

# Alteraciones de las funciones auditivas centrales

J. J. Barajas de Prat y F. Zenker Castro

## **PUNTOS CLAVE**

- ▶ Los trastornos de las funciones auditivas centrales son el resultado de un déficit en el procesamiento sensorial que afecta a la audición, 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 complejo toda vez que no constituye una entidad unitaria atribuible a una única categoría nosológica. Los déficit observados en el procesamiento de la información auditiva central pueden expresarse de muy distinta forma y responder a numerosas etiologías.
- ▶ El estudio de la audición como fenómeno central implica una aproximación desde una perspectiva funcional, lo cual exige al facultativo un amplio arsenal de pruebas, un acercamiento a la audición como proceso y un amplio conocimiento acerca de las correspondencias anatomicofuncionales de la audición.
- ▶ La evaluación audiológica de estos trastornos comprende el uso de pruebas psicoacústicas y electrofisiológicas seleccionadas según la historia clínica del paciente y agrupadas en una batería de pruebas.
- ▶ Las intervenciones propuestas para los pacientes diagnosticados con trastornos de las funciones auditivas centrales se basan en la utilización de los recursos centrales, en la mejora de las capacidades lingüísticas y cognoscitivas, el desarrollo de aptitudes auditolingüísticas, el desarrollo de metalenguaje, la utilización de estrategias compensatorias y el desarrollo de estrategias de escucha y metacognición.

## INTRODUCCIÓN

La definición de función auditiva central resulta compleja, ya que no constituye una entidad unitaria atribuible a una sola categoría nosológica y comprende una amplia variedad de déficit funcionales relacionados con la audición. Siguiendo la definición del American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) Consensus Committee (1), los trastornos de las funciones auditivas centrales son el resultado de un déficit en el procesamiento sensorial que afecta a la audición, 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. La presencia de un trastorno de la función auditiva central se diagnostica cuando se observa un déficit en una o varias de las siguientes conductas: localización y lateralización del sonido; integración de señales auditivas competitivas o degradadas; discriminación auditiva; reconocimiento de patrones auditivos; reconocimiento de aspectos temporales de la audición como resolución, enmascaramiento e integración temporal, y ordenamiento secuencial.

Estos trastornos de las funciones auditivas centrales se han observado en una gran variedad de poblaciones clínicas, incluyendo aquellas afectadas por lesiones del sistema nervioso central (SNC), afasias, enfermedades neurodegenerativas o traumatismos craneoencefálicos. También se han podido observar en individuos con trastornos del desarrollo, retrasos del lenguaje, dislexias, dificultades de aprendizaje y trastornos por déficit de atención. Así mismo, se han observado trastornos de la función auditiva central en pacientes con historias de otitis crónica media recidivantes y en personas mayores como resultado del proceso de envejecimiento. En la tabla 10-1 se relacionan los principales signos y síntomas de estos trastornos.

**TABLA 10-1. Principales síntomas y signos que inducen a sospechar de un trastorno de las funciones auditivas centrales**

- Dificultad en seguir instrucciones verbales
- Ecolalia
- Repetición frecuente de las partículas «¿qué?» y «¿eh?» durante las conversaciones
- Dificultad en la discriminación del habla, especialmente en entornos ruidosos
- Déficit atencionales/hiperactividad
- Habla poco clara
- Dificultades en la memorización de nombres y lugares
- Dificultades en la repetición secuencial de palabras y números
- Retrasos del habla o el lenguaje

## TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN

Se han empleado numerosas pruebas, tanto psicoacústicas como electrofisiológicas, en el estudio de los trastornos de la función auditiva central. La evaluación de estos trastornos requiere la selección de pruebas en función de la eficacia, validez y fiabilidad de éstas, y comprende el uso de pruebas acústicas debidamente calibradas, normalizadas y que deben llevarse a cabo en un ambiente acondicionado. La evaluación debe ir precedida de un examen audiológico que incluya test de imitación acústica, audiometría tonal liminar y logaudiometría. La sensibilidad auditiva del paciente debe quedar bien establecida, debido al efecto que las hipoacusias tienen sobre algunas pruebas centrales. La batería de pruebas está determinada por la situación de examen e historia clínica del paciente. Para una selección apropiada resulta fundamental el conocimiento de los procesos cognitivos y mecanismos anatómicofisiológicos que examina cada una de las pruebas.

La interpretación de los resultados se lleva a cabo a partir de las puntuaciones del sujeto. Este tipo de procedimiento dificulta el diagnóstico, ya que en la interpretación simultánea de varias pruebas pueden obtenerse resultados contradictorios. La habilidad y el conocimiento del profesional permitirán establecer el diagnóstico en función de la observación y análisis empíricoinductivo de los resultados. Con el fin de aumentar la validez de las conclusiones, los resultados pueden contrastarse con procedimientos convergentes, como técnicas de imagen o 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 respuesta dada por el paciente.

Musiek et al (2) propusieron la clasificación que se reproduce en la tabla 10-2, que no está exenta de los vicios propios de las simplificaciones excesivas, pero que puede resultar adecuada a modo de referencia didáctica.

### Equipamiento y material de evaluación

La evaluación audiológica de la función auditiva central puede realizarse tanto mediante pruebas psicoacústicas como electrofisiológicas. Las pruebas psicoacústicas deben llevarse a cabo en una sala que cumpla con las normas ANSI S3.1 (1977) (3). La presentación de los estímulos necesita un reproductor de disco compacto (CD) amplificado a través del audiómetro. Es importante que el examinador disponga de una batería suficiente de pruebas para seleccionar la más apropiada en función de la historia clínica del paciente.

**PRÁCTICA EN ORL**

**TABLA 10-2. Relación de las pruebas empleadas en la evaluación de las funciones auditivas centrales clasificadas según la estructura de la vía auditiva estudiada (2)**

Nervio auditivo	Tronco cerebral (mielencéfalo)	Tronco cerebral (mesencéfalo)
PEATC Reflejo estapedial	PEATC MLD Reflejo estapedial Números dicóticos	Números dicóticos Sílabas dicóticas Patrones de frecuencia MLR
<i>Corteza y subcorteza</i> Patrones de duración Patrones de frecuencia Números dicóticos Sílabas dicóticas MLR o P300	<i>Cuerpo calloso</i> Rimas dicóticas Números dicóticos Patrones de frecuencia Sílabas dicóticas Frasas competitivas	
<i>Niños con déficit auditivo</i> Patrones de frecuencia Frasas competitivas Números dicóticos Rimas dicóticas P300	<i>Adultos con déficit auditivo</i> Patrones de duración Patrones de frecuencia Dígitos dicóticos Sílabas dicóticas P300	

MLD: *masking level difference*; MLR: *middle latency response*; PEATC: potenciales evocados auditivos del tronco cerebral.

El equipo de registros electrofisiológicos debe ser capaz de realizar tanto pruebas del tronco cerebral como registros de MLR (*middle latency response*), ALR (potenciales de larga latencia), P300 y MMN (*mismatch negativity*). Estas últimas pruebas requieren un promediador y estimulador capaz de configurar los parámetros para este tipo de protocolos. El equipo ha de disponer de cuatro canales para poder derivar información acerca de la localización de los componentes y poder llegar a conclusiones sobre la lateralidad de los fenómenos observados.

Los resultados de las pruebas empleadas en la batería de pruebas pueden ser representadas gráficamente junto con los valores del grupo control para cada prueba. En la figura 10-1 se reproduce la hoja de resultados de la evaluación de las funciones auditivas centrales de un paciente normoyente con dificultades en la discriminación del habla en presencia de ruido de fondo.

**PRUEBAS DE EVALUACIÓN**

Las funciones auditivas centrales que pueden evaluarse mediante procedimientos psicoacústicos y electrofisiológicos son el procesamiento temporal, el cierre auditivo, la integración e interacción binaural y los



pruebas examina la habilidad de un individuo en el procesamiento del orden de presentación de estímulos. Dependiendo de las instrucciones dadas al sujeto podía inducirse el procesamiento en un hemisferio cerebral u otro.

#### PRUEBA DE PATRONES TONALES

Este tipo de prueba es una de las más empleadas por su sencillez en la presentación y recogida de resultados. Consiste en la presentación monótona o diótona de tres impulsos tonales en secuencias consecutivas. Estas tríadas están formadas por dos impulsos tonales de frecuencia similar y un tercero de frecuencia distinta. La presentación del tono atípico es aleatoria a través de las tríadas. El paciente es invitado a reproducir verbalmente cada tríada de tonos. El resultado viene determinado por la puntuación, expresada como un porcentaje de ítems correctos. Esta puntuación se compara con un baremo en función de la edad del paciente (5).

Diferentes estudios con pacientes con lesiones en ambos hemisferios o en las vías interhemisféricas han mostrado que los afectados tienen dificultades en la descripción verbal de los estímulos (6). Los déficits observados siempre han sido bilaterales. La demanda de respuestas verbales requiere la integridad de las vías interhemisféricas, ya que deben permitir la comunicación entre ambos hemisferios. Musiek y Pinheiro (7) encontraron que esta prueba presenta una elevada sensibilidad en los pacientes con lesiones cerebrales (83%) y una menor sensibilidad en pacientes con lesiones del tronco cerebral (45%). La especificidad de esta prueba para las lesiones cerebrales frente a las lesiones cocleares es del 88%.

#### PRUEBA DE PATRONES TEMPORALES

Esta prueba consiste en la presentación de tríadas de estímulos tonales de la misma frecuencia, en la cual varía la duración temporal de uno de los tonos. La frecuencia de los tonos es de 1.000 Hz, la duración de 500 ms y 250 ms el tono de corta duración. Los impulsos tonales tienen un tiempo de ataque y caída de 10 ms, con un intervalo interestímulo de 300 ms. Se presentan seis combinaciones de tonos largos y cortos distribuidos de forma aleatoria a través de la secuencia de examen. Las instrucciones dadas al paciente le invitan a repetir o describir verbalmente los ítems. Se presentan 50 tríadas a 50 dB del umbral de forma monótona. Esta prueba es altamente sensible a lesiones cerebrales, en un 86%, con un alto porcentaje de especificidad (8). En los pacientes con hipoacusia, la prueba de patrones temporales no pierde especificidad, ya que es fácilmente adaptable al audiograma.

## Pruebas de cierre auditivo

Los individuos normoyentes poseen la habilidad de reconocer el habla incluso en condiciones en las que la señal acústica de contenido verbal es realmente pobre. Esta habilidad viene dada por la riqueza de las vías neuronales en el sistema auditivo, por la redundancia de la información acústica del lenguaje hablado y por la capacidad cognoscitiva del individuo para extraer el significado de la información acústica disponible.

En estas pruebas se modifican los estímulos disminuyendo la redundancia mediante la manipulación de la frecuencia, el tiempo o la intensidad de la señal acústica. Estas pruebas no poseen una alta sensibilidad y especificidad; sin embargo, la baja redundancia de los estímulos les da una alta validez en la evaluación de los procesos de cierre auditivo. Las prueba monótica de baja redundancia de mayor implantación es la prueba de comprensión del habla (9).

### PRUEBA DE COMPRESIÓN DEL HABLA

En esta prueba, los estímulos verbales se han modificado mediante la supresión de porciones de la señal original, con la consecuente reducción en tiempo del estímulo. Dependiendo de la cantidad de porciones suprimidas se obtiene un ítem porcentualmente menor respecto al original. Esta prueba ha sido desarrollada comprimiendo el 30, 60 y 80 % el estímulo original (10). Los ítems se presentan de forma monoaural. Se instruye al sujeto para que repita las palabras presentadas, y la puntuación final viene dada por el porcentaje de palabras correctas en cada oído. Esta puntuación se compara con los valores de referencia del grupo control en función de la edad.

Los pacientes con lesiones difusas del lóbulo temporal han mostrado déficit en el oído contralateral a la lesión (11). Esta prueba no es sensible en pacientes con lesiones interhemisféricas (12). En pacientes con lesiones del tronco cerebral se han observado déficit contralaterales, ipsolaterales y bilaterales, así como resultados normales (13). Esta diversidad en los resultados se atribuye al carácter de las lesiones del tronco cerebral, en las que el tamaño del área de la lesión resultan determinantes. En general, las pruebas de habla comprimida poseen una sensibilidad moderada en la identificación de disfunciones asociadas al SNC. La evidencia sugiere que el procedimiento puede contribuir a la identificación de una lesión central, pero no a la localización de la lesión.

### PRUEBAS DE HABLA FILTRADA

Esta prueba consiste en reducir la redundancia de una lista de palabras mediante la utilización de un filtro de paso bajo. Las frecuencias de

corte empleadas han sido de 500, 750 y 1.000 Hz, con una atenuación de 18 dB/octava (14). Los ítems se presentan de forma monoaural a 50 dB por encima del umbral. Se invita al paciente a repetir verbalmente los ítems. Los hallazgos con estas pruebas han mostrado déficit contralaterales en paciente con lesiones temporales.

#### PRUEBAS DE HABLA EN RUIDO

Un método eficaz para reducir la redundancia es presentar ítems verbales junto con ruido blanco ipsolateral (15). La dificultad de la prueba viene dada por el cociente señal-ruido entre los ítems verbales y el ruido blanco. Las relaciones entre 0 y +10 dB resultan efectivas. Esta prueba es fácilmente implementable con la gran mayoría de audiómetros clínicos. Se han encontrado déficit contralaterales en pacientes con lesiones corticales, lesiones del tronco cerebral, lesiones temporales y en pacientes con dificultades de aprendizaje.

### **Pruebas de integración y disociación binaural**

La integración binaural se evalúa a través de pruebas de escucha dicótica. Estas pruebas consisten en la presentación simultánea de estímulos diferentes en cada oído, y evalúan las habilidades de integración y disociación binaural. Las instrucciones dadas al sujeto suelen demandar la repetición verbal de los estímulos presentados en ambos oídos, atención dividida (disociación) o en un oído específico, y atención dirigida (integración). Cuanta mayor similitud y proximidad acústica exista entre los ítems, mayores serán las demandas sobre el procesamiento auditivo central.

Kimura (16) utilizó por primera vez este procedimiento en el que presentó tríadas de dígitos de forma dicótica e invitó al paciente a repetir verbalmente los ítems. Los primeros resultados obtenidos por Kimura mostraron que los pacientes con lesiones del lóbulo temporal presentaban dificultades en la repetición de los dígitos. Las dificultades se experimentaban en el oído contralateral a la lesión, y no se observaban cuando los ítems se presentaban de forma monótica.

#### PRUEBA DE NÚMEROS DICÓTICOS

La prueba de números dicóticos (17) es una de las pruebas de escucha dicótica de mayor aplicación en la práctica clínica. 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, y se pide al paciente que repita los pares presentados.

El porcentaje de números reconocidos correctamente se determina para cada oído y se compara con un grupo control en función de la edad.

Estas pruebas poseen una elevada sensibilidad a disfunciones del SNC asociadas a lesiones hemisféricas e interhemisféricas (18), así como a disfunciones del tronco cerebral (19). En algunas versiones de estas pruebas, las hipoacusias cocleares ligeras y moderadas no afectan a los resultados.

#### PRUEBA DE SÍLABAS DICÓTICAS

Ésta es una prueba con mayor grado de dificultad que la prueba de números dicóticos. El material acústico consiste en la presentación de los siguientes grupos fonémicos: /pa/, /ta/, /ka/, /ba/, /da/ y /ga/. Estas sílabas son fácilmente manipulables desde el punto de vista experimental, lo cual ha permitido una mejor sincronía en la presentación de la prueba. La ausencia de significado favorece el procesamiento fonológico de los estímulos. Los procesos auditivos centrales que subyacen a estas pruebas descansan en la memoria a corto plazo, toda vez que las demandas de memorización son escasas si se compara, por ejemplo, con la prueba de números dicóticos. Las sílabas se presentan modificando el tiempo de ataque entre los pares, de forma que pueden aparecer con 15, 30, 60 o 90 ms de diferencia. Los pacientes normales mejoran su puntuación cuando la diferencia entre los ítems es superior a 30 ms. Los pacientes con lesiones corticales no muestran estas diferencias. Se han encontrado déficit contralaterales en pacientes con lesiones del lóbulo temporal y déficit en ambos oídos en algunos casos de lesión en el hemisferio izquierdo (20).

### **Pruebas de interacción binaural**

En las pruebas de interacción binaural los estímulos se presentan de forma diótica. Existen diferentes versiones de estas pruebas, en las que los estímulos se presentan de forma asíncrona, secuencial o en porciones. Al presentar los estímulos de forma monótica, éstos son irreconocibles para el paciente. Sin embargo, en pacientes con habilidades de procesamiento normal, la presentación dicótica permite el reconocimiento del ítem. Estas pruebas evalúan la habilidad de las estructuras inferiores del cerebro para integrar la información auditiva.

#### PRUEBA DE LAS DIFERENCIAS EN INTENSIDAD ENMASCARADA

La prueba de las diferencias en intensidad enmascarada (DIE) consiste en presentar un tono pulsátil de 100 Hz a una razón de 200 ms de

forma dicótica y en presencia de un ruido continuo de banda ancha de 60 dB HL (*hearing level*). El tono se presenta a distintas intensidades con el fin de determinar el umbral bajo dos condiciones. En la condición homofásica (SoΠo), el estímulo y el ruido se presentan en fase, mientras que en la condición disfásica (SoΠo) el tono se presenta con un desfase de 180° y el ruido en fase. El resultado de la prueba viene determinado por la diferencia en la detección del umbral por parte del paciente entre ambas condiciones. Este tipo de prueba requiere una audición normal, simétrica y bilateral para una aplicación e interpretación apropiada de los resultados.

La prueba DIE posee una alta sensibilidad en lesiones inferiores del tronco cerebral y corticales. Noffsinger et al (21) han demostrado una correspondencia muy próxima entre los resultados obtenidos con esta prueba y los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC). En general, los autores encontraron que las puntuaciones del DIE eran bajas cuando las latencias de las ondas I, II o III de los PEATC no eran normales.

## **Pruebas electrofisiológicas**

El registro de los PEATC realizado por Jewett et al en el año 1970 (22) 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 procesos patológicos del nervio auditivo, así como del tronco cerebral (23). Esta consistencia de las respuestas facilitó la integración de los potenciales evocados como herramienta de diagnóstico, y su uso se extendió hasta potenciales de mayor latencia. A pesar de la gran variabilidad de las respuestas de los potenciales de larga latencia, se ha visto que éstos son sensibles a diferentes disfunciones del SNC para una gran variedad de procesos patológicos (24).

La evaluación del trastorno de la función auditiva central con técnicas electrofisiológicas se lleva a cabo mediante PEATC, MLR, ALR, P300 y MMN. En especial, la MMN y la P300 ofrecen la posibilidad de estudiar los procesos auditivos centrales de forma empírica, y permiten establecer inferencias sobre los procesos mentales implícitos a la resolución de las tareas propuestas.

### COMPONENTE P300

El componente que tradicionalmente se asocia con la evaluación de las funciones auditivas centrales es la P300. La aparición de este com-

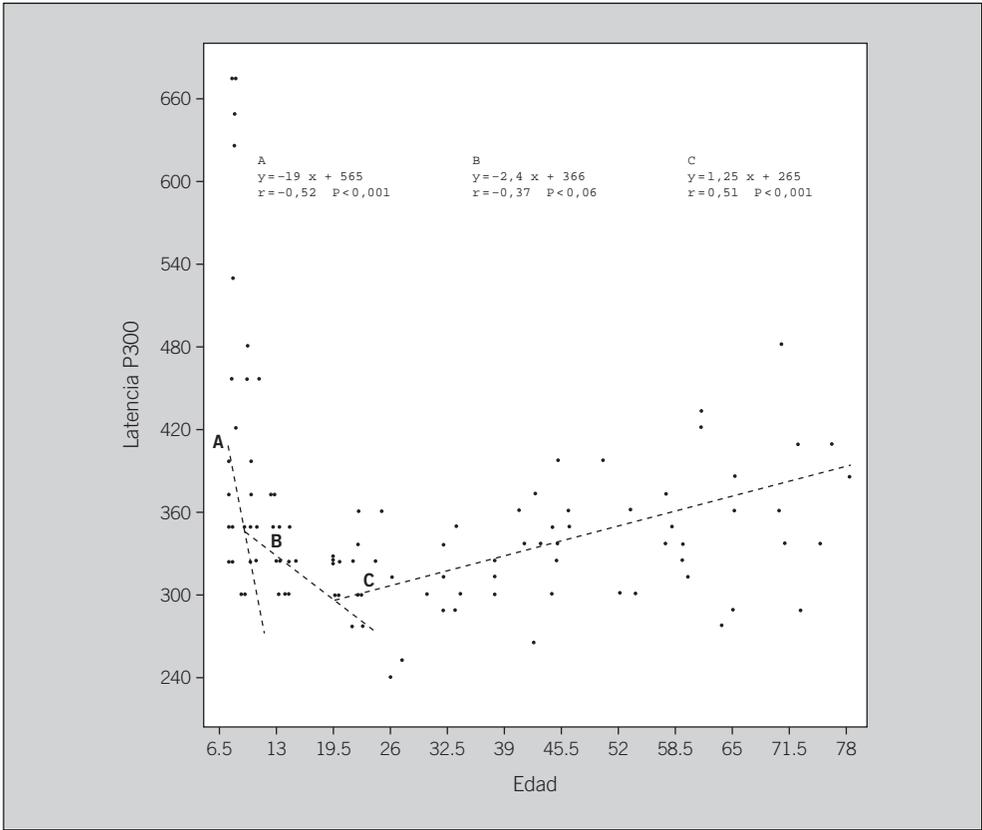
ponente se provoca mediante la presentación de dos o más tonos de diferente frecuencia, de los cuales el tono raro o infrecuente se presenta con menor probabilidad. La presentación del paradigma de provocación se efectúa de forma diótica (25).

El componente P300 se provoca como un proceso de actualización del esquema mental. Un esquema es un mapa complejo que representa todos los datos disponibles acerca del contexto del paradigma de provocación. En un esquema, la información inmediata permanece en la memoria a corto plazo (MCP), mientras que la información del paradigma permanece en la memoria a largo plazo (MLP). El esquema es el campo de trabajo en el que se integran los datos de ambos «almacenes». El sistema mantiene una fluidez constante y tiene un carácter eminentemente dinámico. Cuando aparece una nueva demanda, se revisa el modelo para crear una representación que incorpore la nueva información. La P300 refleja este proceso de actualización.

La P300 es sensible a una gran variedad de trastornos neurológicos y psicológicos, así como al efecto del envejecimiento (26). En la figura 10-2 se muestra la relación establecida entre el envejecimiento y la latencia del componente. La P300 es muy variable en su morfología, lo cual va en detrimento de la fiabilidad de la prueba, y no proporciona información de la lateralidad del registro, debido a que los generadores del componente se registran mejor en la posición de electrodos Fz, Pz y Cz según el sistema 10/20.

#### POTENCIAL NEGATIVO DE DISPARIDAD

Existen dos componentes de potenciales evocados estrechamente relacionados con la memoria sensorial auditiva, los potenciales N1 y el potencial negativo de disparidad, cuyos mecanismos generadores son activados de forma automática cuando se produce algún cambio discernible en la estimulación continua y repetitiva, respectivamente. El potencial negativo de disparidad, o *Mismatch Negativity* (MMN), es el resultado de un proceso de comparación entre el nuevo estímulo sensorial y la representación neuronal que se forma a partir de los estímulos presentados con anterioridad (27). La precisión de la representación central del sonido, incluidos los elementos del lenguaje (fonemas) y su desarrollo, puede evaluarse mediante MMN. El mecanismo neuronal de disparidad generador de MMN se localiza en la corteza supratemporal auditiva, según indican los estudios de modelado de los generadores de este componente. Los resultados clínicos con estas pruebas han mostrado que se producen decrementos en la amplitud de MMN en sujetos con dificultades de discriminación auditiva, como pacientes con afasia, dislexia u otros procesos patológicos en los que concurren déficit atencionales.



**Figura 10-2** 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  $-19$  ms/año). B) Recta de regresión entre la edad y la latencia de P3 para un grupo de sujetos de 12 a 24 años (pendiente  $-2,4$  ms/año). C) Recta de regresión entre la edad y la latencia de P300 para un grupo de sujetos de 18 a 78 años (pendiente  $-1,25$  ms/año) (26).

## ESTRATEGIAS DE TRATAMIENTO

Recientemente, varios estudios con pacientes diagnosticados con trastornos de las funciones auditivas centrales han demostrado la eficacia de los tratamientos basados en el entrenamiento auditivo y en el desarrollo de estrategias de metacognición (28). El entrenamiento auditivo se basa en el desarrollo de estrategias a través de la mejora de la atención auditiva, los procesos de detección y discriminación, tanto temporal como espectral, y en el entrenamiento en la transferencia interhemisférica. Las intervenciones propuestas para los trastornos de las funciones auditivas centrales se basan en la utilización de los recur-

son centrales, en la mejora de las capacidades lingüísticas, en la utilización de estrategias compensatorias y en el desarrollo de estrategias de escucha, metacognición y habilidades auditivolingüísticas en general. Muchas de estas estrategias requieren adaptaciones contextuales, como la utilización de equipos de frecuencia modulada (29) o la modificación acústica del aula o lugar de trabajo.

## CONCLUSIONES

La evaluación de los procesos auditivos centrales puede formar parte de la valoración audiológica de aquellos pacientes en los que se sospecha una disfunción central, dificultades de aprendizaje, retraso del lenguaje o dificultades auditivas. Es frecuente que en la consulta otorrinolaringológica no se diagnostiquen trastornos de las funciones auditivas centrales a estos pacientes, ya que no está generalizado el uso de pruebas para la detección y evaluación de estos trastornos. Muchos de estos pacientes reciben finalmente un diagnóstico de hiperactividad, retraso del lenguaje, trastorno por déficit de atención o, simplemente, son despedidos de la consulta como normoyentes. El acercamiento a este diagnóstico puede verse enriquecido con una evaluación y un tratamiento integrados dentro de un equipo multidisciplinar. La opinión de otros profesionales facilitará el diagnóstico diferencial y el establecimiento del estatus neurológico, cognoscitivo y emocional del paciente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Speech-Language-Hearing Association Task Force on Central Auditory Processing Consensus development. Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice. *Am J Audiol* 1996; 5: 41-54.
2. Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Neuroaudiology case studies. San Diego: Singular Publishing Group, 1994.
3. American National Standards Institute. American National Standard Criteria for Permissible Ambient Noise During Audiometric Testing. New York: ANSI S3.1, 1977.
4. Colavita F. Auditory cortical lesions and visual patterns discrimination in cats. *Brain Res* 1972; 39: 437-447.
5. Pinheiro M, Ptacek P. Reversals in the perception of noise and tone patterns. *J Acoust Soc Am* 1971; 49: 1778-1782.
6. Baran J. Duration patterns in the assessment of central auditory processing disorders. Seattle: American Speech-Language-Hearing Association, 1990.
7. Musiek F, Pinheiro M. Frequency patterns in cochlear, brainstem, and cerebral lesions. *Audiology* 1987; 26: 79-88.

8. Musiek F, Baran J, Pinheiro M. Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology* 1990; 29: 304-313.
9. Bornstein SP, Musiek FE. Implication of temporal processing for children with learning and language problems. En: Beasley D, ed. *Contemporary issues in audition*. San Diego: College-Hill Press, 1984; 25-65.
10. Beasley D, Forman B, Rintelmann W. Perception of time-compressed CNC monosyllables by normal listeners. *J Auditory Res* 1972; 12: 71-75.
11. Kurdizel S, Noffsinger D, Olsen W. Performance by cortical lesion patients on 40% and 60% time-compressed materials. *J Am Audiol Soc* 1976; 2: 3-7.
12. Mueller H, Beck W, Sedge R. Comparison of the efficiency of cortical level speech test. *Sem Hear* 1987; 8: 279-298.
13. Calearo C, Antonelli A. Audiometric findings in brainstem lesions. *Acta Otolaryngol* 1968; 66: 305-319.
14. Wilson L, Mueller HG. Performance of normal hearing individuals on Auditec filtered speech test. *ASHA* 1984; 27: 189.
15. Neijenhuis KA, Stollman MH, Snik AF, Van der Broek P. Development of a central auditory test battery for adults. *Audiology* 2001; 40: 69-77.
16. Kimura D. Some effects of temporal lobe damage on auditory perception. *Can J Psychol* 1961; 15: 157-165.
17. Musiek F. Assessment of central auditory dysfunction: The dichotic digit test revisited. *Ear Hear* 1983; 4: 79-83.
18. Sedge R, Mueller H, Dillon J. *Dichotic digit and CV results for individuals with head injuries*. Toronto: American Speech-Language-Hearing Association, 1982.
19. Stephens S, Thornton A. Subjective and electrophysiologic test in brainstem lesions. *Arch Otolaryngol* 1976; 102: 608-613.
20. Berlin CI, Lowe SS. Temporal and dichotic factors in central auditory testing. En: Katz J, ed. *Handbook of Clinical Audiology*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1972.
21. Noffsinger D, Martinez C, Schaefer A. Auditory brainstem responses and masking level differences from persons with brainstem lesions. *Scand Audiol* 1982; 15 (Suppl): 81-93.
22. Jewett D, Romano M, Williston J. Human auditory evoked potentials: Possible brainstem components detected on the scalp. *Science* 1970; 167: 1517-1518.
23. Barajas JJ. Brainstem Acoustic Evoked Potential as Subjective and Objective test for Neurological Diagnosis. *Scand Audiology* 1985; 14: 57-62.
24. Jacobson J. *The auditory brainstem response*. San Diego: College-Hill Press, 1985.
25. Zenker F, Barajas JJ. Auditory P300 Development from and Active, Passive and Single-tone paradigms in well-characterized groups of children. *Intern J Pshycophysiol* 1999; 33: 99-111.
26. Barajas JJ. The effects of Age on human P3 Latency. *Acta Otoralyn Stockh* 1991; 476 (Suppl): 157-160.
27. Näätänen R. In search of a short-term memory trace of a stimulus in the human brain. En: Pulkkinen L, Lyytinen P, eds. *Human Action And Personality. Essays in Honour of Martti Takala*. Jyväskylä: University of Jyväskylä, 1984; 29-43.
28. Chermak GD. *Handbook of audiological rehabilitation*. Springfield: Charles C. Thomas, 1981.
29. Stach BA, Loiselle LH, Jerger JF. Clinical experience with personal FM assistive listening devices. *Hear J* 1987; 40: 24-30.