

¹F. Zenker Castro
²M. Suárez Suárez
³S. Marro Cosialls
⁴J. J. Barajas de Prat

La evaluación del procesamiento auditivo central: el test de dígitos dicóticos

¹Clinica Barajas
Santa Cruz de Tenerife
²Fundación Canaria Dr. Barajas para
la Prevención e Investigación de la
Sordera
Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias

³CREDA Jordi Perelló
Sabadell, Barcelona
⁴Facultad de Psicología
Universidad de La Laguna
Santa Cruz de Tenerife

Resumen

El test de dígitos dicóticos es una técnica conductual no invasiva que evalúa el procesamiento auditivo central responsable de los mecanismos auditivos de integración binaural. Consiste en la presentación simultánea en ambos oídos de dígitos del uno al nueve de forma aleatoria agrupados en bloques de uno, dos y tres pares. Se aplica en el diagnóstico audiológico de los trastornos del procesamiento auditivo central tanto en contextos educativos como clínicos. En la presente investigación se ha estudiado el efecto del oído estimulado, la edad y la dificultad de los ítems en una muestra de 127 participantes con edades comprendidas entre los 6 y 72 años de edad. En general, los resultados ponen de manifiesto una ventaja significativa de las puntuaciones obtenidas por el oído derecho. Se obtuvieron peores puntuaciones y un incremento en las diferencias interaurales con el aumento de la dificultad de los ítems y la edad. El efecto de la edad sobre el porcentaje de aciertos queda descrito mediante una función de regresión curvilínea. Se presentan los valores de normalidad en función de la edad para la muestra estudiada.

Palabras claves: Escucha dicótica, integración binaural, procesamiento auditivo central, test de dígitos dicóticos, trastornos del procesamiento auditivo central, ventaja del oído derecho

Central auditory processing assesment: The dichotic digit test

The central auditory processing mechanism of binaural integration can be assessed through behavioural non-

invasive procedures such as the dichotic digit test. This procedure consists of simultaneous presentation of digits to the two ears in an unpredictable presentation in groups of one, two and three pairs of items. The dichotic digit test is commonly used in the diagnosis of central auditory processing disorders in the educational setting and in the clinical audiological practice. In the present study the effect of age, ear and difficulty were studied in a group of 127 participants aged from 6 to 72 years old. Results showed a right ear advantage of scores obtained by the right ear in all subjects. As age and difficulty increase worse scores were obtained. The effect of age over the items recognitions were described by a curvilinear regression function. Normative values are obtained according to the age of the subjects who took part in the present study.

Key words: Binaural integration, central auditory processing, central auditory processing disorder, dichotic digit test, dichotic listening, right ear advantage

Introducción

El procesamiento auditivo central [PA(C)] es el mecanismo a través del cual se lleva a cabo el análisis de los sonidos complejos tras la transducción en la cóclea de la energía acústica en actividad neuronal (Griffiths, 2002). El producto del PA(C) es un patrón auditivo elaborado a partir de la información acústica que permite la discriminación, identificación, resolución, localización e integración de la información de origen auditivo (ASHA, 2005). Estos patrones anteceden a la atribución de significados o a cualquier otro tipo de procesamiento semántico.

Este trabajo ha sido financiado con una beca de la Fundación Canaria Dr. Barajas para la Prevención e Investigación de la Sordera (FDB-005/06).

Correspondencia:
Franz Zenker Castro
Clínica Barajas. C/Pérez de Rozas 8
38004 Santa Cruz de Tenerife

Correo electrónico:
zenker@clinicabarajas.com

Las técnicas de evaluación del PA(C) más frecuentes son las conductuales no invasivas y las pruebas electrofisiológicas (Zenker y Barajas, 2003). Las primeras tienen la ventaja de ser relativamente fáciles de administrar y su elaboración no tiene un coste elevado (Gadea, 2002). Barajas y Zenker (2003) llevaron a cabo una clasificación en la que establecieron tres categorías en función del modo de presentación de los estímulos; las pruebas de procesamiento temporal, las de cierre auditivo y las de integración, interacción y disociación binaural.

De entre los procedimientos no invasivos, los test de escucha dicótica (ED) son ampliamente utilizados en el diagnóstico audiológico de los trastornos del procesamiento auditivo central [TPA(C)] toda vez que permiten la evaluación de los mecanismos de integración binaural (Jerger y Musiek, 2000). Los test de ED fueron descritos por primera vez por Broadbent (1952) y desarrollados posteriormente por Kimura (1961a, 1961b) como una forma de estudio de la asimetría hemisférica funcional tanto en sujetos normales como en pacientes con lesión cerebral. En sujetos diestros y en la mayoría de los sujetos zurdos, con una dominancia del hemisferio izquierdo para el procesamiento del lenguaje, las puntuaciones obtenidas por el oído derecho presentan mejores resultados que los obtenidos por el oído izquierdo (Kimura, 1961a, 1963; Byrden, 1963; Dirks, 1964; Barroso, 1994). Existen dos aproximaciones teóricas que permiten interpretar esta ventaja del oído derecho (VOD), el modelo estructural (Kimura, 1961) y el modelo atencional (Kinsburne, 1970). El modelo estructural explica la VOD mediante factores anatomofisiológicos dado que la describe como el producto del predominio de las vías auditivas contralaterales sobre las ipsilaterales en la transmisión de la información auditiva. Según este modelo, los estímulos verbales presentados por el oído derecho acceden directamente a los centros del lenguaje del hemisferio izquierdo; mientras que los presentados por el oído izquierdo deben atravesar el cuerpo caloso desde el hemisferio derecho hasta el izquierdo para ser procesados lingüísticamente. Por otro lado, el modelo atencional, centrado en los procesos cognitivos, postula que cada hemisferio cerebral controla la atención hacia el lado contralateral del espacio. Las características de la tarea a realizar producen un mayor *priming* en uno de los hemisferios, focalizando los recursos atencionales hacia el hemiespacio contralateral. Los estímulos verbales implicados en la ED activan el hemisferio izquierdo y producen un sesgo atencional hacia el hemiespacio derecho. Las diferencias inter e intraindividuales surgirían debido a diferencias en la

intensidad de este gradiente atencional y no debido a diferencias en la transmisión callosa interhemisférica o en la supresión del input ipsilateral.

Los test de ED que emplean números como ítems tienen una gran aceptación por las siguientes razones: *a)* son relativamente inmunes a los efectos de hipoacusias de origen coclear (Musiek, 1983; Barajas, Suárez, Fernández y Zenker 2005; Speacks, Niccum y Van Tasell, 1985; Musiek, Gollegly, Kibbe y Verkest-Lenz, 1991), *b)* tienen una alta fiabilidad inter-test tanto en jóvenes como en adultos (Strouse y Hall, 1995; Humes, Coughlin y Talley, 1996), *c)* el aprendizaje, la cultura o la inteligencia no son tan determinantes como en los test de ED que emplean ítems con contenido semántico (Strouse y Wilson, 1999a, 2001; Obrzut, Boliek y Obrzut, 1986). Los test de ED con ítems numéricos más utilizados son el test de números dicóticos (Musiek, 1983) y el test de dígitos dicóticos (Strouse y Wilson, 1999a).

El test de números dicóticos consiste en presentar de forma simultánea por cada oído cuatro dígitos agrupados en bloques de dos pares. El test posee datos estandarizados para su interpretación a partir de 7 años de edad. Se administra según el procedimiento de ED libre lo cual aumenta las demandas atencionales. Está prueba ha sido validada por el propio autor en grupos de pacientes con lesiones intracraneales del tronco cerebral en los que se ha hallado un mayor déficit en el oído ipsilateral. En pacientes con lesiones en los lóbulos temporales se ha observado un déficit en las respuestas obtenidas por el oído contralateral. Este test es resistente a hipoacusias cocleares moderadas y a pérdidas en altas frecuencias lo que ha facilitado su uso en la clínica audiológica.

En el test de dígitos dicóticos se presentan de forma aleatoria bloques de uno, dos y tres pares de números. En esta prueba se pide al sujeto que repita los estímulos mediante un paradigma de atención forzada y ED libre en los que se debe atender a un solo oído o a ambos. El patrón de aciertos bajo estas dos condiciones permite diferenciar entre defectos estructurales o identificar unas competencias deficientes en los mecanismos del PA(C). La dificultad del test se incrementa aumentando el número de pares de ítems y mediante su presentación aleatoria. El incremento en la dificultad del test aumenta las diferencias relativas de actuación entre ambos hemisferios lo que permite obtener una VOD con una magnitud suficiente para contribuir al diagnóstico de los TPA(C). El test ha sido validado tanto en población normooyente como con hipoacusias cocleares moderadas y severas (Zenker, Santos, Suárez, Fernández y Barajas, 2005).

Existen algunas variables que determinan de forma significativa las puntuaciones obtenidas en los test de ED. Varios estudios han demostrado como el efecto del envejecimiento influye tanto en las puntuaciones finales como en los patrones de respuesta. La mayoría de estos estudios sugieren que la edad es un factor importante para la correcta interpretación de los resultados (Neijenhuis, Snik, Priester, Van Kordenoordt y van Den Broek, 2002; Jerger, Chmiel, Allen y Wilson, 1994; Wilson y Jaffe, 1996). El envejecimiento implica peores puntuaciones y una mayor VOD en relación a los resultados obtenidos en grupos de edad más jóvenes. Este incremento de la VOD no es el fruto del aumento de los aciertos por el oído derecho sino del decremento de las puntuaciones obtenidas por el oído izquierdo (Jerger, Stach, Jonson, Loiseille y Jerger, 1990). Esta desventaja del oído izquierdo con la edad se ha observado con independencia del tipo de estímulo empleado; ya sean números (Strouse, Wilson y Brush, 2000), sílabas (Studdert-Kenedy y Shankweiler, 1970), palabras (Strouse y Wilson, 2001) o frases (Jerger y cols., 1994). De la misma manera se ha encontrado que las capacidades atencionales para modular la VOD mediante paradigmas de atención forzada disminuyen con la edad (Alden, Harrison, Zinder y Everhart 1997; Beaton, Hugdahl y Ray, 2000).

Un segundo factor que influye en las puntuaciones obtenidas en la ED radica en la dificultad de la prueba. En la medida que esta aumenta, se observa también un incremento en la VOD (Musiek, Gollegly y Baran, 1984; Speaks y cols. 1985; Hugdahl, 1988). Este aumento se produce en un rango del 10 % cuando se emplean números y cerca de un 15 % cuando se emplean sílabas (Wilson y Jaffe, 1996). La dificultad del test está determinada por las similitudes lingüísticas y la proximidad temporal de los estímulos (Bellis, 1996). La tarea más sencilla de ED implica la presentación simultánea de estímulos totalmente diferentes en ambos oídos, por ejemplo, palabras en un oído y ruido en el oído contralateral. Las tareas de mayor dificultad comportan la presentación simultánea de estímulos muy similares fonéticamente en ambos oídos, por ejemplo una sola sílaba consonante-vocal a cada oído. Los tests que emplean números tienen una dificultad intermedia. En estas pruebas, la dificultad viene determinada por el número de pares de dígitos presentados en un mismo oído. Los test que utilizan uno o dos pares son más sencillos de llevar a cabo y en ellos la mayoría de sujetos alcanzan un resultado del 100 % de aciertos incluso en presencia de un defecto auditivo (Noffsinger, Martinez y Wilson, 1994; Speaks y cols., 1985).

En orden a obtener una mayor VOD algunos autores han incrementado la dificultad del test presentando de forma aleatoria el número de pares a recordar (Strouse y Wilson, 1999b; Wilson y Jaffe, 1996). Este paradigma aleatorio de los dígitos permite en un solo pase el análisis posterior de las respuestas en función de la dificultad de los ítems. La aleatoriedad de la presentación aumenta la dificultad de la prueba con el consiguiente incremento en la VOD.

El propósito del presente estudio es en primer lugar, obtener datos normativos para el TDD aplicado en modalidad de ED libre. En segundo lugar, evaluar la dificultad de la prueba a través de la presentación de bloques de uno, dos y tres pares de números de forma aleatoria. En tercer lugar, analizar los mecanismos de integración binaural y el análisis de la VOD. Por último, analizar el efecto de la edad sobre las puntuaciones obtenidas por los sujetos para los diferentes grupos de edad que han participado en este estudio.

Método

Sujetos

Se evaluaron 127 sujetos diestros (63 varones y 64 mujeres) con edades comprendidas entre los 6 y 72 años de edad. La muestra fue dividida en cinco grupos en función de la edad. El primer grupo estaba formado por los participantes de 6 a 11 años (media de edad = 8,7 años), el segundo grupo de 12 a 17 años (media de edad de 14,2 años), el tercer grupo de 18 a 33 años (media de edad = 24,7 años), el cuarto grupo de 35 a 59 años (media de edad = 46,3 años) y el último grupo por los mayores de 60 años (media de edad = 67,3 años). Los sujetos fueron pacientes voluntarios de la Clínica Barajas en Santa Cruz de Tenerife y alumnos de diversos Institutos de Educación Secundaria y Centros de Educación Infantil y Primaria de la provincia de Cataluña valorados a través del Centre de Recursos per a Deficients Auditius (CREDA) Jordi Perelló de Sabadell, Barcelona.

Los umbrales psicoacústicos obtenidos a partir de la audiometría tonal liminal de los grupos uno al cuarto estuvieron por debajo de los 25 dB HL para los intervalos de bandas de octava de 250 Hz a 8.000 Hz (AEDA, 2002). Para el quinto grupo se admitieron umbrales de ≤ 30 dB para las octava de 250 Hz a 2.000 Hz y hasta 65 dB para el intervalo de bandas de octavas comprendidas entre las 3.000 Hz a 8.000 Hz. En todos los casos se

obtuvo el umbral de recepción verbal (URV) y el porcentaje de máxima discriminación (MD) mediante las pruebas verbales de Cárdenas y Marrero (1994). En todos los casos el URV estuvo por debajo de los 30 dB nHL y la MD fue superior al 90 % en cada oído. La lateralidad de los pacientes fue establecida a partir de la mano preferente para escribir y comer. Siguiendo estos criterios fueron rechazados de la muestra 14 sujetos por lo tanto se analizaron los resultados de 113 participantes (56 hombres y 57 mujeres).

Material

El test se elaboró mediante una grabación digital de los números del uno al nueve con voz de mujer a un esfuerzo vocal normal. Cada número fue editado mediante *software* (Sound Forge V5.0, Sonic Foundry, 1997). Cada fichero de audio fue equiparado en tiempo añadiendo un silencio hasta alcanzar los 463 ms. Este valor correspondió con la muestra del número siete dada que esta era la más larga. Se crearon todas las combinaciones posibles de pares sin que se repitiese ningún número en ningún par. Tal como se representa en la figura 1 el par se estableció como el conjunto de dos ítems presentados de forma consecutiva en el mismo oído. Entre cada par se dejó un intervalo interestímulo de 500 ms. Los bloques de dos y tres pares se construyeron añadiendo pares de números a partir de los ya elaborados previamente.

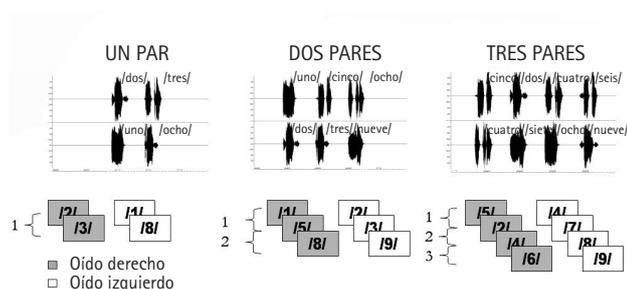


Figura 1

Ejemplo de composición de las escalas del TDD. En la parte superior se observan los oscilogramas de los ficheros de audio de un bloque compuesto por un solo par. En la parte inferior se muestran los dígitos presentados de forma dicótica. En el centro de la gráfica se representa un ejemplo de un bloque de dos pares y a la izquierda un ejemplo de tres pares.

Dentro de un mismo bloque no se repitió nunca el mismo número. La posición de los pares dentro de cada bloque fue aleatoria de forma que cada par apareció en primera, segunda y tercera posición el mismo número de veces a lo largo de toda la escala. Finalmente se crearon tres grupos de nueve bloques cada uno de uno, dos y tres pares. La escala definitiva se construyó a partir de la combinación aleatoria de estos nueve bloques dando origen a 27 bloques en total. Entre cada bloque se dejaron 5 s de silencio. Se creó una escala adicional de 10 bloques para familiarizar al participante con el procedimiento. En el anexo I se puede observar una plantilla de vaciado de datos con las puntuaciones obtenidas por un participante del presente estudio. La plantilla presenta la distribución final de los 27 bloques con los ítems numéricos asignados a cada par de forma aleatoria. Las escalas de entrenamiento y pruebas junto a un tono de calibración de 1 kHz a 60 dB SPL se grabaron en un CD (Samsung Grabador DVD±RW 18x modelo Lightscribe Writemaster SH-S182M).

Procedimiento

A todos los participantes se les llevó a cabo una exploración otoscópica y una imitación acústica previa al pase del TDD en orden a descartar patologías del oído medio y externo. En todos los sujetos se estableció la sensibilidad auditiva mediante audiometría tonal liminar y pruebas verbales. Las escalas del TDD fueron presentadas a través de un reproductor de CD (Sony modelo D-NE240) y amplificadas a través de un audiómetro (Grason-Satdler modelo 16) con un auricular supraaural TDH-39. La lista de ED se administró a una intensidad de 65 dB nHL. Una vez comprobado que el participante comprendía la prueba se pasaron los 27 bloques de pares de números dicóticos. A los participantes se les pidió recordar los números presentados a ambos oídos en cualquier orden.

Análisis de los datos

Los resultados fueron analizados estudiando el número de posición de presentación de cada número dentro del par. Se obtuvo la medida para cada sujeto de las puntuaciones para las condiciones en función del número de pares. Los resultados se expresaron en porcentajes de aciertos. Se analiza-

ron los efectos del oído de presentación, la edad del participante y la dificultad del ítem en un diseño 2 x 5 x 3 de medidas repetidas. Se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) para las comparaciones entre factores. Para los análisis *a posteriori* se utilizó la prueba DHS de Tukey. El nivel de significación estadística se estableció en 0,005. La asimetría hemisférica funcional se determinó mediante la siguiente ecuación (Marshall, Caplan y Colmes, 1975):

$$IL = [(OD-OI)/(OD+OI)]*100$$

IL = Índice de lateralidad

OD = Puntuación oído derecho

OI = Puntuación oído izquierdo

El efecto del envejecimiento se estudio mediante análisis de regresión. El análisis de datos se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS (1987).

Resultados

En la tabla 1 se observa la media y desviación típica de los porcentajes de aciertos en el reconocimiento de los pares de números presentados de forma dicótica. En la figura 2 se presentan los estadísticos descriptivos a través de una gráfica de cajas y bigotes de los datos mostrados en la tabla 1. En general se obtienen valores superiores en las medias de puntuación de aciertos en el reconocimiento de números por el oído derecho frente a los presentados por el oído izquierdo así como desviaciones típicas similares en ambos oídos para todos los grupos exceptuando los mayores de 60 años en los que la dispersión de los datos fue mayor.

El análisis de la varianza mostró efectos principales significativos de todas las variables independientes analizadas. Se hallaron diferencias significativas en función del oído de presentación de los estímulos ($F[1,29]=57,212$; $p < 0,0001$), el grupo de edad ($F[4,29]=18,201$; $p < 0,0001$) y el grado de dificultad del ítem ($F[2,29]=93,573$; $p < 0,0001$).

El análisis *a posteriori* DHS de Tukey mostró diferencias significativas entre los grupos de 6 a 12 años y el de 13 a 17 años ($p < 0,0001$), el grupo de 13 a 17 años era significativamente diferente al resto de grupos ($p < 0,0001$), los grupos de 18 a 34 años y de 35 a 59 años se diferenciaron significativamente con respecto a los grupos de 6 a 12 años ($p < 0,0001$) y

Tabla 1

Medias y desviaciones típicas entre paréntesis de los porcentajes de acierto por oído para los tres bloques de pares de ítems para los cinco grupos de edad estudiados.

	Oído derecho		Oído izquierdo	
	X	± SD	X	± SD
De 6 – 12 años (n = 23)				
Un par	89,9	(10,6)	69,0	(18,0)
Dos pares	77,2	(12,1)	58,2	(19,8)
Tres pares	75,6	(11,3)	50,3	(17,4)
De 13 – 17 años (n = 20)				
Un par	94,1	(8,6)	89,5	(7,3)
Dos pares	87,0	(14,1)	81,0	(17,3)
Tres pares	79,6	(18,0)	66,8	(21,3)
De 18 – 34 años (n = 22)				
Un par	91,2	(9,4)	84,9	(12,5)
Dos pares	75,1	(14,3)	70,1	(17,4)
Tres pares	65,6	(16,6)	56,5	(14,0)
De 35 – 59 años (n = 25)				
Un par	86,4	(14,6)	86,6	(9,6)
Dos pares	73,7	(15,6)	70,8	(19,4)
Tres pares	62,9	(18,4)	55,1	(17,9)
> 60 años (n = 23)				
Un par	79,0	(24,8)	70,6	(24,3)
Dos pares	68,9	(22,3)	63,9	(15,2)
Tres pares	61,1	(20,6)	42,9	(17,8)

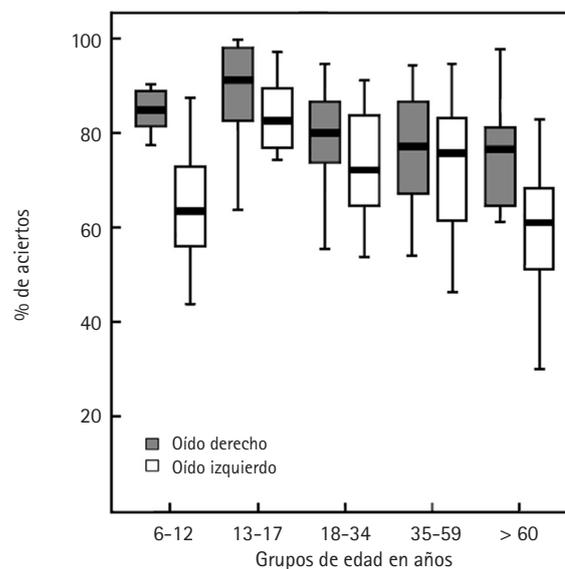


Figura 2

Gráficos de las puntuaciones de aciertos por oído y por grupo de edad. Las cajas representan las puntuaciones del 50 % de los sujetos. La línea horizontal representa la media del porcentaje de aciertos.

del grupo de mayores de 60 años ($p < 0,002$). Estos contrastes mostraron diferencias significativas entre el grupo de mayor edad y los grupos de 13 a 17 años ($p < 0,0001$) y de 18 a 34 años ($p < 0,0001$).

La ANOVA llevada a cabo sobre los datos mostró una interacción significativa entre el número de pares presentado en cada bloque y el oído de presentación ($F[4,29]=5,791$; $p < 0,0001$). Al aumentar la dificultad de la tarea, las puntuaciones en ambos oídos disminuyeron. Sin embargo, estas disminuciones no fueron iguales en ambos oídos. En función del número de pares presentados, el porcentaje de aciertos del oído izquierdo fue significativamente menor que los aciertos registrados por el oído derecho. La figura 3 muestra este efecto de interacción entre ambas variables. Observamos a la izquierda de la gráfica como la VOD es mayor para los bloques de un par que para los de dos y tres pares. En ambos oídos se constatan mejores puntuaciones para los bloques con menor número de pares en todos los grupos de sujetos estudiados.

El análisis de la varianza mostró una interacción significativa entre el oído en el que se presentaron los ítems y el grupo de edad al que pertenecen los sujetos ($F[2,29]=3,162$; $p < 0,043$). Se observa como las diferencias entre las puntuaciones obtenidas por el oído derecho fueron menores que las obtenidas por el oído izquierdo para todos los grupos de edad estudiados (fig. 3). La VOD se presenta de forma más acentuada en el grupo de mayores de 60 años y en el de menores de 12 años de edad.

En la figura 4 observamos los resultados del IL para los datos analizados en el presente estudio. El

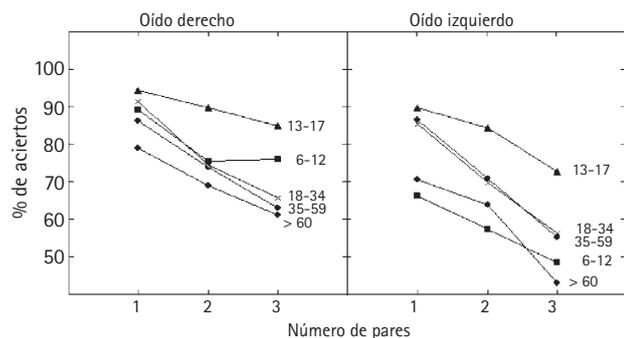


Figura 3

Porcentajes de acierto de los cinco grupos de edad en función del número de pares en cada bloque de presentación de los dígitos dicóticos. En el primer cuadro se observan las puntuaciones del oído derecho y en el segundo las del oído izquierdo.

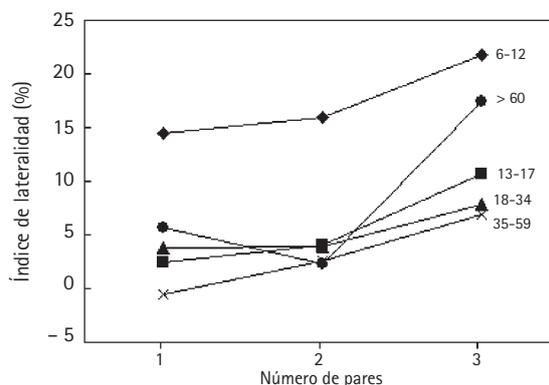


Figura 4

Índices de lateralidad (IL) obtenidos para los cinco grupos de edad participantes en este estudio en función del par.

ANOVA muestra un efecto principal significativo para el número de pares en cada bloque de ítems ($F[2,14]=4,940$; $p < 0,008$) y para la variable independiente grupo de edad ($F[4,14]=5,093$; $p < 0,001$). El análisis a posteriori DHS de Tukey mostró diferencias significativas entre los bloques de tres pares y los bloques de dos ($p < 0,038$) y un par ($p < 0,18$) respectivamente. La VOD fue significativamente mayor para los ítems de tres pares que para los bloques de uno y de dos. El análisis a posteriori del efecto principal de la variable grupo con el mismo contraste estadístico mostró diferencias significativas entre el grupo de menores de 12 años de edad respecto al grupo de 13 a 17 años ($p < 0,16$), de 18 a 34 años ($p < 0,004$) y de 35 a 59 años ($p < 0,001$). No se hallaron diferencias significativas entre el grupo de menores de 12 años y el grupo de mayores de 60 años.

En orden a determinar la interacción entre oído y grupo de edad se llevó a cabo un análisis de regresión. La distribución de los datos se ajustó a una función curvilínea que resultó ser significativa ($y = 0,32x^2 - 0,509x + 71,75$; $p < 0,0001$) para todo el rango de edad estudiado. En la figura 5 observamos la representación gráfica de la estimación en función del número de pares y de las puntuaciones de aciertos obtenidas por oído. Se observa una VOD en todo el rango de edad estudiado. Como en los análisis anteriores el mayor valor del VOD se observa para el bloque de tres pares.

Con el objetivo de determinar los límites de la normalidad en el porcentaje de aciertos se estable-

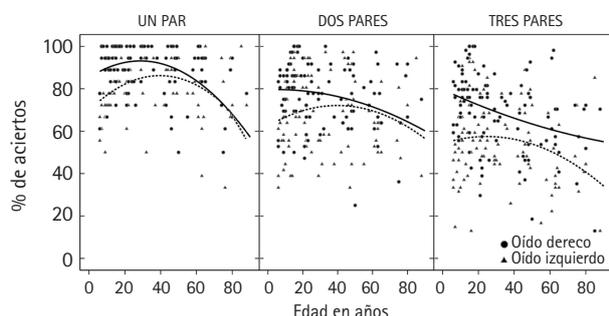


Figura 5

Efecto de la edad sobre los porcentajes de aciertos. En el primer cuadro se representan las puntuaciones para los bloques de un solo par en función del oído. En el cuadro central y a la derecha se representan las puntuaciones para los bloques de dos y tres pares. En los tres cuadros se muestra el efecto de la edad a través de una curva continua para el oído derecho y discontinua para el izquierdo.

cieron los intervalos de confianza para ambos oídos en función del número de pares y del grupo de edad. En la figura 6 observamos la media del porcentaje de aciertos para los tres bloques de pares. Los extremos de las barras representan el intervalo de confianza del 99,7 calculado como la media del porcentaje de reconocimiento ± 3 desviaciones típicas. El punto de corte para determinar la normalidad se estableció por debajo del 99,7 del intervalo de confianza para los tres bloques de pares para los cinco grupos de edad. En base a esta norma se categorizó la muestra de participantes. 104 de los 113 sujetos (92 %) estaban en la categoría de normales. De los sujetos que quedaron fuera de la normalidad, dos fueron del grupo de 15 a 34 años, tres del de mayores de 60 años y cuatro del grupo de menores de 12 años.

Discusión

El estudio del PA(C) y sus trastornos se lleva a cabo mediante el uso de tests agrupados en baterías de pruebas entre los que se incluyen los tests de ED. Estas pruebas son procedimientos de evaluación conductual no invasiva que permiten el examen de los mecanismos centrales de integración binaural.

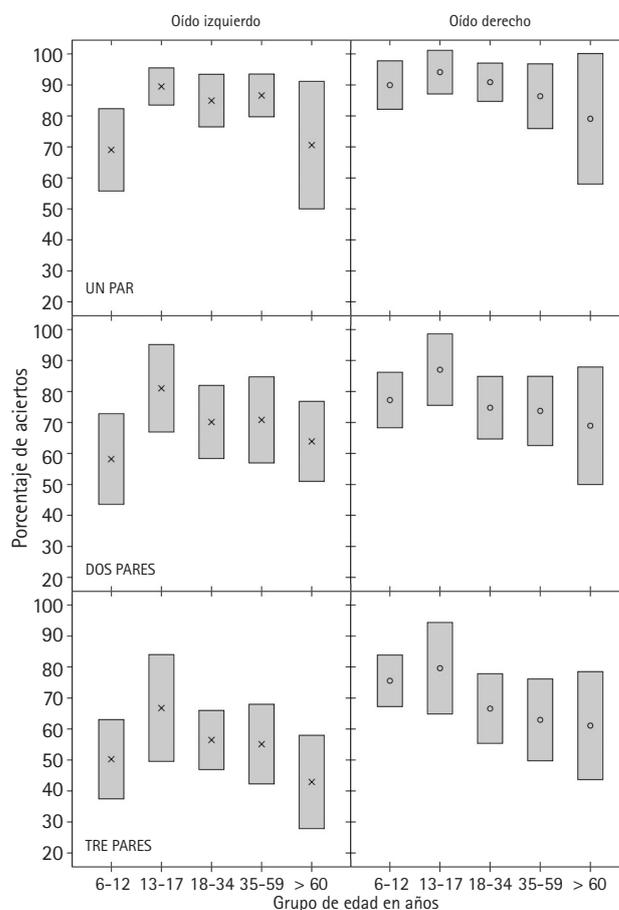


Figura 6

Media del porcentaje de aciertos para los bloques de uno, dos y tres pares de dígitos para el oído derecho e izquierdo en función del grupo de edad. Los extremos de las barras representan el intervalo de confianza del 99,7 %. En este estudio se consideró una puntuación normal si esta se encuentra a partir del límite inferior de las barras hasta una puntuación del 100%.

En el presente artículo se estudió el TDD en una población de participantes normooyentes en orden a obtener datos normativos que permitan su uso como prueba en el diagnóstico de los TPA(C). Se ha estudiado el porcentaje de aciertos en función del oído de presentación, la dificultad de la prueba y la edad.

Los resultados obtenidos reproducen estudios previos (Lake y Byrden, 1976; Dirks, 1964; McKeever, Nolan, Diehi y Seitz, 1984) en los que sistemáticamente se encontró una VOD. Nuestros resultados

alcanzaron un 73 % de ítems correctos por el oído derecho y un 64 % por el oído izquierdo. Strouse y Wilson (1999a) en investigaciones con el TDD obtiene mayor número de aciertos por el oído derecho e izquierdo de 94 % y 86 % respectivamente. La diferencia relativa de actuación entre ambos oídos en estos estudios fue del 8 %. En el presente análisis la diferencia fue del 9 %. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por otras investigaciones (Neijenhuis y cols., 2002; Wilson y Jaffe, 1996). En el presente estudio las diferencias entre ambos oídos son relativamente pequeñas aunque para las puntuaciones directas de ambos oídos son superiores al 20 %. Estas diferencias se deben a la inclusión de participantes desde los 6 años de edad en contraste con estos estudios previos en los que no se incluyeron sujetos en edad infantil.

Algunos de los tests empleados en la evaluación de los TPA(C) han sido desarrollados originariamente para el diagnóstico de patología neurológica. Este es el caso del test de números dicóticos (Musiek, 1983) o las pruebas de patrones tonales (Pinheiro y Ptacek, 1971) y temporales (Musiek, Baran y Pinheiro, 1990). Sin embargo, la aplicación de estas pruebas en pacientes audiológicos o en contextos educativos resulta de difícil interpretación toda vez que los resultados obtenidos suelen estar dentro de la normalidad. En este estudio se obtuvieron datos normativos del TDD en orden a establecer un criterio estandarizado en la evaluación de las competencias de integración binaural que facilite el diagnóstico de un TPA(C). Para alcanzar este objetivo las demandas sobre el procesamiento de la ED debe permitir obtener una VOD de una magnitud cuantificable. En orden a incrementar la dificultad del test, Wilson y Jaffe (1996) propusieron aumentar el número de pares y aleatorizar la presentación de los ítems de forma que el sujeto no pueda anticipar el número de dígitos a identificar por cada oído. En estudios anteriores en los que se ha empleado un solo par (Musiek, 1983) el nivel de aciertos en población normooyente o con patología de origen coclear fue igual o superior al 90 % y las diferencias entre ambos oídos no fueron superiores al 2 %. En el presente estudio se replican estos resultados para la condición de un solo par. En la presentación de ítems de dos pares, los sujetos obtienen una media del 72 % de aciertos y una diferencia entre ambos oídos del 8 %. En la condición de tres pares los sujetos aciertan una media del 56 % alcanzando una diferencia entre ambos oídos del 15 %.

El incremento en la dificultad del test conllevó a un aumento en las diferencias entre ambos oídos. Este efecto se puede explicar por una mayor demanda sobre el procesamiento dicótico así como en los recursos atencionales y de memoria de los participantes. El mayor IL se obtuvo en los bloques de tres pares y para los grupos infantil y de más de 60 años de edad. El TDD analizado en este estudio permite obtener puntuaciones en un rango de respuestas amplio así como diferencias entre ambos oídos con magnitud suficiente. Este atributo del test puede ser relevante desde el punto de vista clínico.

Los datos publicados por varios autores (Strouse y cols., 2000; Wilson y Jaffe, 1996; Neijenhuis y cols., 2002) indican que el envejecimiento al igual que el aumento de la dificultad del test conlleva un incremento de las asimetrías funcionales y a un descenso en la capacidad de ejecución. Strouse y cols. (2000) describe esta relación mediante una regresión lineal con una pendiente del - 0,15 % de aciertos/año para ambos oídos. Según estos estudios estas diferencias se minimizan en los sujetos jóvenes mientras que en la edad adulta las diferencias relativas entre ambos oídos aumentan. La presente investigación ha incluido sujetos en edad infantil y adolescentes en orden a estudiar el impacto de la edad sobre los porcentajes de aciertos. El IL obtenido por los participantes de 6 a 11 años fue del 23 %; 16 % en el grupo de mayores de 60 años y entre el 6 % y 9 % para los grupos de adolescentes y adultos restantes. Los resultados demuestran que en la madurez las asimetrías funcionales entre ambos hemisferios parecen minimizarse, mientras que en la vejez y en la infancia aumentan. La presente investigación es consistente con describir la relación observada entre edad y porcentaje de aciertos mediante una función curvilínea. Estos resultados siguen el mismo patrón de otras funciones cognitivas en los que el efecto de maduración se manifiesta a edades más tempranas alcanzado su madurez en la adolescencia y volviendo a declinar en las edades más tardías de la vida (Barajas, 1991; Puyuelo y Bruna, 2006; Zenker y Barajas, 1999).

Los datos nos muestran como la VOD observada en los diferentes grupos y condiciones de los pares podría ser mejor definida como una desventaja del oído izquierdo. El presente estudio que utiliza una muestra amplia de edades revela con mayor claridad este efecto. A lo largo de la vida las puntuaciones en el oído derecho permanecen más o menos constantes mientras que las obtenidas por el oído izquierdo son más susceptibles a

ser modificadas tanto por el efecto de la edad como por las manipulaciones experimentales. Este declive progresivo en las puntuaciones del oído izquierdo está de acuerdo con los datos obtenidos por otros autores en los que no necesariamente se han empleado números como ítems (Jonson, Cole, Bowers, Folies, Patrick y Woliver, 1979; Jerger y cols., 1990, Wilson y Jaffe, 1996). Goldstein y Shelly (1981) establecen que de forma general este declive se da en mayor medida para las funciones del hemisferio derecho. El envejecimiento afecta a la capacidad de transferencia interhemisférica lo cual podría sustanciar estas observaciones (Jerger, Alford, Lew, Rivera y Chmiel, 1995).

Los modelos propuestos por Doreen Kimura (1961a) y Marcel Kinsburne (1970), llamados estructural y de atención selectiva permiten interpretar la VOD como resultado de factores fisiológicos en términos de vías auditivas aferentes o en procesos dinámicos cognitivos haciendo referencia a procesos de activación-atención. Ambos modelos son difíciles de diferenciar en términos de las predicciones que se derivan de ellos. En el presente estudio, la mayor demanda en el procesamiento reflejada por el aumento en la dificultad del test pone de manifiesto una mayor VOD lo cual podría apoyar indirectamente las hipótesis atencionales. Sin embargo, la magnitud de esta VOD está en función de la edad, llegando a invertirse en algunos participantes del grupo de menor edad y del grupo de mayores de 60 años. Estas observaciones pueden implicar variables estructurales que se pondrían de manifiesto en distintas etapas de la vida. Los datos del presente estudio pueden interpretarse desde la interacción entre factores estructurales y las asimetrías lingüísticas y atencionales que finalmente favorecen al oído derecho. Estas observaciones apoyarían los modelos interactivos propuestos por Hugdahl (1988).

Conclusiones

Los datos obtenidos en este estudio mediante la presentación aleatoria de dígitos dicóticos en bloques de ítems de uno, dos y tres pares pueden resumirse en las siguientes conclusiones:

1. La capacidad para reconocer y acertar los dígitos presentados de forma dicótica son más bajas por el oído izquierdo que por el oído derecho.
2. Las competencias de integración binaural se desarrollan hasta alcanzar aproximadamente los 14 años de edad y se manifiestan de forma óptima en los sujetos que han alcanzado la madurez. A

partir de los 60 años el efecto del envejecimiento implica un deterioro en este mecanismo.

3. La capacidad de acierto decrece sistemáticamente al incrementar la complejidad de la tarea. Las mejores puntuaciones se obtienen en los bloques de ítems de un solo par, decrece a partir de los ítems de dos pares. Este descenso fue más acusado en el material presentado por el oído izquierdo y en los participantes de mayor edad.

Agradecimientos

A la colaboración de D. Juan Carlos Calvo, director del Programa Infantil Phonak por su asistencia en la recogida de datos de esta investigación.

Bibliografía

- AEDA Asociación Española de Audiología. Normalización de las pruebas audiológicas (I): La audiometría tonal liminar, [online]. Disponible en: <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/1/040101.pdf>
- Alden, J. D., Harrison, D.W., Zinder, K. A. y Everhart, E. (1997). Age differences in intention to left and right hemispaces using a dichotic listening paradigm. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*, 10(4), 239-242.
- ASHA American Speech-Language-Hearing Association. Working Group on Auditory Processing Disorders. (2005). (Central) Auditory Processing Disorders. [online]. Disponible en: <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>
- Barajas, J. J. (1991). The effects of age on human P3 latency. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 476, 157-160.
- Barajas, J. J. y Zenker F. (2003). Alteraciones de las funciones auditivas centrales. En: Teresa Rivera Rodríguez (Eds.). *Audiología. Técnicas de exploración. Hipoacusias neurosensoriales* (pp. 125-138). Barcelona: Medicina STM Editores, S.L.
- Barajas, J. J., Suárez M., Fernández R. y Zenker F. (2005). The effect of cochlear hearing loss in the dichotic digits test. *Suecia: VII European Federation of Audiology Societies Congress. Gotenburgo*.
- Barroso, J. (1994). Especialización hemisférica. En: Carme Junqué y José Barroso (Eds.). *Neuropsicología*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Beaton, A., Hugdahl, K., y Ray, P. (2000). Lateral asymmetries in aging: A review and some data. En M. Mandal y G. Tiwari (Eds.), *Side-bias: A neuropsychological perspective*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Bellis T. J. (1996). *Assessment & Management of Central Auditory Processing Disorders in the Educational Setting: From Science to Practice*. San Diego, London: Singular Publishing Group, Inc.

- Broadbent, D. E. (1952). Failures of attention in selective listening. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 428-433.
- Byrden, M.P. (1963). Ear preference in auditory perception. *Journal of Experimental Psychology*, 65, 103-105.
- Cárdenas M. R. y Marrero, V. (1994). *Cuaderno de Logoaudio-metría. Cuadernos de la Universidad Nacional de Educación a Distancia*. Simancas Ediciones.
- Chermak, G. D. Y Musiek, F. (1999). *Central Auditory Processing Disorders: News perspectives*. San Diego: Singular Publishing Group.
- Dirks, D. D. (1964). Perception of dichotic and monaural verbal material and cerebral dominance for speech. *Acta otolaryngologica*, 58, 73-80.
- Gadea, M.(2002). *Efectos de la atención sostenida y alterante en la lateralización del lenguaje medida a través de escucha Dicótica*. Tesis doctoral. Departamento de psicobiología y psicología social. Universitat de Valencia.
- Goldstein, G. y Shelly, C. (1981). Does the right hemisphere age more rapidly than the left?. *Journal of clinical neuropsychology*, 3, 67-78.
- Griffiths, T. D. (2002). Central auditory processing disorders. *Current opinion in neurology*, 15, 31-33.
- Hugdahl, K.(1988). *Handbook of Dichotic Listening: Theory, Methods and Research*. New Cork: John Wiley and Sons.
- Humes, L. E., Coughlin, M. y Talley, L. (1996). Evaluation of the use of a new compact disc for auditory perceptual assessment in the elderly. *Journal of the American Academy of Audiology*, 7(6),419-27.
- Jerger, J., Stach, B., Jonson, K., Loiselle, L. y Jerger, S. (1990). Patterns of abnormality in dichotic listening. En: Y., Jensen (Eds.), *Presbycusis and Other Age Related Aspects* (pp. 143-150). Copenhagen: Stougaard Jensen.
- Jerger, J., Chmiel, R., Allen, J. y Willson A. (1994). Effects of age and gender on dichotic sentence identification. *Ear and hearing*, 15, 274-286.
- Jerger, J., Alford, B., Lew, H., Rivera, V. y Chmiel, R. (1995). Dichotic listening event-related potentials, and inter-hemispheric transfer in the elderly. *Ear and hearing*, 16, 482-498.
- Jerger, J. y Musiek, F. (2000). Report of the Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11, 467-474.
- Keith, R. W. (2000). Diagnosing central auditory processing disorders in children. En: R.J. Roeser, M. Valente y H. Hosford-Dunn (Eds.), *Audiology: Diagnosis* (pp. 337-353). New York: Thieme Medical Publishers.
- Kimura, D. (1961a). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-171.
- Kimura, D. (1961b). Some effects of temporal lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156-165.
- Kimura, D. (1963). Speech lateralization in young children as determined by an auditory test. *Journal of Comparative and Psychological Psychology*, 56, 899-902.
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, 33, 193-201.
- Lake, D.A. y Byrden, M.P. (1976). Handedness and sex differences in hemispheric asymmetry. *Brain and language*, 3, 266-282.
- Marshall, J. C., Caplan, D. y Holmes, J.M. (1975). The measure of laterality. *Neuropsychologia*, 13, 315-322.
- McKeever, W. F., Nolan, D. R., Diehi, J. A. y Seitz, K. S. (1984). Handedness and language laterality: discrimination of handedness groups on the dichotic consonant-vowel task. *Cortex*, 20, 509-523.
- Musiek, F. (1983). Assessment of central auditory dysfunction: The dichotic digit test revisited. *Ear and Hearing*, 4, 79-83.
- Musiek, F. E., Gollegly, K. M. y Baran, J. A. (1984). Myelination of the corpus callosum and auditory processing in children: theoretical and clinical correlates. *Seminars in Hearing*, 5, 231-241.
- 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.
- Musiek, F. E., Gollegly, K. M., Kibbe, K. S. y Verkest-Lenz, S. B. (1991). Proposed screening test for central auditory disorders: follow-up on the dichotic digits test. *The American Journal of Otolaryngology*, 12,109-113.
- Neijenhuis, K., Snik, A., Priester, G., van Kordenoordt, S. y van den Broek, P. (2002). Age effects and normative data on a Dutch test battery for auditory processing disorders. *International Journal of Audiology*, 41, 334-346.
- Noffsinger, D., Martinez, C. D. y Wilson, R. H. (1994). Dichotic listening to speech: background and normative data for digits, sentences, and nonsense syllables. *Journal of the American Academy of Audiology*, 5, 248-254.
- Obrzut, J. E., Boliek, C. A. y Obrzut, A. (1986). The effect of stimulus type and directed attention on dichotic listening with children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 41(1),198-209.
- Pinheiro, M., Ptacek, P. (1971). Reversals in the perception of noise and tone patterns. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 49,1778-1782.
- Puyuelo, M. y Bruna, O. (2006). Envejecimiento y lenguaje. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 26(4), 171-173.
- Speacks, C., Niccum, N. y van Tasell, D. (1985). Effects of Stimulus Material on the Dichotic Listening Performance of Patients with sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28, 16-25.
- SPSS (1987-1997). Software package for the social sciences (SPSS) version 8.0. Chicago, IL: SPSS Inc.
- Strouse, A. L. y Hall, J. W. (1995). Test-retest reliability of a dichotic digits test for assessing central auditory function in Alzheimer's disease. *Audiology*, 34(2), 85-90.
- Strouse, A. y Wilson, R. H. (1999a). Recognition of one-, two-, and three-pair dichotic digits under free and directed recall. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 557-571.
- Strouse, A. y Wilson, R. H. (1999b). Stimulus length uncertainty with dichotic digit recognition. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 219-229.
- Strouse, A., Wilson, R. H. y Brush, N. (2000). Effect of order bias on the recognition of dichotic digits in young and elderly listener. *Audiology*, 39, 93-101.
- Strouse, A. C. y Wilson, R. H. (2001). Lexical effects on dichotic word recognition in young and elderly listeners. *Journal of the American Academy of Audiology*, 12, 86-100.

- Studdert-Kenedy, M. y Shankweiler, D. (1970). Hemispheric specialization for speech perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 48, 579-594.
- Wilson, R. H. y Jaffe, M. S. (1996). Interaction of age, ear, and stimulus complexity on dichotic digit recognition. *Journal of the American Academy of Audiology*, 7, 358-364.
- Zenker, F. y Barajas, J. J. Las Funciones Auditivas Centrales, [online]. Disponible en: <http://www.auditio.com/revista/pdf/vol2/2/020203.pdf>
- Zenker, F. y Barajas, J. J. (1999). Auditory P300 development from active, passive and single-tone paradigms in well-characterized groups of children. *International journal of psychophysiology*, 33, 99-111.
- Zenker, F., Santos, V., Suárez, M., Fernández, R. y Barajas, J.J. (2005). The effect of randomly interleaved pairs in dichotic digit recognition. Lyon, Francia: *XII International Symposium on Audiological Medicine*.

Recibido: 16/02/07
Modificado: 08/05/07
Aceptado: 15/05/07

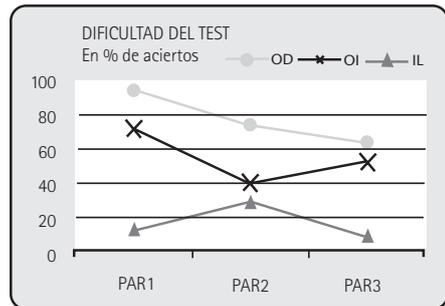
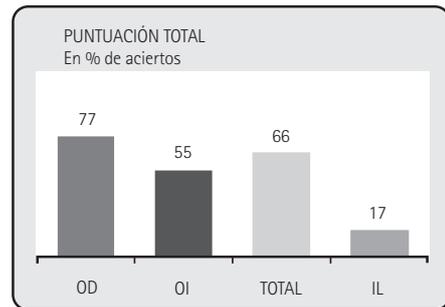
TEST DE DÍGITOS DICÓTICOS

Test de escucha dicótica-Hoja de resultados

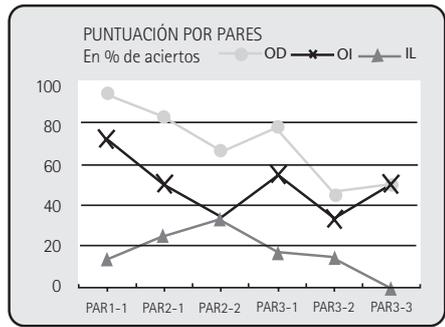
NOMBRE: _____ APELLIDOS: _____ EDAD: _____

LATERALIDAD: _____ SEXO: _____ PACIENTE: _____ FECHA DE EXAMEN: _____

PUNTUACIÓN DIRECTA TOTAL										
Par-1	3	4	6	7	9	13	17	21	24	Porcentaje
Derecho	2	2	2	2	1	2	2	2	2	94,44 %
Izquierdo	1	2	1	1	2	2	1	1	2	72,22 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par-2	1	11	14	15	18	20	23	25	26	Porcentaje
Derecho	3	3	3	2	3	2	2	0	2	74,07 %
Izquierdo	1	1	2	1	3	1	1	0	1	40,74 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par-3	2	5	8	10	12	16	19	22	27	Porcentaje
Derecho	3	3	3	1	3	4	2	2	2	63,89 %
Izquierdo	3	3	3	1	3	2	2	1	1	52,78 %
Índice de lateralidad										
Total										
%										
TOTAL ACIERTOS OÍDO DERECHO										
TOTAL ACIERTOS OÍDO IZQUIERDO										
TOTAL ACIERTOS BINAURAL										
Índice de lateralidad Total										



PUNTUACIÓN POR PARES										
Par-1										
	3	4	6	7	9	13	17	21	24	Porcentaje
Derecho	2	2	2	2	1	2	2	2	2	94,44 %
Izquierdo	1	2	1	1	2	2	1	1	2	72,22 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par-2										
	1	11	14	15	18	20	23	25	26	Porcentaje
Derecho	2	2	2	1	2	2	2	0	2	83,33 %
Izquierdo	1	1	1	1	2	1	1	0	1	50,00 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par-3										
	2	5	8	10	12	16	19	22	27	Porcentaje
Derecho	2	2	2	1	2	2	1	1	1	77,78 %
Izquierdo	2	1	1	1	1	1	2	1	0	55,56 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par 2-1										
Derecho	2	2	2	1	2	2	2	0	2	83,33 %
Izquierdo	1	1	1	1	2	1	1	0	1	50,00 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par 2-2										
Derecho	2	2	2	1	2	1	1	0	1	66,67 %
Izquierdo	0	0	2	0	2	0	1	0	1	33,33 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par 3-1										
Derecho	2	2	2	1	2	2	1	1	1	77,78 %
Izquierdo	2	1	1	1	1	1	2	1	0	55,56 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par 3-2										
Derecho	2	1	1	0	2	2	0	0	0	44,44 %
Izquierdo	1	1	1	0	1	0	1	1	0	33,33 %
Índice de lateralidad										
Total										
Par 3-3										
Derecho	1	1	1	0	1	2	1	1	1	50,00 %
Izquierdo	1	2	2	0	2	1	0	0	1	50,00 %
Índice de lateralidad										
Total										



PUNTUACIÓN POR ÍTEM EN PORCENTAJES									
	1-1	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-4	Totales
Derecho	100	89	89	78	56	100	56	33	74,07 %
Izquierdo	100	44	56	44	22	78	33	33	53,09 %
Índice de lateralidad	0	33	23	27	43	13	25	0	18,23 %

