos craneoencefálicos (13) entre otras. También han podido observarse en individuos con trastornos del desarrollo (14), retrasos del lenguaje (15,16), dislexias (17), dificultades de aprendizaje (18) o trastornos por déficit de atención (19). Así mismo se han observado déficit en el procesamiento auditivo central en pacientes con historias de otitis crónica media recidivantes (20) y en personas mayores como resultado del proceso de envejecimiento (21).

**Tabla I:** Principales síntomas y signos de sospecha de un trastorno de las funciones auditivas centrales..

1. Dificultad en seguir instrucciones verbales.
2. Ecolalia.
3. Repetición frecuente de las partículas "¿qué?" y "¿eh?" durante las conversaciones.
4. Dificultad en la discriminación del habla especialmente en entornos ruidoso.
5. Déficit atencionales / Hiperactividad.
6. Habla poco clara.
7. Dificultades en la memorización de nombres y lugares.
8. Dificultades en la repetición de palabras y números secuencialmente.
9. Retrasos del habla o el lenguaje.

La ASHA (22) en el año 1996 en un intento de unificar las distintas propuestas propuso la siguiente definición: "Las Funciones Auditivas Centrales son los mecanismos y procesos del sistema auditivo responsable de las siguientes conductas: localización y lateralización del sonido; discriminación auditiva; reconocimiento de patrones auditivos; reconocimiento de aspectos temporales de la audición cómo; resolución temporal, enmascaramiento temporal, integración temporal y ordenamiento secuencial; competencias auditivas con señales competitivas y degradadas".

Estos mecanismos propuestos en esta definición están a la base del procesamiento de señales acústicas de gran complejidad. Los trastornos de estos comportamientos afectan al funcionamiento de procesos complejos como la comprensión del lenguaje o la percepción musical (1, 23, 24). Estos procesos tienen correlatos tanto psicoacústicos como neurofisiológicos. Al igual que otro tipo de procesos cognitivos, estos mecanismos auditivos generan actividad eléctrica cerebral que puede ser registrada mediante potenciales evocados o pruebas psicoacústicas.

Sobre estos mecanismos del sistema auditivo central influyen funciones neurocognitivas superiores que pueden manifestarse junto con otros trastornos del aprendizaje y del lenguaje. Esta relación hace que sea difícil separar la naturaleza de los TFAC. De este enmarañamiento de funciones proviene la dificultad en el establecimiento de un criterio de evaluación y diagnóstico unitario.

### 3. LA EVALUACIÓN DE LOS TFAC

Se han empleado numerosos test tanto psicoacústicos como electrofisiológicos en el estudio de los TFAC. La evaluación de los pacientes con TFAC requiere la selección de pruebas en función de la eficacia, validez y fiabilidad de las mismas. La evaluación audiológica de estos trastornos comprende el uso de pruebas acústicas debidamente calibradas, normalizadas y pasadas en un ambiente debidamente acondicionado. La evaluación del TAFAC debe ir debidamente precedida de una evaluación audiológica que incluya test de imitación acústica, audiometría tonal liminar y logaudiometría de forma que quede claramente establecida la sensibilidad auditiva del paciente dado el efecto que las hipoacusias tienen sobre algunos test centrales.

La situación de examen y la historia clínica del paciente determinarán el protocolo de test a emplear. El conocimiento de la bondad de cada prueba así como de los procesos cognitivos y mecanismos anatómicos y fisiológicos que cada test examina resultarán críticos en la selección apropiada de las pruebas. De vital importancia resulta conocer la manera que afecta la sensibilidad auditiva del paciente sobre los resultados de las pruebas seleccionadas. Por ejemplo, en el test de sílabas dicóticas la audición periférica determina en gran parte los resultados. Sin embargo, en otras pruebas como el test de patrones de duración o la P300 la sensibilidad auditiva del paciente apenas cuenta ya que son pruebas fácilmente modificables y adaptables al estatus auditivo del paciente (25, 26). En general, cuanto más interacción haya entre los parámetros de frecuencia e intensidad de los estímulos, más restricciones encontraremos en la aplicación de las pruebas centrales en pacientes hipoacúsicos.

### 3.1. El acercamiento en Batería de Test

Las pruebas seleccionadas se agrupan en una batería de test por el examinador. La interpretación de los resultados se llevará a cabo en base a las puntuaciones del sujeto en las diferentes pruebas. Este tipo de procedimiento basado en baterías de test dificulta el diagnóstico ya que en la interpretación simultánea de varias pruebas puede dar resultados contradictorios. La habilidad y conocimiento del clínico permitirá el establecimiento del diagnóstico en función del análisis de los resultados. En orden a aumentar la validez de las conclusiones, los resultados pueden ser contrastados con otros procedimientos como las técnicas de imagen o pruebas electrofisiológicas. En general los factores que influyen finalmente en la conclusión y diagnóstico son la bondad de las pruebas empleadas, la integración de los resultados con la historia clínica y el tipo de respuestas dadas por el paciente.

Musiek (33) propuso una clasificación que reproducimos en la siguiente tabla, no exenta de los vicios propios de las simplificaciones excesivas, pero que a modo de referencia didáctica puede resultar adecuada. Los test incluidos en la tabla reflejan la estructura o área cerebral y su correspondiente prueba siguiendo esta clasificación propuesta permite al menos teóricamente estudiar la integridad de la vía auditiva.

**Tabla II: Relación de las pruebas empleadas en la evaluación de las funciones auditivas centrales clasificadas según la estructura de la vía auditiva estudiada (33).**

Nervio Auditivo	Tronco Cerebral (Mielencéfalo)	Tronco Cerebral (Mesencéfalo)
PEATC	PEATC	Números Dicóticos
Reflejo Estapedial	MLD Reflejo Estapedial Números Dicóticos	Sílabas Dicóticas Patrones de Frecuencia MLR
Cortex y Subcortex	Cuerpo Caloso	
Patrones de Duración	Rimas Dicóticas	
Patrones de Frecuencia	Números Dicóticos	
Números Dicóticos	Patrones de Frecuencia	
Sílabas Dicóticas	Sílabas Dicóticas	
MLR o P300	Sílabas Dicóticas Frasas Competitivas	
Niños con DA	Adultos con DA	
Patrones de Frecuencia	Patrones de Duración	
Frasas Competitivas	Patrones de Dígitos Dicóticos	
Números Dicóticos	Sílabas Dicóticas	
Rimas Dicóticas	P300	
P300		

### 3.2. ¿Qué tipo de pacientes puede ser evaluado?

Existen varias poblaciones clínicas en las que la integridad de las funciones auditivas centrales puede ser estudiadas. En un porcentaje alto, los pacientes afásicos pueden presentar TFAC (27). La mayoría de las veces los TFAC no son detectados en estos pacientes ya que no han sido estudiados desde este punto de vista. Otra patología que puede ser estudiada en la determinación de la presencia de un TFAC son las disfunciones neurológicas degenerativas. La enfermedad más común en este tipo de pacientes es la esclerosis múltiple (EM). Existen evidencias abundantes de TFAC en pacientes con EM cuando las lesiones afectan a las vías auditivas (28). Se han hallado TFAC en otras enfermedades neurológicas con lesiones en el sistema auditivo como en la enfermedad de Cahrcot Marie (29), la enfermedad de Alzheimer (30), enfermedades degenerativas del sistema olivopontocerebral (31), en la ataxia de Fiederich, en el Parkinson o en algunos tipos de leucodistrofias (32).

Otro grupo de pacientes en el que la evaluación de las FAC puede aportar información significativa son los pacientes hipoacúsicos candidatos a adaptaciones de prótesis auditivas (33). En este grupo de pacientes hay un porcentaje que rechazan la amplificación. Este tipo de pacientes manifiesta alteraciones en las puntuaciones de algunas pruebas centrales. Muchos de estos pacientes tiene antecedentes de lesiones en el SNC que ha afectado al procesamiento auditivo central. Otra aplicación de estas pruebas con este grupo de pacientes es la indicación del oído a rehabilitar en caso de adaptaciones monoaurales.

La evaluación de las funciones auditivas centrales puede indicar unos resultados distintos respecto a la simetría observada desde el punto de vista periférico, demostrando la mejor competencia de uno de los oídos. Por otro lado, en algunos pacientes con amplificación se ha observado un fenómeno de interferencia binaural. Este tipo de pacientes se caracteriza por obtener peores resultados en la ganancia funcional de la adaptación cuando la amplificación es binaural frente a la monoaural (34).

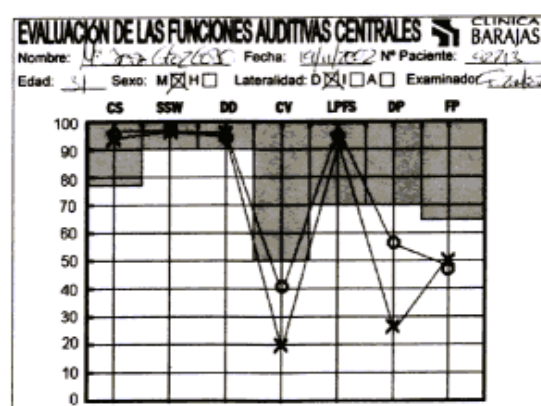
### 3.3. Material de evaluación y equipamiento

La evaluación de las funciones auditivas centrales se lleva a cabo mediante test psicoacústicos y electrofisiológicos. Las pruebas psicoacústicas deben poder llevarse a cabo en una sala que cumpla con las normas ANSI 1999. La amplificación de los estímulos podrá hacerse mediante un reproductor de Disco Compacto a través del audiómetro. Es importante que el examinador disponga de una batería importante de pruebas para la selección más apropiadas en función de la historia del paciente.

Respecto a los registros electrofisiológicos, el equipo debe ser capaz de llevar a cabo tanto pruebas

del tronco cerebral como registros de componentes de media y larga latencia incluyendo MLR, ALR, P300 y MMN. Estas últimas pruebas requieren de un promedidor y estimulador capaz de configurar los parámetros apropiados para este tipo de protocolos. Por otro lado, es conveniente que el equipo disponga de cuatro canales para poder derivar información acerca de la localización de los generadores de los componentes.

La información registrada de las pruebas empleadas en la batería de test puede ser representada gráficamente de forma que se incluya los valores de los grupos control para cada test. En la siguiente figura reproducimos la hoja de resultados utilizada en la evaluación de las funciones auditivas centrales en nuestro centro.



**Figura 1:** Hoja de resultados de una batería de pruebas para la evaluación de las funciones auditivas centrales de una paciente de 31 años que acude a consulta por dificultades para escuchar cuando le hablan en presencia de ruido de fondo. La audiometría tonal liminar, el umbral de recepción verbal, la máxima discriminación y la logaudiometría son normales en ambos oídos. La evaluación de las funciones auditivas central muestra puntuaciones fuera de los baremos para las pruebas de silabas dicóticas, patrones de frecuencia y duración. Leyenda: CS = Habla Comprimida; SSW = Bisilabas Dicóticas; DD= Números Dicóticos; CV = Silabas Dicóticas; LPFS = Habla Filtrada; DP = Patrones de Duración; FP = Patrones de Frecuencia. Las zonas grises indican los baremos de normalidad.

### 4. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS TRASTORNOS DE LAS FUNCIONES AUDITIVAS CENTRALES

A continuación revisaremos los principales procesos susceptibles de ser evaluados mediante procedimientos psicoacústicos y electrofisiológicos. Dada la gran

variedad de pruebas hemos escogido una para cada proceso que a nuestro juicio mejor representa el objeto de estudio.

#### 4.1. Procesamiento temporal

Diferentes estudios con animales y en el hombre han mostrado la eficacia de los test de procesamiento temporal. Este tipo de pruebas evalúan la aptitud de un individuo en el procesamiento del orden de presentación de estímulos no verbales. Dependiendo de las instrucciones dadas al sujeto podemos inducir el procesamiento en un hemisferio cerebral u otro. La indicación de la reproducción verbal de los patrones induce a un procesamiento del estímulo en el hemisferio derecho. La descripción del patrón mediante palabras, induce al procesamiento de los estímulos en el hemisferio izquierdo.

##### 4.1.1. Test de Tonos

Este tipo de test es uno de los más empleados por su sencillez en la presentación y recogida de resultados. El test consiste en la presentación monótona o diótica de tres impulsos tonales en secuencias consecutivas. Estas triadas están formadas por dos impulsos tonales de la misma frecuencia y un tercero de distinta frecuencia. El orden del tono distinto es presentado de forma aleatoria a través de las secuencias. Las instrucciones dadas al paciente le invitan a reproducir cada triada de tonos. La intensidad de los estímulos se establece a un nivel confortable y audible para el paciente. El resultado viene determinado por la puntuación en el test expresado como el porcentaje de ítems correctos. Esta puntuación es comparado con un baremo en función de la edad del paciente.

Estudios con pacientes con lesiones en ambos hemisferios o en las vías interhemisféricas han mostrado dificultades en la descripción verbal de los estímulos en este tipo de pruebas. Los déficits observados han sido siempre bilaterales. La demanda de respuestas verbales requiere la integridad de las vías interhemisféricas ya que deben permitir la comunicación entre ambos hemisferios. En el estudio de Musiek y Pinheiro (44) encontraron una alta sensibilidad a las lesiones cerebrales (83%) y una menor sensibilidad del test en pacientes con lesiones del tronco cerebral (45%). La especificidad del test para las lesiones cerebrales versus lesiones cocleares es de un 88%.

#### 4.2. Test Monóticos

##### 4.2.1. Test de baja redundancia del habla:

Los individuos normoyentes poseen la aptitud de reconocer el habla incluso en condiciones en las que la señal acústica ha sido degradada o está prácticamente ausente. Esta aptitud viene dada por la riqueza de las vías neuronales en el sistema auditivo, en la

redundancia de la información acústica del lenguaje hablado y en la capacidad del individuo para extraer el significado a partir de la información acústica disponible.

Los test monóticos del habla de baja redundancia representan un grupo de test diseñados para evaluar la habilidad en el reconocimiento del habla en condiciones de degradación de la señal acústica. Los estímulos son modificados disminuyendo la redundancia mediante la manipulación de algunos de los siguientes parámetros: frecuencia, temporalidad o intensidad de la señal acústicas. Los test monóticos de baja redundancia más empleados son el test de habla filtrada y el test de compresión del habla.

##### 4.2.2. El Test de Compresión del Habla

En esta prueba los estímulos verbales ha sido modificados mediante la supresión de porciones de la señal original y la consecuente reducción en tiempo del estímulo. Dependiendo de la cantidad de porciones suprimidas obtenemos un ítem porcentualmente menor en tiempo respecto al original. Esta prueba ha sido desarrollada comprimiendo un 30%, 60% y 80% el estímulo original. Los ítems son presentados de forma monoaural. Se instruye al sujeto a repetir las palabras presentadas. La puntuación final viene dada por el porcentaje de palabras correctas en cada oído. Esta puntuación es comparada en función de la edad con los valores de referencia de un grupo control.

Pacientes con lesiones del lóbulo temporal han mostrado un déficit en el oído contralateral a la lesión. Este test no es sensible en pacientes con lesiones interhemisféricas. En pacientes con lesiones del tronco cerebral se ha observado déficits contralaterales, ipsilaterales y bilaterales así como resultados normales. Esta diversidad de los resultados puede atribuirse al carácter de las lesiones del tronco cerebral en la que factores como el tamaño y área de la lesión resultan determinantes.

En general, el test del habla comprimida posee una sensibilidad moderada en la identificación de disfunciones asociadas al SNC. La evidencia sugiere que el procedimiento puede asistir en identificar la presencia de una lesión central pero no en la localización de la lesión.

#### 4.3. Test Dicóticos

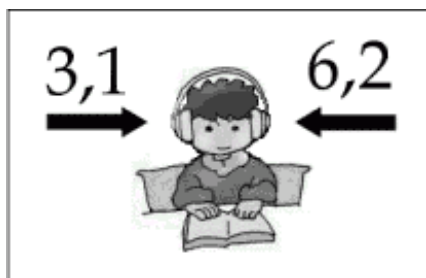
Los test dicóticos consisten en la presentación simultánea de estímulos diferentes en cada oído. Los test dicóticos con estímulos verbales evalúan las aptitudes de integración y disociación binaural. Las instrucciones dadas al sujeto suelen demandar la repetición de los estímulos presentados en ambos oídos (atención dividida) o en un oído específico (atención dirigida). Cuanto más similares y próximos acústi-

camente sean los ítems mayores serán las demandas sobre el procesamiento auditivo central.

En 1961, Doreen Kimura utilizó por primera vez este procedimiento. El test empleado por Kimura consistió en tríadas de dígitos presentados dicóticamente en el que el paciente era invitado a repetir los ítems de forma verbal. Los primeros resultados obtenidos por Kimura mostraron dificultades en la repetición de los dígitos en pacientes con lesiones del lóbulo temporal. Las dificultades eran experimentadas en el oído contralateral a la lesión. Estas dificultades no se manifestaban cuando los ítems eran presentados de forma monóptica.

#### 4.3.1. Test de Números Dicóticos

Uno de los test más empleados de escucha dicótica es el Test de Números Dicóticos de Musiek (29). En el se invita al paciente a escuchar series de cuatro números presentados simultáneamente en ambos oídos. En cada ítem se presentan dos pares de números a cada oído de forma simultánea en tiempo. En la figura 1, observamos un ítem de ejemplo en el que los números 3 y 1 son presentados de forma simultánea junto con los números 6 y el 2 en ambos oídos. Se invita al paciente a repetir los números presentados. El porcentaje de números reconocidos correctamente se determina para cada oído y compara con un grupo control en función de la edad.



**Figura 2:** Presentación de los estímulos en la prueba de escucha de números dicóticos.

Algunos de estas pruebas han demostrado ser altamente sensible a las disfunciones del SNC asociado tanto a lesiones hemisféricas como interhemisféricas. Los resultados en este test también pueden verse afectados por disfunciones a nivel del troncocerebral. Algunos de estos test son relativamente resistente al efecto de hipoacusias cocleares ligeras y moderadas por lo que pueden ser utilizadas con este tipo de pacientes.

#### 4.4. Test de Integración Binaural

Los test de integración binaural son test dióticos en los que el mismo estímulo es presentado de forma

simultánea en ambos oídos. Existen versiones de estos test en los que la presentación de los estímulos se lleva a cabo de forma no simultánea, secuencial o mediante la presentación de una porción del estímulo en cada oído. Estas pruebas evalúan la habilidad de las estructuras inferiores del cerebro (tronco cerebral) para integrar información incompleta presentada en ambos oídos. La mayoría de estos test presentan diferentes partes de una señal del habla en cada oído de forma separada. Si sólo se presenta una parte de la señal, el paciente no reconocerá el ítem. Sin embargo, si se presentan de forma simultánea las dos partes del estímulo a ambos oídos en un individuo con habilidades de procesamiento normal no tendrá dificultades en reconocer los ítems.

#### 4.4.1. Test de Diferencias en Intensidad Enmascaradas

El test de la Diferencia en Intensidad Enmascaradas consiste en presentar un tono pulsátil a 100 Hz de forma diótica en presencia de un ruido continuo de banda ancha a 60 dB HL. El tono pulsátil es presentado a un ratio de 200 msec. El tono es presentado a distintas intensidades en orden a determinar el umbral bajo dos condiciones. En la condición homofásica (SoIIo) el estímulo y el ruido se presenta a los dos oídos en fase. En la condición fuera de fase (SoIIo) la señal es presentada con un desfase de 180° entre ambos oídos mientras que el ruido es presentado en fase. El resultado se establece a partir de las diferencias en la detección del umbral entre ambas condiciones. Este tipo de prueba requiere una audición simétrica y bilateral normal para una aplicación óptima y una interpretación apropiada.

Los resultados obtenidos con este test en pacientes neurológicos han mostrado una mayor sensibilidad en lesiones inferiores del troncocerebral así como en lesiones corticales y rostrales. Noffsinger, Martinez y Schaefer (29) han demostrado una correspondencia muy próxima entre los resultados obtenidos con este test y los Potenciales Evocados del Tronco Cerebral (PEATC). Anormalidades en las latencias de las ondas I, II, o III de los PEATC se corresponden con bajas puntuaciones del test. En pacientes con latencias anormales en las ondas IV o V las puntuaciones en este test tienden a ser normales.

#### 4.5. Test Electrofisiológicos

La aportación de los PETAC por Jewett y sus colaboradores en el año 1970 centró el interés de muchos investigadores en los potenciales evocados como instrumento de estudio de la vía auditiva y del SNC en general. Los PEATC son un procedimiento fiable y con una alta sensibilidad en la detección de patología del nervio auditivo así como del tronco cerebral. Esta consistencia de las respuestas facilitó la integración de los potenciales evocados como herramienta de diagnóstico extendiéndose su uso hasta potencia-

les de mayor latencia. A pesar de la gran variabilidad de las respuestas de los potenciales de larga latencia, estos han mostrado ser sensibles a diferentes disfunciones del SNC para una gran variedad de patologías.

Las técnicas electrofisiológicas empleadas en la evaluación del TFAC son los potenciales del tronco cerebral (PEATC), los potenciales de 40 Hz, los potenciales medios (AMLR), la P300 y la Mismatch Negativity (MMN). En especial los potenciales evocados cognitivos (MMN y P300) ofrecen la posibilidad de estudiar los procesos auditivos centrales de forma empírica permitiendo establecer inferencias sobre los eventos mentales implícitos en la resolución de las tareas propuestas. Sin embargo, los registros electrofisiológicos cognitivos, al igual que otras medidas conductuales, no tienen significación en sí mismas a no ser que el experimentador asuma ciertos presupuestos teóricos y emplee determinados artificios en el diseño de la tarea experimental.

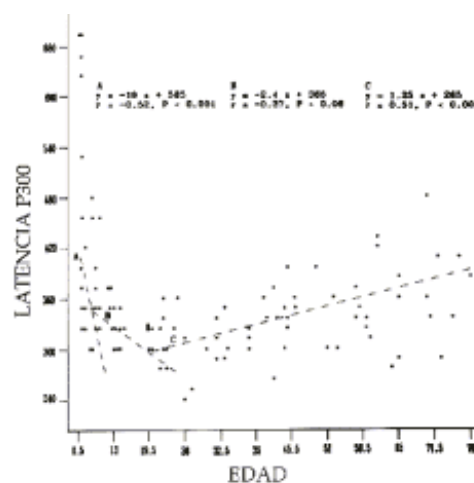
#### 4.5.1. P300

El componente que tradicionalmente se ha asociado con la evaluación de los TFAC ha sido la P300. La elicitación de este componente se lleva a cabo mediante la presentación de estímulos tonales de dos frecuencias en los que uno de ellos, el tono raro, es presentado con una probabilidad menor que el tono frecuente. La presentación se lleva a cabo de forma dióptica y el registro se lleva a cabo en la línea media.

El componente P300 es elicitado como un proceso de actualización del esquema mental. Un esquema es un mapa complejo que representa todos los datos disponibles acerca del contexto del diseño experimental presentado al sujeto. En un esquema cierta información permanece en la memoria a corto plazo y otra permanece en la memoria a largo plazo. El esquema es el campo de trabajo en el que los datos de ambos almacenes de memoria es integrada. El sistema mantiene un fluidez constante y tiene un carácter eminentemente dinámico. Cuando aparece una nueva demanda, el modelo es revisado en orden a crear una representación que incorpore la nueva información. P300 refleja este proceso de actualización del esquema o modelo mental. Esta es la razón por la que la probabilidad del estímulo infrecuente ejerce un fuerte efecto sobre P300. Este estímulo no es esperado y por lo tanto relevante para el sujeto e impone la revisión y actualización del modelo mental. Este fenómeno justifica porqué la ausencia del estímulo, si se le atribuye un carácter relevante, desencadena una P300.

La P300 es sensible a una gran variedad de trastornos neurológicos y psicológicos así como al efecto del envejecimiento (Figura 3). La P300 es muy variable en su morfología lo cual va en detrimento de la fiabilidad de la prueba. P300 no da información de la lateralidad del registro debido a los generadores del

componente que son mejor registrados con un montaje en la línea media (Pz, Cz y Fz).



**Figura 3:** Efecto del envejecimiento sobre la latencia del componente P300. (A) Recta de regresión entre la edad y la latencia de P300 para un grupo de sujetos de 6 a 14 años (pendiente  $-19$  mseg/año). (B) Recta de regresión entre la edad y la latencia de P3 para un grupo de sujetos de 12 a 24 años (pendiente  $-2,4$  mseg/año) (C) Recta de regresión entre la edad y la latencia de P300 para un grupo de sujetos de 18 a 78 años (pendiente  $-1,25$  mseg/año) (26).

## 5. TRATAMIENTO DE LOS TFAC

Recientemente varios estudios han demostrado la eficacia de los tratamientos basados en el entrenamiento auditivo y en el desarrollo de estrategias de metacognición en pacientes diagnosticados con TFAC (35, 36, 37, 38, 39). El entrenamiento auditivo se basa en el desarrollo de estrategias auditivas a través de la mejora de la atención auditiva (40), los procesos de detección y discriminación tanto temporal como espectral (41, 42, 43) y en el entrenamiento en la transferencia interhemisférica (44). Las intervenciones propuestas para los TFAC se basan en la utilización de los recursos centrales en la mejora de las capacidades lingüísticas y cognoscitivas (45, 46), desarrollo de aptitudes auditivo - lingüísticas o meta-lenguaje (47), utilización de estrategias compensatorias y en el desarrollo de estrategias de escucha y de metacognición (48).

Muchas de estas estrategias requieren de adaptaciones contextuales, como la utilización de equipos de FM (49, 50) o modificación acústicas del aula o lugar de trabajo (51). En general este tipo de tratamientos requiere el desarrollo de estrategias adicionales como la memoria o el vocabulario así como el entrenamiento en estrategias metalingüísticas como

el cierre lingüístico y la adquisición de significados a través de contextos o el desarrollo de la conciencia fonológica. (52, 53, 54, 55).

## 6. Conclusiones

La evaluación de los procesos auditivos centrales debe formar parte de la evaluación audiológica de los pacientes con sospecha de algún tipo de disfunción o trastorno que pueda tener un origen central. En la consulta otorrinolaringológica es frecuente que estos pacientes no sean diagnosticados como TFAC al no contar con las pruebas apropiadas en la detección y evaluación de este tipo de trastornos. Muchos pacientes finalmente reciben un diagnóstico como hiperactividad, retraso del lenguaje, trastorno por déficit de atención o simplemente son despedidos de la consulta como normoyentes. El acercamiento a este tipo de pacientes puede verse enriquecido con una evaluación, diagnóstico y tratamiento integrados dentro de un equipo multidisciplinar comprendido por neurólogos, psicólogos, logopedas y audiólogos. La opinión de otros profesionales facilitará el diagnóstico diferencial y el establecimiento del estatus neurológico, cognoscitivo y emocional del paciente.

Finalmente, en la mayoría de los casos, las intervenciones en pacientes con TFAC deben ser llevadas a cabo por logopedas, psicólogos o pedagogos. El diagnóstico, establecido en principio por el otorrinolaringólogo, debe ser razonado desde un modelo empírico-inductivo basado en la observación y descripción funcional del procesamiento auditivo. Así mismo las propuestas de tratamiento lleva implícito el conocimiento de las diferentes estrategias de rehabilitación cognitivas ya que en escasos pacientes el tratamiento será médico, farmacológico o quirúrgico.

## Bibliografía

1. **Frumkin, N.L., Potchen, E.J., Anis-kiewicz, A.S., Moore, J.B., y Cooke, P.A.** (1989). Potential impact of magnetic resonance imaging on the field of communication disorders. *Asha*, 31, 95-99.
2. **Faingold, C.L., Hoffmann, W.E., y Caspary, D.M.** (1989). Effects of excitant amino acids on acoustic responses of inferior colliculus neurons. *Hearing Research*, 40, 127-136.
3. **Godfrey, D., Park, J., Dunn, J., y Ross, C.** (1985). Cholinergic neurotransmission in the cochlear nucleus. In D. Frecher (Ed.). *Auditory neurochemistry* (pp. 163-183). Springfield, IL: Charles C. Thomas.
4. **Guth, P., y Melamed, B.** (1982). Neurotransmission in the auditory system: A primer for pharmacologist. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 22, 383-412.
5. **Dolan, D.F., y Nuttal, A.L.** (1988). Masked cochlear whole-nerve response intensity function altered by electrical stimulation of the crosses olivo-cochlear bundle. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 1081-1086.
6. **Galambos, R.** (1956). Suppression of auditory nerve activity by stimulation of efferent fibers to cochlea. *Journal of Neurophysiology*, 19, 424-437.
7. **Hall, J.W. III** (1992). Handbook of auditory evoked responses. Boston: Allyn & Bacon.
8. **Hart, K.J., y Morgan, J.R.** (1993). Cognitive-behavioral procedures with children: Historical context and current status. In A.J. Finch, W.M. Nelson, & E.S. Ott (eds.), *Cognitive-behavioral procedures with children and adolescents* (pp. 1-24). Boston: Allyn & Bacon.
9. **Chedru, F., Bastard, V., y Efron, R.** (1978). Auditory micropattern discrimination in brain damaged subjects. *Neuropsychologia*, 16, 141-149.
10. **Colson, K., Robin, D., y Luschei, E.** (1991). Auditory processing and sequential pitch and timing changes following frontal opercular damage. *Clinical Aphasiology*, 20, 317-325.



11. **Divenyu, P.L., y Robinson, A.J.** (1989). Nonlinguistic auditory capabilities in aphasia. *Brain and Language*, 37, 290-326.
12. **Grimers, A.M., Grady, C.L., Foster, N.L., Sunderland, T., y Patronas, N.J.** (1985). Central auditory function in Alzheimer's disease. *Neurology*, 35, 352-358.
13. **Cranford, J., stream, R., Rye, C., y Slade, T.** (1982). Detection versus discrimination of brief duration tones: Findings in patients with temporal lobe damage. *Archives of Otolaryngology*, 108, 350-356.
14. **Flexer, C., Millin, J., yBrown, L.** (1990). Children with developmental disabilities: The effect of sound field amplification in word identification. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 21, 177-182.
15. **Keith, R.W., Rudy, J., Donahue, P.A., y Katbamma, B.** (1989). Comparison of SCAN results with other auditory and language measures in a clinical population. *Ear & Hearing*, 10(6), 382-386.
16. **Robin, D.A., Tomblin, J.B., Kearney, A., y Hugg, L.N.** (1989). Auditory temporal pattern learning in children with speech and language impairments. *Brain & Language*, 36(4), 604-613.
17. **Galaburda, A.M.** (1989). Ordinary and extraordinary brain development: Anatomical variation in developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 39, 67-80.
18. **Ferre, J.M., y Wilber, L.A.** (1986). Normal and learning disabled children's central auditory processing skills: An experimental test battery. *Ear and Hearing*, 7, 336-343.
19. **Cook, J.R., Mausbach, T., Burd, L., Gascon, G.G., Slotnick, H.B., Patterson, B., Johnson, R.D., Hankey, B., y Reynolds, B.W.** (1993). A preliminary study of the relationship between central auditory processing disorder and attention deficit disorder. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 18, (3), 130-137.
20. **Pillsbury, H.C., Grose, J.H., y Hall, J.W.** (1991). Otitis media with effusion in children: Binaural hearing before and after corrective surgery. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 117, 718-723.
21. **Gulya, J.** (1991). Structural and physiological changes of the auditory and vestibular mechanisms with aging. In D. Ripich (Ed.), *Handbook of geriatric communication disorders* (pp.39-54). Austin, TX: Pro-Ed.
22. **American Speech-Language-Hearing Association Task Force on Central Auditory Processing Consensus development.** (1996). Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice. *American Journal of Audiology*, 5(2), 41-54.
23. **Phillips, D.P.** (1993). Representation of acoustic events in the primary auditory cortex. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 203-216.
24. **Phillips, D.P.** (1995). Central auditory processing: A view from auditory neuroscience. *The American Journal of Otolaryngology*, 16(3), 338-352.
25. **Musiek, F.E., Baran, J.A., y Pinheiro, M.L.** (1990). Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*, 29, 304-313.
26. **Speaks, C.K., Niccum, N., y Van Tasell, D.** (1985). Effects of stimulus material on dichotic listening performance on patients with sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28, 16-25.
27. **Divenyi, P.L., y Robinson, A.J.** (1989). Nonlinguistic auditory capabilities in aphasia. *Brain and Language*, 37, 290-326.
28. **Levine, R., Gardener, J., Stufflebeam, S., Fullerton, B., Carlise, E., Furst, N., Rosen, B., y Kiang, M.** (1993). Effects of multiple sclerosis brainstem lesions on sound lateralization and brainstem auditory evoked potentials. *Hearing Research*, 68, 73-88.
29. **Musiek, F., Weider, D., y Muller, R.** (1982). Audiological findings in Charcot-Marie-Tooth disease. *Archives of Otolaryngology*, 108, 595-599.
30. **Grimes, A.M., Grady, C.L., Foster, N.L., Sunderland, T., y Patronas, N.J.** (1985). Central auditory function in Alzheimer's disease. *Neurology*, 35, 352-358.
31. **Lynn, G.E., Cullis, P., y Gilroy, J.** (1983). Olivopontocerebellar degeneration: Effects

of auditory brainstem responses. *Seminars in Hearing*, 4, 375-384.

32. **Chiappa, K.** (1983). Evoked potentials in clinical medicine. New York: Cambridge University Press.
33. **Musiek, F.E., y Baran, J.A.** (1997). Central auditory assessment: Thirty years of change and challenge. *Ear and Hearing*, 8 (Suppl.), 22-35.
34. **Jerger, J., Silman, S., Lew, H., yChmiel, R.** (1993). Case studies in binaural interference: converging evidence from behavioral and electrophysiological measures. *Journal of the American Academy of Audiology*, 4, 122-131.
35. **Chermak, G.D.** (1981). Handbook of audiological rehabilitation. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
36. **Danks, J.H., y End, L.J.** (1987). Processing strategies for reading and listening. In R. Horowitz & S.J. Samuels (Eds.), *Comprehending oral and written language* (pp. 271-294). San Diego, CA: Academic Press.
37. **Fant, G.** (1967). Auditory patterns of speech. In W. Wathen-Dunn (Ed.), *Models for the perception of speech and visual form* (pp. 111-125). Cambridge, MA: MIT Press.
38. **Kintsch, W.** (1977). On comprehending stories. In M.A. Just & P.A. Carpenter (eds.), *Cognitive processes in comprehension* (pp. 33-62). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
39. **Massaro, D.W.** (1975). Language and information processing. In D.W. Massaro (Ed.), *Understanding language: An information-processing analysis of speech perception, reading and psycholinguistics*. New York: Academic Press.
40. **Keith, R.W.** (1994). ACPT: Auditory continuous performance test. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
41. **Abel, S.M.** (1972): Discrimination of temporal gaps. *Journal of the Acoustical Society of America*, 52, 519-524.
42. **Moore, B.C.J.** (1973). Frequency difference limens for short-duration tones. *Journal of the Acoustic Society of America*, 54, 610-619.
43. **Yost, W.A. y Moore, M.J.** (1987). Temporal changes in a complex spectral profile. *Journal of the Acoustical Society of America*, 81, 1896-1905.
44. **Musiek, F.E., Pinheiro, M.L., y Wilson, D.** (1980). Auditory pattern perception in split-brain patients. *Archives of otolaryngology*, 106, 610-612.
45. **Flavell, J.H.** (1981). Cognitive monitoring. In W.P. Dickson (Ed.) *Children's oral communication skills* (pp. 35-60). New York: Academic Press.
46. **Flavell, J.H., y Wellman, H.M.** (1977). Metamemory. In R.V.ail & J.W. Hagan (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (pp. 3-33): Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
47. **Van Dijk, T.A.** (1985). Semantic discourse analysis. In T.A. Van Dijk (Ed.), *Handbook of discourse analysis. Vol. 2: Dimensions of discourse* (pp. 4-85). New York: Springer.
48. **Pressley, M.** (1982). Elaboration and memory development. *Child development*, 53, 296-309.
49. **Stach, B.A., Loisel, L.H., y Jerger, J.F.** (1987), Clinical experience with personal FM assistive listening devices. *Hearing Journal*, 40, 24-30.
50. **Stach, B.A., Loisel, L.H., y Jerger, J.F.** (1991). Special hearing aid considerations in elderly patients with auditory processing disorders. *Ear & Hearing*, 12(6, Suppl.), 131S-138S.
51. **Crandell, C. y Smaldino, J.** (1995). The importance of room acoustic. In R.S. Tyler & D.J. Schum (Eds.), *Assistive devices for persons with hearing impairment* (pp. 142-164). Boston: Allyn and Bacon.
52. **Liberman, A.M., Cooper, F.S., Shankweiler, D., y Studer-Kennedy, M.** (1967). Perception of the speech code. *Psychological review*, 74, 431-461.
53. **Mann, V.** (1991). Language problems: A key to early reading problems. In B.Y.L. Wong (Ed.), *Learning about learning disabilities* (pp. 130-162). San diego: Academic Press.

- 
- 54. Mattingly, I.G.** (1972). Reading, the linguistic process, and linguistic awareness. In J.F. Kavanaugh & I.G. Mattingly (eds.), *Language by ear and by eye. The relationship between speech and reading* pp. 133-148. Cambridge: MIT Press.
- 55. Perfetti, C.A., y McCutchen, D.,** (1982). Speech processes in reading. *Speech and Language Advances in Basic Research and Practice, 1*, 237-269.

Recibido el 20 de Junio del 2003.

Aceptado el 15 de Agosto del 2003.

Publicado (on-line) 1 de Noviembre del 2003.

<http://www.auditio.com/revista>

Contacto con el autor: Franz Zenker. Clínica Barajas. C/ Pérez de Rozas 8. 38004 Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias. España. Tel: +34 922 275488 Fax: +34 922 270364 E-mail: [zenker@clinicabarajas.com](mailto:zenker@clinicabarajas.com)

Para citar este artículo:

Zenker, F. y Barajas, J.J. Las Funciones Auditivas Centrales [en-línea]. *Auditio: Revista electrónica de audiología*. 1 Noviembre 2003, vol. 2(2), pp. 31-41.  
<<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol2/2/020203.pdf>>