

# Precisión diagnóstica de una versión abreviada de las pruebas de patrones de frecuencia y patrones de duración para la evaluación del ordenamiento auditivo temporal

## Diagnostic accuracy of an abbreviated version of the frequency pattern and duration pattern tests for the evaluation of auditory temporal ordering

Anthony Marcotti F.<sup>1</sup>, Nicole Vargas F.<sup>2</sup>, Constanza Valenzuela S.<sup>2</sup>,  
Romina Ansaldi M.<sup>2</sup>, Christopher Biermann O.<sup>2</sup>

### Resumen

**Introducción:** Las pruebas de patrones de frecuencia y patrones de duración son consideradas los *gold standard* de evaluación del ordenamiento auditivo temporal. A pesar de su amplia difusión, la extensión y duración de estas pruebas dificultan su utilización dentro de baterías de evaluación del procesamiento auditivo. Sin embargo, dadas sus características estructurales, pareciera ser posible reducirlas sin perder su precisión diagnóstica. **Objetivo:** Determinar las propiedades diagnósticas de versiones abreviadas de las pruebas de patrones de frecuencia y patrones de duración. **Material y Método:** Se realizó un estudio transversal de diseño observacional analítico. Se evaluaron 166 oídos de 88 sujetos con edades entre 18 y 33 años, los cuales fueron clasificados con normalidad o alteración del ordenamiento auditivo temporal. Se utilizaron las pruebas originales de Auditec de 30 ítems por oído como referencia y los primeros 10 ítems de cada oído como versión abreviada. **Resultados:** La versión abreviada de la prueba de patrones de frecuencia obtuvo una sensibilidad de un 94,33%, una especificidad del 94,29% y un área bajo la curva ROC de 0,980. La versión abreviada de la prueba de patrones de duración obtuvo una sensibilidad de un 89,58%, especificidad del 71,88% y un área bajo la curva ROC de 0,916. Ambas versiones tuvieron un índice de concordancia adecuado. **Conclusiones:** Las versiones abreviadas de la prueba de patrones de frecuencia y patrones de duración cuentan con excelentes propiedades diagnósticas para la evaluación del ordenamiento auditivo temporal y pueden ser utilizadas de manera intercambiable con las versiones originales. **Palabras clave:** percepción auditiva, trastornos de la percepción auditiva, pruebas auditivas, sensibilidad, especificidad, curva ROC.

### Abstract

**Introduction:** The frequency and duration pattern tests are considered the gold standard for assessing auditory temporal ordering. Despite their wide dissemination, the length and duration of these tests make it difficult to use them within auditory processing assessment batteries. However, given their structural characteristics, reducing them without losing their diagnostic accuracy seems possible. **Aim:** Determine the diagnostic properties of abbreviated versions of the Frequency Patterns and Duration Patterns tests. **Material and Method:** A cross-sectional study with an analytical observational design was carried out. 166 ears of 88 subjects aged between 18 and 33 years were evaluated, classified as normal or altered in temporal auditory order. The original Auditec tests of 30 items per ear were used as a reference, and the first 10 items of each ear as an abbreviated version. **Results:** The abbreviated version of the frequency patterns test obtained a sensitivity of 94.33%, a specificity of 94.29%, and an area under the ROC curve of 0.980. The abbreviated version of the duration pattern test obtained a sensitivity of 89.58%, a specificity

<sup>1</sup>Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Odontología y Ciencias de la Rehabilitación, Universidad San Sebastián. Santiago, Chile.

<sup>2</sup>Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Salud y Ciencias Sociales, Universidad de las Américas. Santiago, Chile.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Recibido el 1 de mayo de 2022. Aceptado el 3 de noviembre de 2022.

Correspondencia:  
Anthony Marcotti F.  
Lota 2465, Providencia,  
Región Metropolitana, Chile.  
Facultad de Odontología y  
Ciencias de la Rehabilitación,  
Universidad San Sebastián.  
Santiago, Chile.  
E-mail: anthony.marcotti@  
uss.cl

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

of 71.88%, and an area under the ROC curve of 0.916. Both versions had an adequate concordance index. **Conclusion:** The abbreviated versions of the frequency patterns and duration patterns test have excellent diagnostic properties for assessing auditory temporal ordering and can be used interchangeably with the original versions.

**Keyword:** auditory perception, auditory perceptual disorders, hearing tests, sensitivity, specificity, ROC curve.

## Introducción

Los aspectos temporales de la audición son considerados como uno de los mecanismos más importantes del procesamiento auditivo, ya que constituirían la base para el funcionamiento de otros procesos auditivos centrales. Según la *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA), estos aspectos corresponden a: ordenamiento temporal, resolución temporal, integración temporal y enmascaramiento temporal<sup>1</sup>. Uno de los más estudiados ha sido el ordenamiento auditivo temporal, que se refiere al procesamiento de dos o más estímulos auditivos según su orden de aparición en el tiempo<sup>2</sup>. En la literatura, recibe frecuentemente el nombre de patronaje auditivo/ordenamiento temporal o APTO (*auditory pattern/temporal ordering*), nombre que surge luego de un análisis en el cual fue identificado como uno de los procesos auditivos medibles con pruebas psicoacústicas<sup>3-5</sup>. A pesar de las confusiones, el ordenamiento temporal al cual se refiere la ASHA y lo que algunos autores denominan APTO se refieren al mismo proceso y se proponen las mismas pruebas para su evaluación<sup>6</sup>.

El ordenamiento temporal es una habilidad que se sustenta en la integración de la información auditiva por parte de ambos hemisferios cerebrales a través de las fibras interhemisféricas<sup>7</sup>. En sujetos con dominancia hemisférica típica, el hemisferio derecho es el encargado del procesamiento del contorno acústico de las señales auditivas. Este procesamiento permite identificar las particularidades de las unidades de información que componen un patrón auditivo en términos de frecuencia, duración, intensidad, ritmo, entonación, entre otros. Cuando una tarea psicoacústica requiere que un sujeto verbalice el orden de aparición de estas unidades de acuerdo con una característica particular, esta información debe transferirse al hemisferio izquierdo para ser etiquetada

verbalmente y permitir al sujeto entregar una respuesta<sup>8</sup>.

En teoría, no deberían existir diferencias de rendimiento entre oídos para tareas de ordenamiento temporal debido a que ambos requieren de los mismos procesos y estructuras subyacentes. Sin embargo, existen antecedentes sobre una ventaja del oído izquierdo en este tipo de tareas<sup>9</sup>. Este efecto ha sido atribuido al predominio de las vías auditivas contralaterales por sobre las ipsilaterales y a la especialización del hemisferio derecho para el procesamiento de la información suprasegmental. De esta manera, el oído izquierdo tiene una vía directa y eficiente para el procesamiento del contorno acústico de las señales auditivas. Por su parte, el oído derecho, a pesar de acceder al mismo tipo de procesamiento, podría hacerlo a través de una vía ipsilateral menos eficiente y con menor representación cortical, o a través de una vía contralateral comparativamente más eficiente pero también más lenta al tener estaciones de relevo adicionales. Por este motivo, no solo es necesaria la evaluación de cada oído de manera independiente, sino que, además, es esperable que existan diferencias en función de algunos factores que afecten una determinada vía de procesamiento.

En la actualidad, existen dos pruebas clínicas para evaluar el ordenamiento auditivo temporal: la prueba de patrones de frecuencia (PPF) y la prueba de patrones de duración (PPD)<sup>10</sup>. La PPF está originalmente compuesta por 120 ítems en total, 60 para cada oído; sin embargo, debido a su extensión, se propuso la utilización de 30 ítems por oído<sup>11</sup>, requiriendo un tiempo de 12 a 15 minutos para su aplicación. La PPD está compuesta por 60 ítems, 30 para cada oído y tiene una duración similar a la PPF<sup>12</sup>. Si bien ambas pruebas son consideradas como el estándar de evaluación del ordenamiento auditivo temporal, se encuentran ampliamente descritas y son de fácil aplicación, su principal desventaja es que son

pruebas extensas para la evaluación clínica del procesamiento auditivo.

A pesar de las discrepancias en torno a la evaluación del procesamiento auditivo, la gran mayoría de las declaraciones de consenso internacional incorporan un enfoque psicoeducativo en sus lineamientos, entendiendo el procesamiento auditivo como un conjunto de habilidades auditivas discretas, es decir, habilidades independientes con posibilidad de ser medidas por separado<sup>13</sup>. Esta es la racionalización que sustenta, entre otras cosas, la utilización de baterías de evaluación conformadas por distintas pruebas. En consecuencia, una evaluación exhaustiva del procesamiento auditivo debe considerar al menos una prueba para cada una de las siguientes habilidades, además del ordenamiento auditivo temporal: discriminación auditiva, resolución auditiva temporal, separación/cierre monoaural, integración/separación binaural e interacción binaural<sup>3-6</sup>.

La utilización de seis pruebas distintas tiene requerimientos de tiempo difíciles de manejar en la práctica clínica y pueden resultar desgastantes para los pacientes. Debido a lo anterior, la *British Society of Audiology* explicitó, en una de sus publicaciones, la necesidad de contar con baterías de evaluación más breves<sup>14</sup>. Para esto, se visibilizan principalmente dos alternativas: reducir la cantidad de pruebas en la batería o utilizar pruebas de menor duración. En relación con la primera alternativa, la falta de consenso en relación con la cantidad de pruebas que deben conformar una batería de evaluación<sup>6</sup>, así como la necesidad de describir las dificultades específicas en las habilidades mencionadas anteriormente<sup>15</sup>, dificulta priorizar algunas pruebas por sobre otras. No obstante, estas mismas razones serían justificación suficiente para preferir la opción de desarrollar o adaptar pruebas que aumenten la eficiencia de la evaluación sin reducir la exhaustividad.

Tanto la PPF como la PPD serían excelentes alternativas para realizar propuestas de reducción de ítems. En primer lugar y, como ya se mencionó, la PPF ha sido objeto de reducciones con anterioridad, sin afectar sus propiedades diagnósticas<sup>11</sup>. En segundo lugar, una reducción de ítems permitiría seguir utilizando versiones de pruebas que ya cuentan con suficiente respaldo y aceptación por parte de los

clínicos. Finalmente, esta reducción permitiría mantener el mismo paradigma de evaluación del ordenamiento auditivo temporal adoptado por las distintas versiones de prueba y, al mismo tiempo, reduciría convenientemente los tiempos de evaluación.

## Objetivo

El objetivo del presente estudio fue determinar la sensibilidad y especificidad de versiones abreviadas de 10 ítems de las pruebas de patrones de frecuencia y patrones de duración.

## Material y Método

Se realizó un estudio transversal de diseño observacional analítico, aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad de Las Américas (N° 2019001). Todos los sujetos estudiados debieron firmar un consentimiento informado para participar. Para la elaboración del presente escrito se siguieron los lineamientos STARD 2015 para el reporte de elementos esenciales en estudios de precisión diagnóstica<sup>16</sup>.

## Participantes

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia a través de una invitación directa extendida a estudiantes de la Universidad de Las Américas y de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y a sus respectivos familiares. Se invitó a 98 sujetos a participar, de los cuales 93 contestaron positivamente para ser evaluados. Los criterios de inclusión fueron tener otoscopía normal, umbrales auditivos normales para el rango frecuencial de 250 a 8.000 Hz, porcentaje de reconocimiento verbal igual o superior a 88% a 30 dB SL, curvas timpanométricas tipo A y reflejos acústicos ipsi y contralaterales presentes en frecuencias 500, 1.000 y 2.000 Hz. Todos los sujetos declararon no tener conocimiento alguno de conceptos relacionados a la audiología ni contaron con experiencia o formación musical previa.

## Instrumentos y Procedimientos

Los procedimientos se llevaron a cabo en los Laboratorios de Audiología de la Escuela

de Fonoaudiología de la Universidad de Las Américas. Se utilizó un audiómetro AD629 de Interacoustics® controlado por computador mediante el módulo Diagnostic Suite 2.4 del software Otoacces™. Todos los estímulos fueron presentados en una cabina silente a través de auriculares TDH-39. Se utilizó un impedanciómetro AT235h de Interacoustics® para obtener los timpanogramas y los reflejos acústicos. Las pruebas de patrones fueron reproducidas en un notebook ASUS VivoBook S15 conectado al input CD del audiómetro a través de un cable 2 RCA a Mini Jack de 3,5 mm.

Se utilizaron como pruebas de referencia la PPF y PPD de la empresa norteamericana Auditec<sup>10</sup> en formato digital (mp3) con una calidad de 320 kbps. Ambas pruebas constituyen el estándar de evaluación clínica del ordenamiento auditivo temporal<sup>7</sup>. En ambas pruebas se utilizaron los 30 ítems para cada oído, cada uno de los cuales está compuesto por secuencias de 3 tonos. Las secuencias de la PPF contienen tonos de la misma duración (150 ms) pero de frecuencias de 1.430 o 880 Hz, los cuales debieron ser verbalizados en el mismo orden en que fueron presentados como “agudos” o “graves” respectivamente. Por su parte, las secuencias de la PPD contienen tonos de la misma frecuencia (1.000 Hz) pero de duraciones de 500 o 250 ms, los cuales deben ser verbalizados en el mismo orden en que fueron presentados como “largos” o “cortos” respectivamente. En ambas pruebas, cada ítem correcto equivale a un puntaje de 3,3%, siendo el puntaje máximo por oído de 100%.

Ambas pruebas fueron aplicadas a una intensidad de 50 dB HL sobre el promedio tonal puro y se aleatorizó tanto la prueba como el oído de inicio para evitar posibles efectos de aprendizaje. Antes de cada prueba, los sujetos tuvieron la oportunidad de completar los ítems de práctica incluidos en las pruebas originales para familiarizarse con la modalidad de respuesta<sup>10</sup>. La interpretación de las pruebas se realizó considerando los valores normativos nacionales para población adulta, los cuales sugieren un puntaje de corte de 56,7% para la PPF y de 76,7% para la PPD para ambos oídos<sup>17</sup>. Cada oído fue puntuado de manera independiente y se clasificó como normal o alterado según estos puntajes de corte.

Las versiones abreviadas de las pruebas la constituyeron los primeros 10 ítems aplicados en cada oído. En la aplicación de las pruebas de referencia, se contabilizaron las respuestas correctas para estos primeros ítems y se estableció el puntaje para las versiones abreviadas. Por esta razón, solo fue necesario aplicar las pruebas en una única ocasión. En las versiones abreviadas, cada ítem verbalizado de manera correcta tuvo un puntaje de 10% y un puntaje máximo de 100% por oído. Se decidió utilizar 10 ítems para homologar la duración de las versiones abreviadas a la propuesta alternativa de evaluación de ordenamiento temporal más acotada descrita en la literatura<sup>18</sup>.

### Análisis Estadístico

Los análisis fueron realizados con el software Stata v16.1. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para inspeccionar la distribución de los puntajes y la prueba Wilcoxon para comparar puntajes entre oídos en cada una de las pruebas. Posteriormente, se estimaron las frecuencias relativas y absolutas de los oídos con alteraciones de ordenamiento auditivo temporal según la versión completa de cada prueba. Se construyeron modelos de regresión logística considerando como variable dependiente la alteración de la habilidad de ordenamiento auditivo temporal según cada prueba y como variable independiente el puntaje obtenido en las versiones abreviadas. Además, se obtuvo el área bajo las curvas (AUC) *Receiver Operator Characteristic* (ROC) para cada modelo y se estimó la sensibilidad, especificidad y las razones de probabilidad positiva y negativa (LR+ & LR-) para los puntajes de corte de las versiones abreviadas. Se determinó el puntaje de corte óptimo a través del índice de Yourden (*J*)<sup>19</sup>. Finalmente, se compararon los puntajes de corte de las versiones de referencia y las versiones abreviadas a través del índice de concordancia kappa (*k*)<sup>20</sup>.

### Resultados

De los 93 sujetos que respondieron a la invitación, 2 quedaron excluidos por presentar pérdida auditiva en alguna de las frecuencias evaluadas y 3 por tener reflejos acústicos ausentes. La muestra quedó conformada por 88

sujetos, 26 hombres (29,55%) y 62 mujeres (70,45%). La edad promedio de la muestra fue de 22,5 (DE 3,2) años. No hubo diferencias de edad entre sexos ( $z = 1,581, p = 0,114$ ). Todos los puntajes tuvieron una distribución no normal (asimétrica negativa) corroborado a través de la prueba de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ). No se evidenciaron diferencias entre oídos para la PPF, tanto para su versión de referencia ( $z = 1,000, p = 0,319$ ) como para la versión abreviada ( $z = -0,472, p = 0,639$ ). Lo mismo ocurrió para la PPD, tanto en su versión de referencia ( $z = -1,176, p = 0,241$ ) como abreviada ( $z = -0,760, p = 0,448$ ). La estadística descriptiva de los puntajes puede observarse en la Tabla 1. Según las pruebas de referencia, de los 166 oídos evaluados, 35 (19,89%), fueron diagnosticados con una alteración del ordenamiento auditivo temporal a través de la

PPF y 32 (18,18%) a través de la PPD. Se puede observar el detalle en la Tabla 2.

Se construyeron modelos de regresión logística considerando el puntaje de ambos oídos, debido a que no se evidenciaron diferencias entre ellos. Para la versión abreviada de PPF se obtuvo un área bajo la curva de 0,980 (IC 95% 0,965 - 0,996). Se obtuvo un índice  $J = 0,886$  correspondiente a un puntaje de 60%, lo que indica que este sería el puntaje de corte óptimo para esta prueba alcanzando una sensibilidad de un 94,33% y una especificidad del 94,29%. Para la versión abreviada del PPD, se obtuvo un área bajo la curva de 0,916 (IC 95% 0,874 - 0,958). Se obtuvo un índice  $J = 0,704$ , el cual corresponde a un puntaje de 80%, alcanzando una sensibilidad del 89,58% y una especificidad del 71,88%. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 3.

**Tabla 1. Estadística descriptiva de los puntajes obtenidos (en porcentajes) para la versión de referencia y abreviada de la prueba de patrones de frecuencia y prueba de patrones de duración**

		Promedio (%)	DE (%)	Mediana (%)	RIQ (%)	Min (%)	Max (%)	Valor p
Prueba de Patrones de Frecuencia								
Referencia	Oído derecho	77,0	23,7	83,3	34,9	10	100	0,319
	Oído izquierdo	75,5	26,0	86,6	38,3	0	100	
Abreviada	Oído derecho	77,7	24,9	90,0	40,0	10	100	0,639
	Oído izquierdo	77,8	27,5	90,0	40,0	0	100	
Prueba de Patrones de Duración								
Referencia	Oído derecho	86,2	14,9	90,0	21,7	30	100	0,241
	Oído izquierdo	88,3	14,7	93,3	16,7	20	100	
Abreviada	Oído derecho	87,2	16,1	90,0	20,0	30	100	0,448
	Oído izquierdo	87,5	16,3	90,0	20,0	30	100	

DE: desviación estándar; RIQ: rango intercuartílico; Min: mínimo; Max: máximo.

**Tabla 2. Clasificación de oídos según los criterios de corte para las pruebas de referencia**

	Prueba de Patrones de Frecuencia		Prueba de Patrones de Duración	
	Normal	Alterado	Normal	Alterado
Oído derecho	72 (81,82%)	19 (21,59%)	70 (79,55%)	14 (15,91%)
Oído izquierdo	69 (78,41%)	16 (18,18%)	74 (84,09%)	18 (20,45%)
Total	141 (80,11%)	35 (19,89%)	144 (81,82%)	32 (18,18%)

Tabla 3. Puntajes de corte para la versión abreviada de la prueba de patrones de frecuencia y duración

Puntaje de corte	Sensibilidad (%)		Especificidad (%)		Correctamente Clasificados (%)		LR+		LR-	
	PPF	PPD	PPF	PPD	PPF	PPD	PPF	PPD	PPF	PPD
Mayor o igual a 10	100,00	100,00	2,86	0,00	84,94	81,82	10,294	10,000	0,0000	-
Mayor o igual a 20	100,00	100,00	11,43	0,00	86,75	81,82	11,290	10,000	0,0000	-
Mayor o igual a 30	100,00	100,00	25,71	0,00	89,16	81,82	13,462	10,000	0,0000	-
Mayor o igual a 40	100,00	100,00	42,86	6,25	90,96	82,95	17,500	10,667	0,0000	0,0000
Mayor o igual a 50	97,87	100,00	68,57	12,50	92,77	84,09	31,141	11,429	0,0310	0,0000
Mayor o igual a 60	94,33	98,61	94,29	21,88	93,98	84,66	165,071	12,622	0,0602	0,0635
Mayor o igual a 70	90,78	96,53	97,14	43,75	91,57	86,93	317,731	17,160	0,0949	0,0794
Mayor o igual a 80	78,72	89,58	100,00	71,88	81,93	86,36	-	31,852	0,2128	0,1449
Mayor o igual a 90	71,63	79,86	100,00	90,62	76,51	81,82	-	85,185	0,2837	0,2222

PPF: prueba de patrones de frecuencia; PPD: prueba de patrones de duración; LR+: razón de probabilidad positiva; LR-: razón de probabilidad negativa.

Finalmente, se utilizaron los puntajes de corte estimados con anterioridad para determinar la concordancia entre las versiones de referencia y las versiones abreviadas. Para la PPF, se obtuvo una concordancia de un 94,32% y un  $k = 0,832$  ( $p < 0,001$ ; IC 95% 0,732 - 0,932). Para la PPD se obtuvo una concordancia de un 86,36% y un  $k = 0,573$  ( $p < 0,001$ ; IC 95% 0,421 - 0,725).

## Discusión

Tanto la versión abreviada de la PPS como de la DPS obtuvieron puntajes de corte similares a sus respectivas pruebas de referencia. En el caso de la PPS, la versión abreviada obtuvo un puntaje de corte de 60%, mientras que el puntaje de corte para la versión de referencia es del 56,7%<sup>17</sup>. En el caso de la DPS, la versión abreviada obtuvo un puntaje de corte de 80%, mientras que el puntaje de corte para la versión de referencia es del 76,7%<sup>17</sup>.

Con esos puntajes, la versión abreviada de la PPF obtuvo un AUC = 0,980, mientras que la versión abreviada de la PPD obtuvo un AUC = 0,916, lo que indica que, considerando las pruebas originales como referencia, tienen una capacidad diagnóstica excelente<sup>24</sup>. Los indicadores de las curvas ROC demuestran que,

desde una mirada práctica, tanto las pruebas de referencia como las abreviadas pueden ser utilizadas de manera intercambiable.

Los índices de concordancia también apoyan lo anterior. Se evidenció que el puntaje de corte establecido para la versión abreviada de la PPF permite que ambas versiones concuerden en sus clasificaciones para el 94% de los sujetos ( $k = 0,832$ ). El índice de concordancia para la versión abreviada de la PPD fue más bajo ( $k = 0,573$ ), sin embargo, con el puntaje de corte establecido, se logra un acuerdo con la versión de referencia en la clasificación del 86% de los sujetos de la muestra. Al igual que las pruebas de referencia, las versiones abreviadas no evidenciaron diferencias significativas entre oídos. El índice de concordancia sugiere que, en caso de que ambos oídos obtengan rendimientos diferentes, las versiones abreviadas serían capaces de detectarlas en gran medida.

La presente propuesta redujo en dos tercios la cantidad de ítems de la PPF y PPD, permitiendo alcanzar tiempos de aplicación de aproximadamente 5 minutos para cada una. Esto proporciona mayor flexibilidad a la gestión de los tiempos de evaluación y facilita la utilización de otras pruebas en caso de ser necesario. Una reducción del tiempo de evaluación también permite reducir posibles

sesgos por fatiga, es decir, la inducción de respuestas incorrectas producto de la longitud de los instrumentos<sup>21</sup>. Las pruebas clásicas de ordenamiento temporal podrían ser especialmente susceptibles a este tipo de sesgos debido a su longitud, pero también debido a que comparten un porcentaje de varianza con algunos dominios cognitivos generales como, por ejemplo, la atención<sup>22</sup>. Como resultado, las versiones abreviadas tendrían la ventaja de ser menos susceptibles a influencias atencionales, entregando resultados con un mayor grado de confiabilidad y especificidad de constructo al centrar la evaluación principalmente en aspectos auditivos.

En la literatura brasileña, es posible identificar una propuesta previa de pruebas alternativas para la evaluación del ordenamiento temporal<sup>18</sup>. Esta propuesta consiste en versiones de 10 ítems de la PPF y de la PPD basados en el mismo paradigma de ordenamiento temporal que las pruebas de Auditec pero utilizando sonidos de flauta en vez de tonos puros, con estímulos que difieren en su duración y con ítems de 3 y 4 estímulos. A pesar del valor de la propuesta, estas pruebas tienen dos grandes desventajas. En primer lugar, no están disponibles comercialmente, lo que explica su poca difusión en los ámbitos clínicos y de investigación, además de la ausencia de valores normativos. En segundo lugar, las diferencias estructurales de la prueba no permiten realizar comparaciones directas con las pruebas *gold standard* de evaluación del ordenamiento temporal. De hecho, se ha evidenciado que los resultados de esta versión no son homologables con las pruebas de Auditec<sup>23</sup>.

Además de sus propiedades diagnósticas, el contar con versiones abreviadas de las pruebas originales, supone la superación de las desventajas evidenciadas por la propuesta brasileña previamente discutida. Por un lado, la posibilidad de utilizar las mismas pistas de audio de la prueba original, sin necesidad de adquirir nuevos instrumentos o incurrir en nuevos gastos, permite aprovechar la actual disponibilidad comercial de las pruebas y la amplia familiaridad y aceptación con la que cuentan por parte de los audiólogos. Por otro lado, el hecho de conservar la estructura general de las pruebas como, la cantidad de estímulos por ítem, la duración de los estímulos

y el paradigma de evaluación, permite realizar comparaciones directas entre pruebas para fines clínicos o de investigación sin necesidad de estandarizaciones o transformaciones estadísticas adicionales.

Finalmente, es necesario mencionar que se evidenciaron dos grandes limitaciones en el presente estudio. La primera, fue el acotado rango etario de los sujetos participantes. En población adulta, esto no supone una dificultad debido a que el rendimiento en estas pruebas se mantiene constante, al menos, entre los 18 y los 47 años<sup>25,26</sup>. En contraste, en población pediátrica, se han descrito mejoras en el rendimiento proporcionales a la edad<sup>27</sup>. También, en la población mayor de 50 años, existen disminuciones significativas en el rendimiento en comparación con sujetos más jóvenes<sup>28</sup>. Tanto el desarrollo evolutivo en el caso de los niños, como los cambios en el desempeño cognitivo asociados a la edad en el caso de las personas mayores, podrían tener algún tipo de interacción con la cantidad de ítems de la prueba (ej. por efecto aprendizaje o por mayor posibilidad de ensayo y error). Por este motivo, queda abierta la posibilidad de que la reducción de ítems pueda tener un impacto en la precisión diagnóstica de las versiones abreviadas. Se sugiere evaluar la presente propuesta en estas poblaciones para determinar su utilidad.

Una segunda gran limitación tiene que ver con el criterio de interpretación de las pruebas de referencia para establecer alteración. Al respecto, se utilizó el criterio estadístico sugerido en la literatura internacional con valores de referencia nacional<sup>7</sup>, sin embargo, no se evaluaron las quejas auditivas subjetivas de los participantes para complementar la evaluación. En otras palabras, si bien las pruebas de referencia, en su calidad de medición *gold standard* del ordenamiento auditivo temporal<sup>12</sup>, indican que efectivamente existe una alteración, no fue posible analizar en qué medida esto se traduce en una dificultad funcional autopercebida por parte de los sujetos. En la literatura, es ampliamente discutida la necesidad de contar con pruebas que tengan una mayor validez ecológica, es decir, una mayor capacidad de predecir el rendimiento funcional de una persona en su vida cotidiana<sup>29</sup>. En uno de los textos de referencia sobre

procesamiento auditivo, se hace un llamado a interpretar con cautela los resultados de las pruebas psicoacústicas complementándolas con cuestionarios y, en el caso de niños, con reportes de padres y profesores<sup>6</sup>. Se sugiere, en próximos estudios, complementar los criterios de interpretación de las pruebas con reportes subjetivos de dificultades auditivas.

## Conclusión

Las versiones abreviadas de la prueba de patrones de frecuencia y patrones de duración cuentan con una sensibilidad, especificidad y criterios de corte similares a la de sus versiones originales. La mantención de las principales características de las pruebas originales, así como del paradigma de evaluación, permite su uso intercambiable con sus respectivas versiones originales. Su uso proporciona ventajas en la gestión de los tiempos de evaluación y en la reducción de sesgos. A pesar de sus ventajas, se sugiere limitar su uso al rango etario aquí estudiado, ya que existe la posibilidad de que otros factores puedan interactuar con la reducción de ítems en desmedro de la precisión diagnóstica. Finalmente, se sugiere explorar los resultados de esta reducción de ítems en conjunto con reportes subjetivos de quejas auditivas relacionadas con el procesamiento auditivo para evaluar su validez ecológica.

## Bibliografía

- American Speech-Language-Hearing Association. (Central) Auditory Processing Disorders [Technical Report] [Internet]. 2005. Disponible en: [www.asha.org/policy](http://www.asha.org/policy)
- Musiek F, Chermak G. Psychophysical and behavioral peripheral and central auditory tests. En: Aminoff M, Boller F, Swaab D, editores. *Handbook of Clinical Neurology: The Human Auditory System Fundamental Organization and Clinical Disorders*. 1a ed. Waltham, MA: Elsevier B.V.; 2015. p. 313-32.
- Domitz DM, Schow R. A new CAPD battery - Multiple auditory processing assessment: Factor analysis and comparisons with SCAN. *Am J Audiol*. 2000;9(2):101-11.
- Schow R, Seikel A, Chermak G, Berent M. Central Auditory Processes and Test Measures: ASHA 1996 Revisited. *Am J Audiol*. 2000;9(2):63-8.
- Schow R, Chermak G. Implications from Factor Analysis for Central Auditory Processing Disorders. *Am J Audiol*. 1999;8(2):137-42.
- Bellis T. Assessment and Management of Central Auditory Processing Disorders in the Educational Setting: From Science to Practice. Segunda Ed. San Diego, CA: Plural Publishing; 2011.
- Marcotti A, Rivera S. Prueba de patrones de frecuencia y patrones de duración: Evaluación del ordenamiento auditivo temporal. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2017;77(3):339-50.
- Musiek F, Pinheiro M, Wilson D. Auditory Pattern Perception in "Split Brain" Patients. *Arch Otolaryngol*. 1980;106(10):610-2.
- Mattsson T, Follestad T, Andersson S, Lind O, Øygarden J, Nordgård S. Normative data for diagnosing auditory processing disorder in Norwegian children aged 7-12 years. *Int J Audiol*. 2018;57(1):10-20.
- Auditec. Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence. Saint Louis, MS: Auditec Inc; 1997.
- Musiek F. Frequency (pitch) and duration pattern tests. *J Am Acad Audiol*. 1994;5(4):265-8.
- Brooke J. Temporal Processing Tests. En: Musiek F, Chermak G, editores. *Handbook of Central Auditory Processing Disorder: Auditory Neuroscience and Diagnosis*. Segunda Ed. San Diego, CA: Plural Publishing; 2014. p. 405-34.
- Wilson W. Evolving the concept of APD. *Int J Audiol*. 2018;57(4):240-8.
- British Society of Audiology. Position Statement and Practice Guidance - Auditory Processing Disorder (APD) [Internet]. British Society of Audiology; 2018. Disponible en: [www.thebsa.org.uk](http://www.thebsa.org.uk)
- Medwetsky L. Spoken language processing model: Bridging auditory and language processing to guide assessment and intervention. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2011;42(3):286-96.
- Bossuyt P, Reitsma J, Bruns D, Gatsonis C, Glasziou P, Irwig L, et al. STARD 2015: An updated list of essential items for reporting diagnostic accuracy studies. *BMJ*. 2015;351:1-9.
- Marcotti A, Rivera S, Alvear B. Valores de referencia para las Pruebas de Patrones de Frecuencia y Patrones de Duración. En: LXXV Congreso Chileno de Otorrinolaringología. Santa Cruz; 2018.
- Taborga-Lizarro M. *Processos temporais auditivos em músicos de Petrópolis*. [São Paulo]: Universidade Federal de São Paulo; 1999.
- Ruopp M, Perkins N, Whitcomb B, Schisterman E. Youden Index and optimal cut-point estimated from observations affected by a lower limit of detection. *Biom J*. 2008;50(3):419-30.
- Ranganathan P, Pramesh C, Aggarwal R. Common pitfalls in statistical analysis: Measures of agreement. *Perspect Clin Res*. 2017;8(4):187-91.

21. Choi B, Granero R, Pak A. Catálogo de sesgos o errores en cuestionarios sobre salud. *Rev Costarr Salud Pública*. 2010;19(2):106-8.
22. Gyldenkærne P, Dillon H, Sharma M, Purdy SC. Attend to this: The relationship between auditory processing disorders and attention deficits. *J Am Acad Audiol*. 2014;25(7):676-87.
23. Gois M, Pinto E, Biaggio V, Bruckmann M, Pelissari I, Bruno RS, et al. Temporal ordering ability and level of specificity at different pure tone tests. *Audiol Commun Res*. 2015;20(4):293-9.
24. Gorunescu F. Data Mining: Concepts, Models and Techniques. Vol. 12. Berlin: Springer-Verlag; 2011.
25. Neijenzuis K, Snik A, Priester G, van Kordenoordt S, van den Broek P. Age effects and normative data on a Dutch test battery for auditory processing disorders. *Int J Audiol*. 2002;41(6):334-46.
26. Neijenhuis K, Stollman M, Snik A, van den Broek P. Development of a central auditory test battery for adults. *Int J Audiol*. 2001;40(2):69-77.
27. McDermott E, Smart J, Boiano J, Bragg L, Colon T, Hanson E, et al. Assessing auditory processing abilities in typically developing school-aged children. *J Am Acad Audiol*. 2016;27(2):72-84.
28. Mukari SZ, Umat C, Othman NI. Effects of age and working memory capacity on pitch pattern sequence test and dichotic listening. *Audiol Neurootol*. 2010;15(5):303-10.
29. Holleman G, Hooge I, Kemner C, Hessels R. The 'Real-World Approach' and Its Problems: A Critique of the Term Ecological Validity. *Front Psychol*. 2020;11:721.