

Marzo-Abril 2021 - número 2

- Percepción del habla en la acústica del aula de los niños con una pérdida auditiva que utilizan audífonos, por Frank Iglehart.- Pensando «fuera de la cabina», por Vickie L. Tuten, Kathy E. Gates y Marjorie Grantham.

Percepción del habla en la acústica del aula de los niños con una pérdida auditiva que utilizan audífonos

Frank Iglehart

Anteriormente miembro del Departamento de Audiología, Clarke Schools for Hearing and Speech, Northampton, Massachusetts

Objetivo: En la norma relativa a la acústica del aula ANSI/ASA S12.60-2010/Parte 1 se requiere un tiempo de reverberación (TR) para niños con discapacidad auditiva de 0,3 s que es más breve que el requerido de para niños con una audición normal, 0,6 s. Si bien los datos preliminares de los resúmenes de congresos respaldan este nuevo requisito de TR de 0,3 s, los datos revisados por pares que lo respaldan no están disponibles para personas que utilizan audífonos. Para realizar una aportación al respecto, en este artículo se compara el desempeño en la percepción del habla de niños con audífonos en entornos con diversos TR, incluidos los especificados en la norma ANSI/ASA-2010. Un problema clínico relacionado se refiere a si las evaluaciones de la percepción del habla realizadas en cabinas de sonido casi anecoicas, que pueden sobrestimar el desempeño en aulas reverberantes, pueden actualmente facilitar una estimación más fiable cuando los niños se encuentren en un aula con un TR breve de 0,3 s. Para abordar esta cuestión, en este estudio se comparó la percepción del habla de niños con audífonos en una cabina de sonido frente a una escucha con un TR de 0,3 s.

Método: Los participantes escucharon con un TR de 0,3, 0,6 y 0,9 s en el aula y en una cabina de sonido casi anecoica. Todas las condiciones incluyeron también un rango de 21 dB de relación señal-ruido (SNR) para reflejar con mayor fidelidad los entornos de escucha de un aula. Los indicadores del desempeño utilizando la prueba de Comprensión del habla en presencia de ruido BKB-SIN (Bamford-Kowal-Bench Speech-in-Noise) fueron un 50% de reconocimiento correcto de palabras en estas condiciones acústicas, con análisis complementarios de porcentaje correcto.

Resultados: Con cada reducción del TR de 0,9 a 0,6 a 0,3 s se observó un beneficio significativo en la percepción del habla de los niños. Las puntuaciones obtenidas en una cabina de sonido fueron significativamente mejores que las obtenidas con un TR de 0,3 s.

Conclusión: Estos resultados respaldan la norma acústica de un TR de 0,3 s para niños con discapacidad auditiva en espacios de aprendizaje $\leq 283 \text{ m}^3$, según lo especificado en ANSI/ASA S12.60-2010/Parte 1. Además, las pruebas de percepción del habla en una cabina de sonido no predijeron con precisión la capacidad de escucha en un aula con un TR de 0,3 s.

Material complementario: <https://doi.org/10.23641/asha.11356487>.

En la norma relativa a la acústica del aula ANSI/ASA S12.60-2010/Parte 1 (American National Standards Institute/Acoustical Society of America, 2010) se añadió un tiempo de reverberación (TR) en el aula

Marzo-Abril 2021 - número 2

requerido para niños con discapacidad auditiva en espacios de aprendizaje básicos $\leq 283 \text{ m}^3$ (p. ej., $\leq 12 \times 7,9 \times 3 \text{ m}$), que no figuraba en la norma anterior, ANSI S12.60-2002 (American National Standards Institute, 2002). En la norma ANSI-2002 se requería un único TR en el aula de 0,6 s en este tamaño de aula para todos los alumnos, sin especificar la capacidad auditiva. En la norma ANSI/ASA-2010 más reciente se establece en la Sección 5.3 y en la Tabla 1 que los espacios de aprendizaje básicos $\leq 283 \text{ m}^3$ se pueden adaptar a un TR de 0,3 s y, en el Anexo, Comentario 5.3.1, que un TR «de 0,3 s, más breve que el indicado en la Tabla 1, es necesario para niños con discapacidad auditiva y/u otros problemas comunicativos». Los datos publicados revisados por pares, con anterioridad a este artículo, no están disponibles en el caso de niños que utilizan audífonos y los beneficios potenciales para su percepción del habla con un TR de 0,3 en comparación con otro de 0,6 s. El único respaldo de un TR en el aula de 0,3 s para niños con audífonos son los datos preliminares publicados en resúmenes de congresos (Iglehart, 2007, 2008a, 2008b).

Los beneficios que se obtienen a través del control de la reverberación y el ruido en el aula en diversos grados cuentan con un gran respaldo en datos publicados. El progreso académico de un niño depende del acceso acústico a los profesores y a los debates en clase. Con bastante frecuencia se ha determinado que el ruido y la reverberación en las aulas son excesivos y varían ampliamente durante la jornada escolar (p. ej., Knecht, Nelson, Whitelaw y Feth, 2002; Larsen y Blair, 2008; Shield y Dockrell, 2008). Una reverberación excesiva se superpone a los detalles acústicos de las características del habla o los difumina temporalmente, mientras que la amplitud y la duración del ruido pueden enmascarar aún más estos detalles. Los estudios sobre los efectos del TR o los efectos combinados de la reverberación y el ruido en la percepción del habla se han centrado principalmente en niños con una audición normal (p. ej., Lewis, Manninen, Valente y Smith, 2014; Neuman y Hochberg, 1983; Neuman, Wróblewski, Hajicek y Rubinstein, 2010; Wróblewski, Lewis, Valente y Stelmachowicz, 2012; Yacullo y Hawkins, 1987; Yang y Bradley, 2009). Una notificación frecuente fue la disminución en las puntuaciones de percepción del habla con un aumento del TR, lo que se podía compensar en cierta medida por una relación señal-ruido (SNR) más elevadas, lo que sugiere que es necesario una reducción en las aulas tanto de la reverberación como del ruido. No obstante, en los estudios realizados con niños con una audición normal, a menudo se han utilizado diferentes condiciones de TR y, por lo tanto, existen diferencias en sus informes sobre el TR más breve para una percepción óptima del habla (TR de 0,68 s: Yang y Bradley, 2009; 0,6 s: Iglehart, 2016; 0,4 s: Finitzo-Hieber y Tillman, 1978; 0,3 s: Neuman et al., 2010; 0,0 s: Neuman y Hochberg, 1983; Wróblewski et al., 2012; Yacullo y Hawkins, 1987).

Los niños muestran también una mayor susceptibilidad a la distorsión y al enmascaramiento de la información acústica que los adultos, y los más pequeños son los que experimentan la mayor dificultad. Esta susceptibilidad se ha atribuido en gran medida a los efectos del desarrollo relacionados con la edad y las demandas cognitivas de las lecciones escolares, tal como describen otros autores (p. ej., Corbin, Bonino, Buss y Leibold, 2016; Johnson, 2000; Klatte, Lachmann y Meis, 2010; Koopmans, Goverts y Smits, 2018; Leibold, 2017; Nábělek y Robinson, 1982; Neuman et al., 2010; Wróblewski et al., 2012). Estos estudios también se han centrado en niños con una audición normal.

Los niños con una pérdida auditiva que utilizan audífonos se enfrentan a más obstáculos en el aula que los niños con una audición normal. La pérdida auditiva reduce el acceso auditivo a algunas características del habla más que a otras (p. ej., segmentales más que suprasegmentales) y esta distorsión suele aumentar con el grado de la pérdida auditiva (Blamey et al., 2001; Boothroyd, 1984; Bus, Hall y Grosse, 2004). Por

Marzo-Abril 2021 - número 2

ejemplo, basándose en los resultados de 120 niños con una pérdida auditiva de 55 dB HL y superior, y escuchando a través de auriculares, Boothroyd (1984) notificó que las puntuaciones de percepción del habla disminuyeron al 50% en la colocación de consonantes con una pérdida auditiva a partir de 75 dB HL, la emisión de la consonante inicial con una pérdida auditiva de 85 dB HL, y así sucesivamente. Los audífonos pueden ayudar a mejorar la audibilidad, pero no necesariamente a superar los déficits en la discriminación observados en una pérdida auditiva neurosensorial (Boothroyd, 1984; Finitzo-Hieber y Tillman, 1978; McCreery et al., 2015). Además de datos sobre niños con una audición normal, Finitzo-Hieber y Tillman (1978) también facilitan datos sustanciales sobre los efectos de la acústica en la percepción del habla de los niños con una pérdida auditiva. Estos 12 niños, con una edad de 8-13 años, utilizaron un audífono monoaural proporcionado por el estudio y se les seleccionó por su buena percepción del habla. Sus puntuaciones medias mejoraron significativamente con cada reducción del TR de 1,2 a 0,4 a 0,0 s y, por separado, con cada aumento de las SNR de 0 a +6 a +12 dB a silencio. En el estudio, los efectos de la reverberación y del ruido fueron significativamente mayores en los niños con una pérdida auditiva que en los niños con una audición normal. Por ejemplo, en silencio y con una disminución del TR de 1,2 a 0,0 s, la mejora en puntos porcentuales de las puntuaciones de percepción del habla en el caso de los niños con una audición normal fue de 18,0, mientras que en el caso de los que utilizaban audífonos, fue de 38,0. Cuando los niveles de ruido mejoraban de una SNR de 0 dB a silencio y el TR se mantenía en 0,0 s, la mejora en puntos porcentuales de la puntuación media de los niños con una audición normal fue de 34,3 y la de los niños que utilizaban un audífono fue de 44,0. En una combinación de TR reducido de 1,2 a 0,0 s y un aumento de la SNR de +6 dB a silencio, la mejora en puntos porcentuales de la puntuación media de los niños con una audición normal fue de 40,3 y la de los niños con un audífono fue de 56,0. No obstante, es posible que los niños con un audífono hubieran mostrado un mejor desempeño en reverberación si se hubiese utilizado una amplificación binaural (niños con audición normal: Neuman y Hochberg, 1983; adultos con audífonos: Nábělek y Pickett, 1974; adultos con audición normal: Cox, DeChicchis y Wark, 1981).

Aparte de los facilitados por Finitzo-Hieber y Tillman (1978), existen pocos datos de los efectos de diversas condiciones reverberantes en el aula sobre las puntuaciones de percepción del habla de los niños con pérdida auditiva que utilizan audífonos. Picard y Bradley (2001) observaron que los efectos de la reverberación y el ruido son relativamente menos conocidos en los niños con pérdida auditiva que en los niños con audición normal. En estudios posteriores sobre la percepción del habla con reverberación de niños con pérdida auditiva se ha incluido a niños con implantes cocleares (Iglehart, 2016; Neuman, Wróblewski, Hajicek y Rubinstein, 2012). El enfoque de los estudios en los que participan niños con audífonos ha sido en gran medida determinar los beneficios en la percepción del habla con el uso de dispositivos de apoyo (p. ej., sistemas personales de campo de sonido o de FM; Anderson y Goldstein, 2004; Anderson, Goldstein, Colodzin e Iglehart, 2005; Pittman, Lewis, Hoover y Stelmachowicz, 1999). En otros informes publicados se ha reivindicado una buena acústica para los niños con pérdida auditiva, pero no se han facilitado datos sobre los efectos de los TR en el aula sobre la percepción del habla de estos niños (p. ej., Crandell y Smaldino, 2004; Guenther y Adrian, 2000).

La reducción del TR en el aula a un TR relativamente breve de 0,3 s plantea un problema clínico audiológico relacionado. El conocimiento de los padres y profesores de la capacidad de percepción del habla de un niño con una pérdida auditiva se puede basar en los resultados clínicos audiológicos, que a menudo se obtienen en una cabina de sonido casi anecoica. Únicamente en un estudio se ha comparado el desempeño en la percepción del habla de niños con audífonos, entre un entorno anecoico y un entorno de escucha

Marzo-Abril 2021 - número 2

reverberante. Finitzo-Hieber y Tillman (1978) notificaron una diferencia significativa en las puntuaciones medias en la escucha con una condición anecoica y con un TR de 0,4 s. Considerando este único estudio en el que participaron niños con audífonos, los informes sobre niños con una audición normal, que escucharon en condiciones anecoicas y con un TR breve, pueden ayudar a proporcionar algunas sugerencias de patrones de desempeño en estas condiciones de escucha. No obstante, los resultados notificados no han sido congruentes en estos estudios. Por ejemplo, Wróblewski et al. (2012) encontraron diferencias significativas en las puntuaciones de los niños con una audición normal en condiciones anecoicas en comparación con un TR de 0,4 s.

Por otra parte, Finitzo-Hieber y Tillman, que compararon las puntuaciones entre una condición anecoica y un TR de 0,4 s, e Iglehart (2016), que comparó las puntuaciones entre una condición casi anecoica y un TR de 0,3 s, todos ellos evaluando a niños con una audición normal, no encontraron diferencias significativas en las puntuaciones. El número limitado de estudios en los que han participado niños con audífonos y los resultados dispares de los estudios en los que han participado niños con una audición normal sugieren la necesidad de examinar más a fondo si los resultados clínicos obtenidos en una cabina de sonido pueden predecir el desempeño en el breve TR de 0,3 s.

En este artículo, por lo tanto, se abordan las siguientes preguntas:

1. ¿Beneficia la reducción del TR en el aula de 0,6 s a 0,3 s, tal como se requiere en la norma ANSI/ASA S12.60-2010/Parte 1, el desempeño en la percepción del habla de los niños con una pérdida auditiva que utilizan audífonos?
2. ¿Predicen los resultados clínicos de los niños con audífonos, que se obtienen en una cabina de sonido casi anecoica, el desempeño en la percepción del habla en un aula con un buen tratamiento acústico con un TR de 0,3 s?

Método

Participantes

Seis niñas y cuatro niños (Medad = 11,4 años, rango de edad: 7,1-16 años) tenían una pérdida auditiva y utilizaban audífonos (primer uso de audífonos: Medad = 2,7 años, rango de edad: 0,3-5 años). En la Tabla 1 se facilitan las edades de los participantes, los umbrales auditivos, la marca y el modelo de los audífonos y otra información demográfica. Los audiogramas proporcionados por los padres fueron la fuente de los umbrales auditivos. Estos audiogramas se habían realizado en un promedio de 4,7 meses (rango: 0,1-14,5 meses) antes de la prueba. Los promedios de umbrales de tonos puros (PTA) no asistidos con 500, 1000 y 2000 Hz sirvieron para clasificar las capacidades auditivas de los niños (Northern y Downs, 1991; Schauch y Nelson, 2015). La pérdida auditiva de cuatro participantes (números 1, 3, 5 y 6; consúltese la Tabla 1) era profunda (PTA > 70 dB HL) en un oído y severa en el otro (PTA de 51-70 dB HL). Dos niños (números 4 y 7) tenían una pérdida severa en ambos oídos. Dos niños (números 2 y 10) tenían una pérdida moderada (PTA de 30-50 dB HL) en ambos oídos. Un niño (número 9) tenía una pérdida moderada en un oído y una pérdida leve (PTA de 16-25 dB HL) en el otro. Un niño (número 8) tenía una pérdida profunda en un oído y una audición normal (PTA de < 16 dB HL) en el otro. Estos dos últimos niños tenían configuraciones auditivas por encima de 2000 Hz en el mejor oído, que descendían precipitadamente (Schauch y Nelson, 2015) y, por lo tanto, tenían dificultades en la percepción del habla más allá de los descriptores de pérdida leve o

Marzo-Abril 2021 - número 2

audición normal.

Ocho niños utilizaban audífonos binaurales y dos (números 3 y 8) utilizaban audífonos monoaurales. Se sabe que la amplificación binaural mejora la percepción del habla en condiciones de reverberación con respecto a los dispositivos monoaurales (Nábělek y Pickett, 1974). Sin embargo, este factor no se aborda en este artículo, dado que el enfoque principal es el desempeño auditivo de un grupo de niños con audífonos en los TR especificados en la norma ANSI/ASA-2010.

Tabla 1. Información básica de los participantes.

Participante	Edad (años)	Sexo	Oído	Audiencia auditiva (dB HL)						Audífono	Tipo del primer uso de audífono	Tipo de pérdida auditiva
				250	500	1000	2000	4000	8000			
1	11,1	F	D	80	80	80	80	-	80	Óticon Tego Pro	1,1	Sistema de feridas
				90	80	70	80	100	80	Óticon Summit 600		
2	6,3	M	D	90	80	80	80	80	80	Óticon Edge 600	1,1	Sordidez
				95	80	80	70	80	80	Óticon Edge 600		
3	6,8	M	D	80	80	80	80	80	80	Phonak Sense 600 (P) (D)	1,1	Malformación de oído
				80	80	80	80	-	80	No audido		
4	6,3	F	D	80	80	80	80	-	80	Óticon Tego Pro	1,1	Malformación de oído
				80	80	80	70	-	80	Óticon Tego Pro		
5	11,0	F	D	80	80	80	80	-	80	Phonak Sense 600 (D)	1,1	Sordidez
				80	80	70	80	-	80	Phonak Sense 600 (D)		
6	11,0	F	D	70	80	80	80	80	80	Phonak Sense 6 (P) (D)	1,1	Sistema de feridas
				70	70	70	80	70	70	Phonak Sense 6 (P) (D)		
7	11,0	F	D	80	80	80	80	-	80	Óticon Tego Pro Power	1,1	Sordidez
				80	80	80	80	-	80	Óticon Tego Pro Power		
8	11,0	M	D	80	80	80	80	80	80	Phonak Sense 6	1,1	Impedancia del conducto vestibular (otitis)
				80	80	70	80	70	80	No audido		
9	11,7	F	D	80	80	80	80	-	80	Samsung Pure Tone	1,1	Sordidez
				80	80	80	80	-	80	Samsung Pure Tone		
10	11,0	M	D	80	80	80	80	-	80	Óticon Edge	1,1	Sordidez
				80	80	80	80	-	80	Óticon Edge		

Nota: Todas las pérdidas auditivas en niños sordos eran predominantemente neurosensoriales. Todos los audífonos eran retroauriculares. Los guiones indican que la información no se encuentra disponible. F = femenino; M = masculino; (D) = derecho; (I) = izquierdo.

Los audiogramas y/o los informes indicaban que las pérdidas auditivas en todos los oídos amplificadas eran neurosensoriales. La identificación de la pérdida auditiva de dos niños tuvo lugar al nacer; en un niño a los 1,5 años; en cuatro niños a los 2,5 años; en un niño a los 5 años; en otro a los 6,7 años; y en un niño se desconocía la edad de identificación. Todos los niños incluidos en este estudio cumplían el criterio de capacidad para percibir correctamente palabras en oraciones $\geq 80\%$ con la prueba de Comprensión del habla en presencia de ruido BKB-SIN (Bamford-Kowal-Bench Speech-in-Noise) (Etymotic Research, Inc., 2005) mientras escuchaban con una SNR $\leq +21$ dB y en un aula con un TR de 0,3 s. Dado que el entorno de prueba principal era un aula, con pruebas auxiliares en una cabina de sonido, el uso más eficiente y no estresante del tiempo para cada niño fue la incorporación de la prueba de este criterio de percepción $\geq 80\%$ en su sesión en el aula. Si un niño no cumplía este criterio, la prueba continuaba, pero sus resultados no se han incluido en este artículo. Siempre nos preocupaba el tiempo que podría permanecer un niño durante las pruebas en una sesión. Cada vez que un niño solicitaba que se detuviera la prueba, toda la sesión se interrumpía de inmediato y los resultados se descartaban como incompletos.

La inscripción de los participantes se realizó a través de los padres de los alumnos que asisten a colegios

Marzo-Abril 2021 - número 2

de la región, incluida la Clarke School, a través de hermanos de los participantes que utilizaban implantes cocleares en un estudio relacionado y del boca a boca. El inglés americano era el idioma principal de todos los participantes. Exceptuando un participante (número 9), no existía ninguna sospecha ni diagnóstico de un trastorno por déficit de atención o de discapacidad de aprendizaje en el resto de los participantes. Este participante tenía un trastorno por déficit de atención/hiperactividad, que según informó uno de los progenitores se controlaba con éxito mediante medicación. La aprobación de este estudio con respecto a la protección de sujetos humanos se obtuvo del comité de revisión institucional del Smith College.

Materiales de prueba

La capacidad de percepción del habla se evaluó con la prueba BKB-SIN, que se compone de 36 listas en 18 pares, con 8 o 10 oraciones por lista y cada oración se compone de 3-4 palabras objetivo. El disco compacto BKB-SIN presenta el habla en un canal y el ruido de fondo («parloteo» de cuatro hablantes) en un segundo canal. La SNR de la primera oración es de +21 dB, con reducciones de 3 dB con cada oración subsiguiente de la lista. Para puntuar el desempeño en una lista, en el manual del usuario de BKB-SIN (Etymotic Research, Inc., 2005, pág. 23) se indica que «el punto de partida (21 dB) más la mitad del tamaño del paso (1,5), más la palabra extra en la primera oración... es igual a 23,5. SNR-50 es 23,5 menos el número total de palabras repetidas correctamente» o $SNR-50 = (23,5) - (\# \text{ correcto}) = x \text{ dB}$. La puntuación SNR-50 de lista-par es el promedio de las puntuaciones SNR-50 de las dos listas en un par y representa la SNR en la que el participante percibió correctamente el 50 % de las palabras.

En este estudio, la recopilación de datos se centró en el número de palabras percibidas correctamente en cada oración en cada SNR dentro de cada TR. Estos datos sirvieron para dos análisis. El primer análisis se realizó según lo prescrito en el manual del usuario de BKB-SIN, con ajustes realizados para reflejar la capacidad de escucha de cada participante con reverberación y en presencia de ruido. Estos ajustes a la puntuación SNR-50 se basaron en las SNR iniciales consideradas apropiadas para cada participante. El término SNR inicial en este artículo se refiere a la SNR utilizada en la primera oración de una lista. Si bien en la prueba BKB-SIN siempre se presenta la primera oración en una SNR de +21 dB, en el momento de la recopilación de datos de este estudio no había datos publicados para la prueba BKB-SIN que sugiriesen con respecto a ningún grupo de participantes una SNR inicial única para escucha en reverberación. Las pruebas anecdóticas sugerían que una SNR inicial de +21 dB en niños que utilizan audífonos podría dar lugar a efectos de máximo ampliados y a fallos en la captura del rango de desempeño completo de muchos individuos. El uso de SNR iniciales adaptativas ayudó a evitar este efecto anticipado en las puntuaciones. No obstante, una desventaja fue que el mismo rango de 21 dB no se aplicaría a todos los participantes. El resultado sería la falta de datos intragrupo en algunas SNR y, por lo tanto, un N reducido para algunos análisis. La adaptación de la SNR inicial se realizó en cada condición reverberante.

Para una adaptación adecuada, la SNR inicial debía ser lo suficientemente alta como para capturar las mejores puntuaciones del participante y lo suficientemente baja como para revelar el rango completo de capacidad auditiva del participante a medida que las SNR disminuían a través de la presentación de cada lista. Una SNR inicial adecuada se consideraba cuando el participante no omitía más de dos palabras objetivo en las tres primeras oraciones de las dos listas en un par; a continuación, el desempeño decaía con cada disminución subsiguiente de 3 dB en la SNR y se encontraba cerca o en el 0% correcto en el caso de las palabras de las dos últimas oraciones presentadas en las SNR más bajas. El uso de SNR iniciales,

Marzo-Abril 2021 - número 2

distintas de +21 dB, requería la realización de ajustes en la fórmula de SNR-50 facilitada en el manual del usuario de BKB-SIN. Cuando fue necesario, en el caso de algunos participantes, aumentar o disminuir la SNR inicial de 21 dB, se utilizó la fórmula $SNR-50 = (23,5) - (\# \text{ Correcto}) + (SNR \text{ inicial} - 21) = x \text{ dB}$. Por ejemplo, cuando la SNR inicial era de 18 dB, el ajuste a SNR-50 se calculaba a partir de $18 \text{ dB} - 21 \text{ dB} = -3 \text{ dB}$, y el valor -3 se incluía como $SNR-50 = (23,5) - (\# \text{ Correcto}) + (-3) = x \text{ dB}$. Cuando, en el caso de un participante, se requería una SNR inicial de 24 dB, la fórmula de puntuación era $SNR-50 = (23,5) - (\# \text{ Correcto}) + (3) = x \text{ dB}$.

El segundo análisis consistía en la puntuación media de los participantes en cada SNR dentro de cada TR. En este análisis, como en el primero, se incluyeron las SNR iniciales adaptativas de los participantes. Estas puntuaciones se etiquetaron en este estudio como puntuaciones TR-SNR y se midieron como porcentaje correcto, lo que permitió calcular la intensidad del desempeño para obtener información adicional (Boothroyd, 2008). En este análisis se requerían listas de igual longitud para conseguir que las condiciones de prueba fueran coherentes en los participantes, tanto individual como colectivamente. Por lo tanto, fue necesario suprimir las oraciones 9 y 10 de los pares de listas 1-8 para que todas las listas tuvieran ocho oraciones. Para mantener la coherencia en las condiciones de prueba, tanto en el primer análisis como en el segundo se incluyeron listas con estas oraciones eliminadas. Según lo descrito por M. Skinner (comunicación personal, 10 de diciembre de 2006), las oraciones 9-10 de las listas más largas se presentaron en las listas con las SNR más bajas, por lo que las puntuaciones serían cercanas a 0%. Por lo tanto, era probable que la eliminación de estas oraciones no tuviera ningún efecto significativo en las puntuaciones de las pruebas. Además, estas dos últimas oraciones podrían haber desalentado a algunos niños en este estudio y, por lo tanto, habrían disminuido la validez y la fiabilidad. En las evaluaciones en la cabina de sonido se solían utilizar los tres primeros pares de listas. En las pruebas del aula se aleatorizó el orden del resto de los 18 pares de listas en las condiciones del TR y en los participantes, tanto individual como colectivamente. Un niño escuchaba un par de listas solo una vez.

En el manual del usuario de BKB-SIN se indica que la fiabilidad de la prueba aumenta con la presentación de pares de listas adicionales, y el aumento se ralentiza sustancialmente después de tres pares de listas. En este estudio se utilizaron tres pares de listas para mejorar la fiabilidad y evitar un tiempo de prueba excesivo. La atención de cada niño a la tarea de escuchar durante toda una sesión y la evitación del posible cansancio se consideraron primordiales en las pruebas con tres pares de listas por cada condición de TR. Es posible que se produzca algún grado de aclimatación y/o efecto de aprendizaje en los pares de listas. Un análisis de los cambios en la puntuación dentro de cada conjunto de tres pares de listas, del primero al segundo y al tercero de cada par de listas en los TR del aula y los participantes, indicó un cambio medio en la puntuación SNR-50 de -0,5 dB, que no fue significativo en el análisis de varianza de medidas repetidas, $F(2, 52) = 0,67, p = 0,5127$.

Procedimiento

Cada participante con una edad ≥ 8 años escuchaba tres pares de listas de la prueba BKB-SIN en cada TR. Las pruebas auxiliares en la cabina de sonido se solían realizar antes de las pruebas en el aula y servían para indicar una SNR inicial adecuada en el aula, generalmente la misma SNR inicial que en la cabina de sonido o 3 dB más alta. Cada puntuación SNR-50 era un promedio de puntuaciones SNR-50 de los tres pares de listas presentados en cada TR. Por otro lado, cada puntuación porcentual correcta de TR-SNR era

Marzo-Abril 2021 - número 2

el promedio de las puntuaciones porcentuales correctas en seis oraciones, todas ellas presentadas en las mismas condiciones de TR y SNR en tres pares de listas. Las seis oraciones contenían un total de 18-24 palabras objetivo, dependiendo del número de palabras por oración. Las SNR de las siete oraciones restantes en una lista posterior a la SNR inicial eran casi siempre las mismas en todos los participantes. El resultado fue que, si bien la SNR inicial podría no haber sido la misma para cada participante, el segundo análisis se basó en puntuaciones de las SNR en las que se evaluaron a todos los niños (0, +3, +6, +9, +12 y +15 dB) en las cuatro condiciones de TR. Como consecuencia, no faltaron puntos de datos en los análisis.

El único participante con una edad < 8 años escuchaba únicamente dos pares de listas por cada TR para limitar el tiempo de la prueba a menos de 8 minutos con el fin de prevenir el cansancio o que decayera la atención (Hnath-Chisolm, Laipply y Boothroyd, 1998). Cada puntuación SNR-50 fue un promedio de dos pares de listas y cada puntuación porcentual correcta de TR-SNR fue un promedio de cuatro oraciones que contenían un total de 12-16 palabras objetivo. La prueba de este niño con menos ítems de prueba podría haber incrementado la variabilidad estadística en comparación con los otros nueve participantes (Etymotic Research, Inc., 2005). Sin embargo, el uso de dos pares de listas podría haber disminuido la variabilidad en comparación con el uso de un par de listas tal como se sugiere en el manual de la prueba BKB-SIN para las pruebas clínicas de rutina.

La mayoría de los participantes necesitó SNR iniciales distintas de la SNR +21 dB indicada en la prueba BKB-SIN. Dos participantes (n.º 7 y 10) necesitaron una SNR inicial de +15 dB en todos los TR del aula y en la cabina de sonido. Un participante (n.º 9) tuvo una SNR inicial de +18 dB en el aula y de +15 dB en la cabina de sonido. Un participante (n.º 8) tuvo una SNR inicial de +18 dB en el aula y en la cabina de sonido. Dos participantes (n.º 2 y 3) tuvieron SNR iniciales de +21 o +18 dB en los TR del aula, dependiendo del par de listas, y de +18 dB en la cabina de sonido. Cuatro participantes (n.º 1 y 4-6) en los cuatro TR tuvieron una SNR inicial de +21 dB.

Los dos evaluadores anotaban por separado cada palabra objetivo de cada oración en el aula como correcta o incorrecta. En comparaciones posteriores a la prueba de las hojas de puntuación de los evaluadores, ambos evaluadores debían juzgar como correcta la respuesta de un participante para que se considerase correcta. Si un evaluador anotaba una palabra como correcta y el otro evaluador anotaba la misma palabra como incorrecta, se registraba la puntuación más baja y se indicaba que los evaluadores se mostraban en desacuerdo con la puntuación de la oración. Si un evaluador anotaba una palabra en una oración como incorrecta pero el otro evaluador anotaba una palabra diferente como incorrecta, ambas palabras se puntuaban como incorrectas y se indicaba que los evaluadores se mostraban en desacuerdo con la puntuación de la oración. Ambos evaluadores coincidieron en el número de palabras correctas en un 97,8% de las oraciones en todas las respuestas de los participantes y en todas las condiciones del aula. El autor fue siempre uno de los evaluadores y el segundo evaluador pertenecía a un grupo de cuatro personas que estaban familiarizadas con el habla de los niños. Los evaluadores valoraban una articulación incorrecta como correcta siempre que la hubieran observado en conversaciones anteriores y se pudiera considerar como una respuesta correcta. El evaluador de la cabina puntuaba siempre al mismo niño en el aula.

Salas de pruebas

El aula de pruebas [10 (L) x 6,7 (A) x 3,4 (Alt.) m] tenía un volumen total de 223,4 m³ (véase la Figura 1).

Marzo-Abril 2021 - número 2

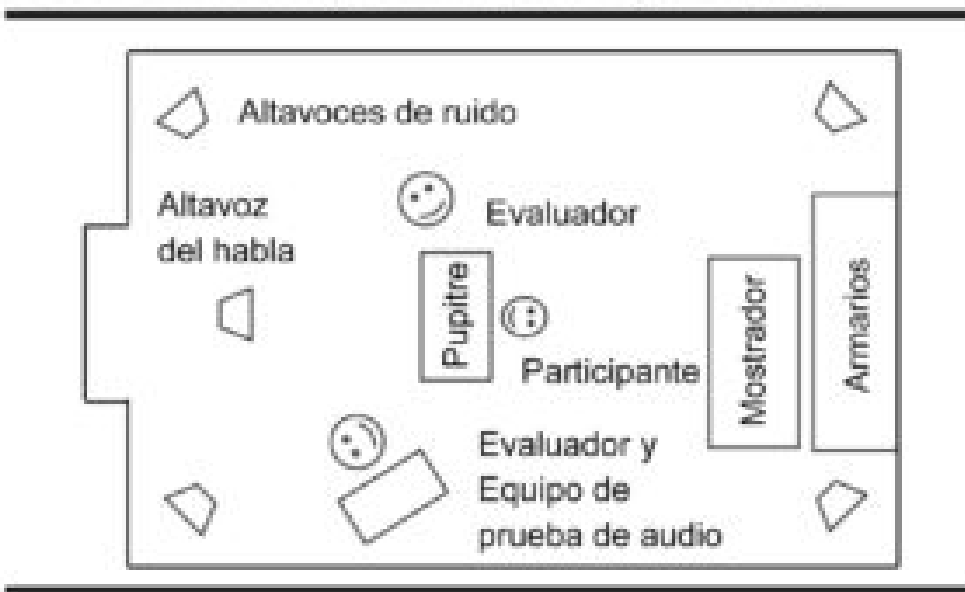
Las paredes eran de yeso con pizarras y ventanas cerradas, el techo de yeso y el suelo de madera encerada con una pequeña alfombra sin acolchar. Cada participante se sentaba en un pequeño pupitre cerca del centro de la segunda fila de un aula y frente al altavoz del habla. Este altavoz estaba situado a 1,5 m del suelo, aproximándose a la posición de la cabeza de un profesor que estuviese de pie a 0,7 m de la parte frontal central de la sala y a 3 m de distancia del participante. Los cuatro altavoces de ruido estaban ubicados frente a las cuatro esquinas de la sala, a 0,9 m de cada esquina y a 1,5 m del suelo. Dos evaluadores de respuestas se sentaban a la derecha y a la izquierda del participante. La cabina de prueba audiológica (International Acoustic Chamber, Inc.) [1,9 (L) x 1,8 (Anch.) x 2 (Alt.) m] tenía un volumen total de 6,8 m³. Cada participante se sentaba en la cabina frente a los altavoces de habla y ruido, situados a 0,9 m, inmediatamente a la derecha y a la izquierda con un acimut de 0° y a 1 m del suelo.

TR

El número y la ubicación de los paneles acústicos (All Noise Control, 2007; modelo ANC-600) determinaban el TR del aula. Los paneles eran ligeros, el fabricante los había cubierto completamente de tejido de nailon para facilitar la manipulación y la durabilidad, e incluían ojales cerca de los bordes del tejido para poder colgarlos en ganchos de pared en caso necesario. En el cambio de paneles de una condición de TR a la siguiente se tardaban 12-15 min y permitían que el participante se tomara un descanso. El TR era de 0,9 s sin paneles; de 0,6 s con 12 paneles colgados de las paredes justo debajo de la altura del techo; y de 0,3 s con un total de 50 paneles (34 colgados de las paredes justo debajo de la altura del techo, 8 cerca del nivel del suelo y 8 en el suelo). Cada panel medía 0,6 x 1,8 m, con unos coeficientes de reducción de ruido de fábrica de 1,15 a 1,25. El TR medido en la cabina de sonido audiológica fue de 0,059 s y se describe en este artículo como casi anecoico.

Marzo-Abril 2021 - número 2

Figura 1. Disposición del aula con el alumno situado cerca del centro de la sala, sentado en un pupitre; dos evaluadores adultos se sentaban a la derecha y a la izquierda. El altavoz del habla se encontraba con un acimut de 0° con respecto al alumno, con cuatro altavoces de ruido, cada uno frente a una esquina. La sala se componía también de una hornacina y varios armarios de suelo y pared. Reimpreso de Iglehart (2016).



La condición de TR de 0,9 s se aproximaba al intervalo medio más largo de TR de aula notificado (Bradley, 1986; Crandell y Smaldino, 1994; Knecht et al., 2002; MacKenzie y Airey, 1999). En las condiciones de TR de 0,6 y 0,3 s se respetaron los requisitos de la norma ANSI/ASA-2010. El orden de presentación de los tres TR se equilibró dentro del grupo. Los participantes escuchaban en el aula detrás de las distancias críticas acústicas calculadas a partir de las medidas realizadas en cada TR.

Niveles de habla y ruido

Un potenciómetro en un audiómetro (inicialmente un Grason-Stadler 10 y, posteriormente en el aula (un Grason-Stadler 16), controlaba el nivel de habla objetivo del disco compacto de pruebas BKB-SIN. Un sistema de campo de sonido (Phonic Ear 210) amplificaba la señal a través de un altavoz de habla (Phonic Ear 578-S). El ruido de calibración del disco compacto de BKB-SIN medido en la posición media de la cabeza del participante sentado, a 1 m del suelo, fue la base de las mediciones de los niveles del habla y de ruido. El nivel de calibración del habla fue de 59,5 dBALeq en el TR de 0,6 s. Los niveles de presentación del habla en las pruebas de los participantes oscilaron entre 58,2 y 60,8 dBALeq. El rango se debió a los efectos de los cambios en el TR. Este rango se aproximaba al nivel medio de 60,1 dBA (rango: 56,9-69,6 dBA) notificado por Picard y Bradley (2001) en una revisión de siete estudios en los que se evaluaba un total de 183 niveles de habla de profesores. En cuatro de los estudios se notificó una distancia de medición fija de 2 o 3 m en el aula, y en tres estudios se notificó como variada o no especificada.

El segundo canal del audiómetro controlaba los niveles de ruido a través de un segundo sistema de sonido

Marzo-Abril 2021 - número 2

(Phonic Ear 210) y los cuatro altavoces de ruido (Phonic Ear 578-S) descritos anteriormente. Los movimientos de cabeza del autor, sentado en la posición de los participantes, no dieron lugar a variaciones audibles del nivel de ruido, que de otro modo podrían haber sido causadas por efectos de mejora o cancelación acústica entre múltiples señales directas y reflejadas. Los controles de escucha en la posición de los altavoces y los participantes indicaban unos niveles de ruido semejantes desde todas las direcciones. El ruido de fondo medido antes y después de las pruebas era < 35 dBA.

Mediciones de SNR, TR y espectros

Los niveles de TR, habla y ruido se midieron con un sonómetro Larson Davis System 824 (Tipo 1). En las mediciones del TR se utilizó el algoritmo automático RT60 de 824 metros y sus ajustes preconfigurados enumerados en el Manual de referencia 824, con «RT60 dB Down» ajustado en «30 dB» (Larson Davis, Inc., 2004). En las mediciones en el aula se siguieron los procedimientos del menú de configuración del Manual de referencia 824 indicados como RT60-A, que se diseñaron para un ruido de activación estacionario. El ruido del espectro del habla del disco compacto de BKB-SIN, amplificado a través de los altavoces en cada una de las cuatro esquinas de la sala, excitó acústicamente el aula (Etymotic Research, Inc., 2005). Este ruido, amplificado a 90 dBA cuando se medía en el asiento de los participantes, se interrumpía abruptamente para iniciar el deterioro y la activación de la medición del TR con el medidor. En las mediciones de la cabina de sonido se siguieron procedimientos indicados en el Manual de referencia como RT60-B, que fueron diseñados para el ruido impulsivo. La medición se activaba al golpear dos placas entre sí, lo que creaba un espectro de ruido y un deterioro suficientes en el pequeño espacio para confirmar el TR en la cabina.

Cada cálculo del TR fue un promedio de mediciones de un tercio de octava a 500, 1000 y 2000 Hz. Véase el Material complementario S1 para los cálculos de los TR. En este estudio se siguieron los procedimientos de ANSI S12.60-2002 dado que, en el momento de las pruebas, ANSI/ASA S12.60-2010 todavía no se había publicado. Los procedimientos para las mediciones del TR fueron los requeridos en ANSI S12,60-2002 Tabla 1 y Anexo E4.3. En la Tabla 1 se requieren promedios de octava a 500, 1000 y 2000 Hz para determinar un TR en el aula. No obstante, el Anexo E4.3 se refiere a los procedimientos del Apéndice X2 de ASTM C423, que requieren, entre otros procedimientos, mediciones de un tercio de octava (American Society for Testing and Materials Standards, 2002). En este estudio se combinaron ambos requisitos y se utilizaron mediciones de un tercio de octava a 500, 1000 y 2000 Hz. David Lubman, copresidente del Grupo de Trabajo ANSI S12.60-2002 (comunicación personal, 12 de junio de 2019), describió, en su opinión, el uso de mediciones de un tercio de octava como una infracción no sustancial de los procedimientos de la Tabla 1 de la norma ANSI-2002, dado que las mediciones de un tercio de octava ofrecerían resultados muy similares a las mediciones de octava en los TR relativamente breves utilizados en este estudio en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz.

En este estudio se siguieron también otros requisitos de la norma ANSI-2002 (sala desocupada, ventanas cerradas y sin ropa suelta) y los requisitos de ASTM de al menos cinco pruebas de reverberación en una posición de micrófono, con la siguiente excepción. La excepción consistía en que, tanto en las normas ANSI como en las ASTM, se requerían pruebas de reverberación en múltiples posiciones debido a las múltiples ubicaciones de los niños en el entorno habitual de un aula. No obstante, en este estudio, únicamente un niño estaría presente en una ubicación, por lo que las mediciones del TR se realizaron solamente en la

Marzo-Abril 2021 - número 2

posición de la cabeza del participante.

Las mediciones del nivel de habla y ruido, basadas en LeqA de 20 s, se realizaron a 0,1 dB al comienzo del estudio y se confirmaron periódicamente a lo largo del mismo. A continuación, cada SNR se redondeó al decibelio más próximo. En las mediciones con un medidor calibrado de tipo 2 en la posición media de la cabeza de un participante en la prueba se verificaban los niveles de habla y ruido antes y después de cada sesión. Cuando los niveles previos y posteriores a la prueba diferían en más de 1 dB, se descartaban los resultados del participante en cuestión. Cada pocas semanas, se realizaba una verificación más detallada de los niveles de sonido. Esta verificación se realizaba para confirmar que los aumentos y disminuciones intencionales en la configuración del potenciómetro para cada canal, habla y ruido, daban como resultado el mismo cambio (dentro de $\pm 0,1$ dB) en el nivel de sonido en la posición de la cabeza del participante. En todas estas verificaciones no se detectó ninguna pérdida de precisión en los potenciómetros de estos 10 participantes.

El espectro del ruido variaba a partir del habla en el aula y, por separado, en la cabina de sonido en 0,0 dB (dentro de $\pm 0,7$ dB en cada octava de 250 a 4000 Hz). Los espectros del habla y, por separado, del ruido variaban entre el aula y la cabina de sonido en 0,0 dB (dentro de $\pm 2,0$ dB en cada octava). Por lo tanto, todos los resultados espectrales del habla y el ruido eran esencialmente idénticos.

Efectos del TR en la SNR

Un cambio en el TR y, por lo tanto, en los paneles acústicos, influía en los niveles de ruido más que en el habla (véase la Tabla 2). Es probable que se debiera a las ubicaciones relativamente cercanas de algunos paneles acústicos a los altavoces de ruido. Este cambio tenía el potencial de confundir los efectos del TR con la SNR en las puntuaciones de los participantes. Para evitarlo, se mantenían las SNR a través de los cambios en el TR mediante ajustes correspondientes en los niveles de ruido. Por ejemplo, un cambio en el TR de 0,3 a 0,9 s incrementaba los niveles del habla en 2,6 dB y del ruido en 5,7 dB, para obtener un cambio neto en la SNR de -3,1 dB. Una disminución posterior de 3 dB en el nivel de ruido contrarrestaba el cambio neto y, de esta manera, se mantenía la SNR original.

Marzo-Abril 2021 - número 2

Tabla 2. Cambios en los niveles de habla y ruido resultantes de los cambios en el tiempo de reverberación (TR).

TR (s)	Habla	Ruido	Cambio del TR	Habla	Ruido	SNR ^a
0,9	60,8	61,3	Cambio a 0,6	-1,3	-1,7	+0,4
0,6	59,5	59,6	Cambio a 0,3	-1,3	-4,0	+2,7
0,3	58,2	55,6	Cambio a 0,9	+2,6	+5,7	-3,1

Nota. SNR = relación señal-ruido (dBA)

^aEstos cambios netos en la SNR con cada cambio del TR se eliminaron mediante ajustes en los niveles de ruido, manteniendo por lo tanto la SNR constantes a través de los cambios en el TR.

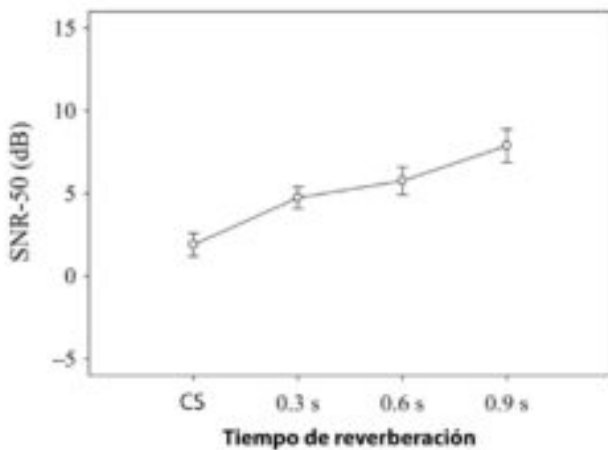
Resultados

Puntuaciones SNR-50

La puntuación media de SNR-50 en el TR de 0,9 s fue de 7,87 dB (DT = 3,16 dB); en el de 0,6 s de 5,77 dB (DT = 2,68 dB); en el de 0,3 s de 4,76 dB (DT = 2,08 dB); y en la cabina de sonido de 1,90 dB (DT = 2,22 dB; véase la Figura 2). En el primer análisis de resultados de las condiciones del TR, tres en el aula y uno en la cabina de sonido, se utilizó un diseño de medidas repetidas con cuatro niveles de TR con las puntuaciones SNR-50 como variable dependiente. El efecto principal del TR en la percepción del habla fue significativo, $F(3, 27) = 54,81$, $p < 0,0001$. El cambio en la puntuación media con cada acortamiento del TR fue significativo en el análisis post hoc (diferencia de menor significación de Fisher): de 0,9 a 0,6 s, $p = 0,0001$; de 0,6 a 0,3 s, $p = 0,0399$; y de 0,3 s a cabina de sonido, $p < 0,0001$.

Marzo-Abril 2021 - número 2

Figura 2. Relación señal-ruido (SNR) calculada para SNR-50 en tres tiempos de reverberación en el aula y en la cabina de sonido. Las barras de error representan errores estándar.

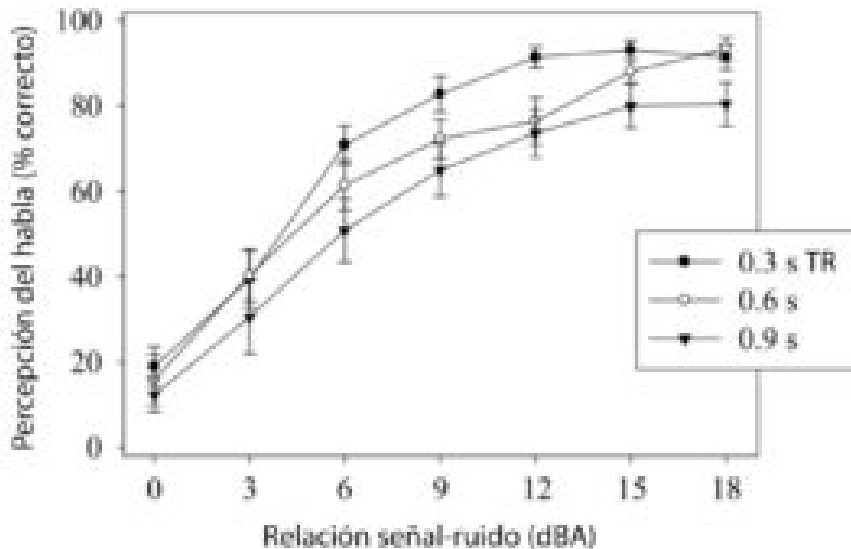


Puntuaciones porcentuales correctas de TR-SNR

El segundo análisis de los datos permitió calcular las funciones de intensidad del desempeño representadas en la Figura 3. En el Material complementario S2 en línea se facilitan la media, la desviación típica y el N de las puntuaciones SNR de 0 a +18 dB por cada TR. Además, en el segundo análisis se utilizó un diseño de medidas repetidas de 4 x 6 con cuatro niveles de TR y seis niveles de SNR con las puntuaciones porcentuales correctas de TR-SNR como variable dependiente. Los seis niveles de SNR fueron aquellos en los que los 10 participantes fueron evaluados en las cuatro condiciones de TR. El efecto principal del TR en las puntuaciones de percepción del habla fue significativo, $F(3, 27) = 37,24$, $p < 0,0001$. El principal efecto de SNR fue también significativo, $F(5, 45) = 121,67$, $p < 0,0001$. La interacción entre el TR y la SNR fue significativa, $F(15,135) = 1,97$, $p = 0,0214$, posiblemente debido a puntuaciones convergentes en los efectos de mínimo y máximo aparentes en las SNR más y menos difíciles.

Marzo-Abril 2021 - número 2

Figura 3. Las puntuaciones medias se representaron como curvas de desempeño/intensidad por cada tiempo de reverberación (RT) y relación habla-ruido en la escucha en el aula. Las barras de error representan errores estándar.



En los análisis post hoc de los efectos entre TR y SNR sobre las puntuaciones porcentuales correctas en el aula se descubrieron varios hechos interesantes. En primer lugar, un cambio de un solo paso en el TR o la SNR dio lugar a un cambio significativo en las puntuaciones en tan solo el 37% de las comparaciones. Por ejemplo, en un TR de 0,6 s, el cambio en la puntuación media con una mejora en la SNR de +6 a +9 dB no fue significativo ($p = 0,0559$), mientras que una mejora de +3 a +6 dB fue significativa ($p = 0,0003$). De manera similar, por ejemplo, en una SNR de +12 dB, el acortamiento del TR de 0,9 a 0,6 s dio lugar a un cambio no significativo en la puntuación ($p = 0,6214$), mientras que un acortamiento de 0,6 a 0,3 s produjo un cambio significativo ($p = 0,0085$). En segundo lugar, y por el contrario, cada aumento de 3 dB en la SNR de 0 a +3 a +6 a +9 a +12 a +15 dB, en combinación con una reducción de un solo paso en el TR de 0,9 a 0,6 a 0,3 s, dio lugar a mejoras muy significativas en todas las puntuaciones (todas las $p \leq 0,0082$), con la excepción de un cambio significativo de la SNR de 9 dB en un TR de 0,9 s a una SNR de 12 dB en un TR de 0,6 s ($p = 0,0443$) y un cambio significativo de la SNR de +12 dB en un TR de 0,9 s a una SNR de +15 dB en un TR de 0,6 s ($p = 0,0112$). Un ejemplo de estos cambios es la mejora de 19,2 puntos porcentuales en las puntuaciones del 72,2% en el TR de 0,6 s y la SNR de +9 dB al 91,4% en el TR de 0,3 s y la SNR de +12 dB. Una puntuación media en el aula de > 90% correcta no se produjo en el TR de 0,9 s en ninguna SNR, pero si se produjo en el TR de 0,6 s en únicamente la SNR más alta, así como en SNR más bajas en el TR de 0,3 s (véanse la Figura 3 y el Material complementario S2).

Discusión

1. ¿Beneficia la reducción del TR en el aula de 0,6 s a 0,3 s, tal como se requiere en la norma ANSI/ASA S12.60-2010/Parte 1, el desempeño en la percepción del habla de los niños con una pérdida auditiva que utilizan audífonos?

Marzo-Abril 2021 - número 2

Cada reducción del TR de 0,9 a 0,6 a 0,3 s mejoró significativamente la percepción general del habla de los niños con audífonos. El tamaño de la muestra de este estudio y los rangos de la pérdida auditiva y las edades cronológicas de los participantes pueden limitar la generalización de estos resultados a todos los niños que utilizan audífonos. Por otra parte, estos hallazgos respaldan el requisito de la Tabla 1, nota al pie e y Sección 5.3.2 de la norma ANSI/ASA S12.60-2010/Parte 1, de que «los espacios de aprendizaje básicos $\leq 283 \text{ m}^3$ deberán ser fácilmente adaptables para permitir una reducción del tiempo de reverberación a 0,3 s» y, en el Anexo B, Comentario-5.3.1, la declaración de que «un tiempo de reverberación de 0,3 s... es necesario para los niños con discapacidad auditiva y/u otros problemas de comunicación.» En este estudio se facilitan los primeros datos publicados y revisados por pares para comparar el desempeño de los niños con audífonos que escuchan en estos dos TR indicados en la norma ANSI/ASA-2010. En Finitzo-Hieber y Tillman (1978), el otro estudio publicado y revisado por pares para determinar el desempeño de la percepción del habla por parte de niños con pérdida auditiva que utilizan audífonos en TR semejantes a los de un aula, se compararon puntuaciones en TR de 0,4 a 1,2 s.

La evidencia del beneficio de acortar el TR de 0,6 a 0,3 s basada únicamente en las puntuaciones de SNR-50 del primer análisis fue significativa, si bien no fue una comparación tan sólida como entre el TR de 0,9 y 0,6 s (o entre el TR de 0,3 s y la cabina de sonido). Dado que cada puntuación SNR-50 representa la única SNR en la que se calcula que un oyente percibe correctamente el 50% de las palabras, los análisis de SNR-50 de este estudio se centraron solo en los efectos del TR. En el segundo análisis en el que se utilizaron puntuaciones porcentuales correctas y funciones de desempeño-intensidad, se examinaron los efectos combinados del TR y la SNR. En estos análisis se observó que, cuando los participantes obtienen buenas puntuaciones en el TR de 0,6 s (por ejemplo, $\geq 85\%$), también obtienen buenas puntuaciones comparativamente en el TR de 0,3 s y, lo que es más importante, en condiciones de ruido más exigentes de aproximadamente 3 a 6 dB. Por ejemplo, en el TR de 0,6 s y una SNR de +18 dB, los participantes obtuvieron una puntuación correcta $> 90\%$, mientras que en el TR de 0,3 s obtuvieron puntuaciones similares en una SNR de +15 y de +12 dB. Esta ventaja proporcionada por el TR más breve es importante considerando los niveles de ruido notificados en las aulas ordinarias.

Desde otra perspectiva en este estudio, algo más de un tercio de los incrementos de 3 dB en la SNR solamente o los cambios de un solo paso en el TR solamente dieron lugar a una mejora significativa en las puntuaciones. Finitzo-Hieber y Tillman (1978), por otro lado, informaron de mejoras significativas en las puntuaciones de los niños con audífono en cada paso en la SNR y, por separado, en cada paso en el TR. Esta diferencia en los hallazgos puede deberse al tamaño de paso de Finitzo-Hieber y Tillman en las SNR y los TR que era numéricamente el doble que en este estudio.

2. ¿Predicen los resultados clínicos de los niños con audífonos, que se obtienen en una cabina de sonido casi anecoica, el desempeño en la percepción del habla en un aula con un buen tratamiento acústico con un TR de 0,3 s?

El desempeño medio de la percepción del habla de los niños en la cabina de sonido fue significativamente mejor, con una SNR-50 de 2,86 dB, que el observado en el TR de 3 s en el aula. Las comparaciones de puntuaciones porcentuales correctas en SNR específicas en la cabina de sonido con la puntuación en la misma SNR en el TR de 0,3 s ofrecen otra perspectiva (véase el Material complementario S2). Las puntuaciones obtenidas en SNR por debajo de los efectos de máximo aparentes (0, +3, +6 y +9 dB) fueron

Marzo-Abril 2021 - número 2

superiores con un promedio del 18,6% en la cabina de sonido en comparación con los resultados en el TR de 3 s en el aula, con la mayor diferencia de 31,4% en la SNR de +3 dB. Estos hallazgos de ambos análisis sugieren que en los resultados clínicos obtenidos en condiciones casi anecoicas probablemente se sobrestimen las capacidades de percepción del habla de niños con audífonos en el TR de 0,3 s. Sin embargo, la magnitud de las desviaciones típicas en las puntuaciones SNR-50 y TR-SNR sugieren precaución al aplicar estos promedios a cualquier niño.

En el momento de escribir este artículo, el autor no pudo encontrar ningún estudio publicado en el que se utilizasen las puntuaciones SNR-50 de niños con audífonos para comparar las condiciones de escucha reverberantes y no reverberantes. Las puntuaciones porcentuales correctas TR-SNR permiten un medio alternativo de comparación. Los datos de Finitzo-Hieber y Tillman (1978) permiten una comparación de SNR (0, +6, +12 dB y en silencio) individual de las puntuaciones obtenidas en el TR de 0,4 s que, en condición anecoica, mejoraron 9,3 puntos porcentuales (rango: 7,3-11,2). Un análisis similar en este estudio, limitado a SNR de 0, +6, +12 y +18 dB para la comparación con las condiciones de escucha del TR de 0,3 s y la cabina de sonido, reveló una mejora media similar en las puntuaciones de 11 puntos porcentuales (si bien con un rango más amplio: 3,3-26,9). Cualquier comparación se debe realizar teniendo en cuenta las diferencias metodológicas entre el estudio de Finitzo-Hieber y Tillman y el presente, como las diferencias en las condiciones de la prueba de TR.

Un patrón consistente surgió a través de estudios en los que los niños con audífonos percibían el habla en reverberación y ruido mejor que aquellos con implantes cocleares y, como era de esperar, con mayor dificultad que los niños con una audición normal. En Iglehart (2016), en una condición de escucha casi anecoica, 10 niños con una audición normal y con una edad de 5-15 años obtuvieron una puntuación SNR-50 de -0,5 dB. Como se ha mencionado anteriormente y en condiciones de escucha similares, los niños con implantes cocleares del estudio de Iglehart obtuvieron una puntuación SNR-50 de 7,4 dB, mientras que los de Neuman et al. (2012) obtuvieron de forma similar una puntuación SNR-50 de 5,82 dB. Los niños con audífonos de este estudio obtuvieron una puntuación SNR-50 de 1,90 dB, un desempeño que se encuentra a caballo entre los niños con una audición normal y los que utilizan implantes cocleares.

Este patrón de desempeño también se observó en condiciones reverberantes. En un entorno de escucha de TR de 0,3 s, Neuman et al. (2010) notificaron que 63 niños de 6-12 años y 9 adultos con una audición normal obtuvieron una puntuación SNR-50 de 2,7 dB. Iglehart (2016) notificó que 23 niños con una audición normal de 5-16 años que escuchaban en el TR de 0,3 s obtuvieron una puntuación SNR-50 de -2,5 dB. Iglehart notificó también que 23 niños con implantes cocleares de 5-16 años obtuvieron una puntuación SNR-50 de 9,7 dB. Los 10 niños con audífonos de este estudio obtuvieron una puntuación SNR-50 de 4,76 dB. En el TR de 0,6 s, la misma cohorte con audición normal del estudio de Neuman et al. obtuvo una puntuación SNR-50 de 3,4 dB. Los 23 niños con una audición normal del estudio de Iglehart obtuvieron una puntuación SNR-50 de -2,3 dB, mientras que los 23 niños con implantes cocleares obtuvieron una puntuación SNR-50 de 10,9 dB. Neuman et al. (2012) informaron que los niños con implantes cocleares mencionados anteriormente obtuvieron una puntuación SNR-50 de 10,25 dB. En este estudio, los participantes con audífonos obtuvieron una puntuación SNR-50 de 5,77 dB. En el TR de 0,9 s, Iglehart observó que los niños con una audición normal obtuvieron una puntuación SNR-50 de -0,6 dB, mientras que aquellos con implantes cocleares obtuvieron una puntuación SNR-50 de 14,0 dB. Los niños con audífonos de este estudio obtuvieron una puntuación SNR-50 de 7,87 dB.

Marzo-Abril 2021 - número 2

La mayoría de las sesiones de pruebas tuvo lugar después de las clases, lo que limitó el tiempo de cada niño y de sus padres. Por lo tanto, no fue posible añadir pruebas audiométricas para confirmar los umbrales de audición reflejados en el audiograma más reciente disponible para este estudio o probar electroacústicamente el audífono o los audífonos de cada niño para verificar su idoneidad. Se desconoce hasta qué punto los posibles cambios en el estado de la audición después de que se registrara el audiograma de cada participante pueden haber influido en los resultados de este estudio. También se desconoce el porcentaje de alumnos en las aulas en un día determinado que tienen unos audífonos ajustados adecuadamente, o el porcentaje que necesita ajustes actualizados, o el grado en que la idoneidad de la amplificación utilizada por los participantes de este estudio puede haber reflejado la de los alumnos con audífonos en aulas ordinarias. El alcance con el que la calidad del ajuste de los audífonos interactúa con la acústica requiere un estudio más a fondo.

Puede surgir un problema con el uso de un TR de 0,3 s en el caso de los niños con pérdida auditiva cuando también se encuentren presentes en el aula niños con una audición normal. Se ha informado que las reflexiones de sonido tempranas (< 50 ms) benefician la percepción del habla (p. ej., Bradley y Sato, 2003; Lochner y Burger, 1964; Yang y Bradley, 2009) y el acortamiento de los TR podría potencialmente reducir estas reflexiones tempranas de una forma significativamente suficiente como para influir en la escucha. No obstante, en otros estudios se ha demostrado que las reducciones en el TR no dieron lugar a cambios significativos en las puntuaciones de los niños con una audición normal [de 0,4 a 0,0 s (Finitzo-Hieber y Tillman, 1978) o de 0,6 a 0,3 s (Iglehart, 2016; Neuman et al., 2010)] o, dependiendo de las comparaciones, una reducción a un TR de 0,0 s no tuvo ningún efecto ni mejoró las puntuaciones de los niños (Wróblewski et al., 2012).

En este estudio se utilizó la prueba BKB-SIN por diversos motivos. El uso del «parloteo» multihablante en la prueba puede representar mejor el ruido del aula que el ruido con forma de habla; en la prueba se presenta un rango de SNR habituales, o mejores, en la mayoría de las aulas; y la prueba incluye una cantidad suficiente de listas de oraciones como para cubrir todas las condiciones de prueba sin repetición. Sin embargo, la prueba BKB-SIN presenta cada lista de oraciones en SNR que progresan únicamente de valores altos a bajos. Existen observaciones anecdóticas y ajenas a este estudio que sugieren que esta progresión puede propiciar que algunos participantes abandonen prematuramente a medida que las oraciones de una lista se hacen más difícil de oír, lo que se traduce probablemente en puntuaciones más bajas en comparación con una prueba con procedimientos adaptativos (p. ej., Hearing in Noise Test for Children; Nilsson, Soli y Gelnett, 1996). Además, es posible que en futuros estudios que incluyan los efectos beneficiosos de la lectura del habla y otras señales visuales se pueda conseguir una comprensión más completa de la percepción del habla en la reverberación del aula. También es necesario investigar si los niños con una pérdida auditiva realizan un mayor esfuerzo auditivo a medida que aumentan el TR y el ruido, lo que añade una mayor carga cognitiva en la comprensión de profesores y compañeros en comparación con los niños con una audición normal (p. ej., Johnson, 2000; Klatte et al., 2010; Leibold, 2017; Nábělek y Robinson, 1982; Neuman et al., 2010; Wróblewski et al., 2012).

En este estudio se modificó la BKB-SIN en varias maneras no validadas. La SNR-50 es la única puntuación validada en la prueba BKB-SIN, pero no lo son las puntuaciones porcentuales correctas de TR-SNR con las funciones resultantes de desempeño-intensidad utilizadas en este estudio y en otros (Neuman et al., 2010; Wilson, McArdle y Smith, 2007; Wróblewski et al., 2012). La BKB-SIN también está validada con listas de 8 y

Marzo-Abril 2021 - número 2

10 oraciones, no con la longitud igualada de todas las listas a 8 oraciones utilizadas en este estudio; con una SNR inicial de +21 dB, no con el uso de SNR iniciales adaptativas; y para uso con ruido, pero no con ruido y reverberación. Los resultados del estudio se deben interpretar con cautela teniendo en cuenta estos cambios en el uso validado de esta prueba.

La tecnología de audífonos puede ayudar a mejorar la percepción del habla en condiciones acústicas difíciles mediante el uso de micrófonos direccionales y sistemas de FM (p. ej., Anderson et al., 2005). Los sistemas de FM pueden ayudar a mejorar la percepción del habla en presencia de ruido y probablemente a reducir los efectos perjudiciales de la reverberación. Esto se logra reduciendo la distancia funcional entre el hablante y el oyente a una distancia acústica crítica en cualquier aula. No obstante, algunas limitaciones son el acceso de FM únicamente al hablante con el micrófono y la fiabilidad de FM como sistema electrónico sometido al uso y el desgaste de los niños que lo utilizan.

Varios aspectos de las condiciones de prueba no representaban un aula de niños. La posición de escucha siempre se mantuvo cerca (3 m) de la fuente de habla sin sufrir modificaciones. Además, el aula de la prueba estuvo ocupada por tan solo tres personas, con ruido de espectro constante y niveles específicos, proviniendo con la misma intensidad desde todas las direcciones y con TR constantes. Uno o varios de estos factores acústicos relacionados cambiarían a menudo en un aula de niños. Por otra parte, en este estudio se evaluó la percepción de palabras familiares en oraciones simples, mientras que los niños en un aula deben percibir el habla en un entorno lingüístico complejo y en constante evolución.

El uso de 50 paneles acústicos para reducir el TR en el aula del estudio a 0,3 s puede no parecer práctico en un gran número de aulas. No obstante, el aula de prueba carecía intencionalmente de paneles acústicos en el techo, de manera que el TR resultante de 0,9 s podría representar la acústica notificada en las aulas, además de contribuir al continuo de datos de desempeño obtenidos en TR de 0,6 y 0,3 s. Otras aulas de tamaño similar del colegio anfitrión disponían de placas de techo acústicas combinadas con un número limitado de paneles de pared acústicos ubicados convenientemente entre pizarras negras/blancas, bancos de ventanas y grandes pantallas de pared, con los TR acercándose a 0,3 s. Este TR relativamente breve se podría alcanzar fácilmente en otras aulas y sin interferencia en la función de la sala.

La American Speech-Language-Hearing Association (2018) menciona la SNR de +15 dB como una condición de escucha para que los niños con una audición normal perciban «plenamente» los mensajes verbales del aula. Los participantes en este estudio mostraron mejoras significativas en la percepción del habla superiores al 90% con una SNR de +15 dB en el aula, pero solo en el TR de 0,3 s. Esta necesidad tanto de SNR altas como de RT breves es congruente con las observaciones de otros estudios de niños con una pérdida auditiva que escuchan en entornos ruidosos y con baja reverberación (niños con audífonos: Finitzo-Hieber y Tillman, 1978; niños con implantes cocleares: Iglehart, 2016). Si bien el tamaño pequeño de la muestra de este estudio y los rangos de pérdida auditiva y edades pueden limitar la generalización de estos resultados a todos los niños que utilizan audífonos, un creciente número de pruebas sobre la percepción del habla por parte de los niños con una pérdida auditiva respalda el requisito de un TR de 0,3 s de la ANSI/ASA S12.60-2010 y, tal como aborda ASHA, una SNR de al menos +15 dB.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación se ha financiado con la subvención H133G060116 del National Institute on

Marzo-Abril 2021 - número 2

Disability and Rehabilitation Research, y las subvenciones de Gustuvus and Louise Pfeiffer Research Foundation, concedidas a Frank Iglehart. El autor agradece a Arthur Boothroyd, John Bradley, Richard Freyman, David Lubman y Margaret Skinner los comentarios y sugerencias a lo largo de este proyecto, y a los participantes y a sus familias por su tiempo y colaboración.

Los informes preliminares sobre segmentos de este estudio se presentaron en el XIX Congreso Internacional de Acústica, Madrid, España; Acoustics '08, Joint Conference of the Acoustical Society of America and the European Acoustics Association, París, Francia; Inter•Noise 2009 – The 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Ottawa, Canadá; y EURONOISE 2009 – Action on Noise in Europe, Edimburgo, Escocia.

Bibliografía

All Noise Control. (2007). *NRC rating*. Consultado en <http://www.allnoisontrol.com/products/CeilingBaffles.cfm>

American National Standards Institute. (2002). *Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools* (ANSI S12.60-2002). Melville, NY: Acoustical Society of America.

American National Standards Institute/Acoustical Society of America. (2010). *Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools* (ANSI/ASA S12.60-2010). Melville, NY: Acoustical Society of America.

American Society for Testing and Materials Standards. (2002). *Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method* (ASTM C423-02ae1). West Conshohocken, PA: ASTM International.

American Speech-Language-Hearing Association. (2018). *Practice portal—Classroom acoustics*. Consultado en <https://www.asha.org/Practice-Portal/professional-issues/classroom-acoustics/>

Anderson, K. L. y Goldstein, H. (2004). Speech perception benefits of FM and infrared devices to children with hearing aids in a typical classroom. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 35, 169-184.

Anderson, K. L., Goldstein, H., Colodzin, L. e Iglehart, F. (2005). Benefit of S/N enhancing devices to speech perception of children listening in a typical classroom with hearing aids or a cochlear implant. *Journal of Educational Audiology*, 12, 14–28.

Blamey, P., J., Sarant, J. Z., Paatsch, L. E., Barry, J. G., Bow, C. P., Wales, R. J.,... Tooher, R. (2001). Relationships among speech perception, production, language, hearing loss, and age in children with impaired hearing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44, 264-285.

Boothroyd, A. (1984). Auditory perception of speech contrasts by subjects with sensorineural hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 134-144.

Marzo-Abril 2021 - número 2

- Boothroyd, A.** (2008). The performance/intensity function: An underused resource. *Ear and Hearing*, 29(4), 479-491.
- Bradley, J. S.** (1986). Speech intelligibility studies in classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 80(3), 846-854.
- Bradley, J. S. y Sato, H.** (2003). On the importance of early reflections for speech in rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(6), 3233-3244.
- Buss, E., Hall, J. W. y Grosse, J. H.** (2004). Temporal fine-structure cues to speech and pure tone modulation in observers with sensorineural hearing loss. *Ear and Hearing*, 25(3), 242-250.
- Corbin, N. E., Bonino, A. Y., Buss, E. y Leibold, L. J.** (2016). Development of open-set word recognition in children: Speech-shaped noise and two-talker speech maskers. *Ear and Hearing*, 37(1), 55-63.
- Cox, R. M., DeChicchis, A. R. y Wark, D. J.** (1981). Demonstration of binaural advantage in audiometric test rooms. *Ear and Hearing*, 2(5), 194-201.
- Crandell, C. C. y Smaldino, J. J.** (1994). An update of classroom acoustics for children with hearing impairment. *The Volta Review*, 96, 291-306.
- Crandell, C. C. y Smaldino, J. J.** (2004). *Classroom acoustics*. En R. J. Roeser y M. P. Downs (Eds.), *Auditory disorders in school children* (4ª ed., pág. 269-283). Nueva York, NY: Thieme.
- Etymotic Research, Inc.** (2005). *Bamford-Kowal-Bench Speech in Noise Test (BKB-SIN Test)*, versión 1.03, disco compacto de audio y manual de usuario. Elk Grove Village, IL: Autor.
- Finitzo-Hieber, T. y Tillman, T. W.** (1978). Room acoustics effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 21, 440-458.
- Guenther, J. y Adrian, M.** (2000). Designing and building for quiet in a school for deaf children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(5), 2832. Consultado en <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.429143>
- Hnath-Chisolm, T. E., Laipply, E. y Boothroyd, A.** (1998). Age-related changes on a children's test of sensory-level speech perception capacity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41, 94-106.
- Iglehart, F. (2007, septiembre). *Minimal classroom requirements for optimal acoustic access to speech by children with and without hearing loss*. Ponencia presentada en el XIX Congreso Internacional de Acústica, Madrid, España, RBA-04-008, número especial de Revista de Acústica, 38(3-4).
- Iglehart, F.** (2008a, enero). Effects of reverberation and noise on speech perception by children with normal and impaired hearing—Preliminary results. *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 30(1), 42-48.
- Iglehart, F.** (2008b, julio). *Speech perception in classroom noise and reverberation by children with typical and impaired hearing*—Preliminary results. Ponencia presentada en Acoustics'08, Congreso conjunto de la

Marzo-Abril 2021 - número 2

Acoustical Society of America y la European Acoustics Association, París, Francia.

Iglehart, F. (2016). Speech perception in classroom acoustics by children with cochlear implants and with typical hearing. *American Journal of Audiology*, 25(2), 100-109.

Johnson, C. E. (2000). Children's phoneme identification in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 144-157.

Klatte, M., Lachmann, T. y Meis, M. (2010). Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. *Noise & Health*, 12, 270-282. Consultado en <http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2010/12/49/270/70506>

Knecht, H. A., Nelson, P. B., Whitelaw, G. M. y Feth, L. L. (2002). Background noise levels and reverberation times in unoccupied classrooms: Predictions and measurements. *American Journal of Audiology*, 11, 65-71.

Koopmans, W. J. A., Goverts, S. T. y Smits, C. (2018). Speech recognition abilities in normal-hearing children 4 to 12 years of age in stationary and interrupted noise. *Ear and Hearing*, 39(6), 1091-1103.

Larsen, J. B. y Blair, J. C. (2008). The effect of classroom amplification on the speech-to-noise ratios in classrooms while class is in session. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 39, 451-460.

Larson Davis, Inc. (2004). RTA (opcional). En el manual de referencia System 824 (pág. 11-1-11-39). Provo, UT: Autor.

Leibold, L. J. (2017). Speech perception in complex acoustic environments: Developmental effects. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60, 3001-3008.

Lewis, D. E., Manninen, C. M., Valente, D. L. y Smith, N. A. (2014). Children's understanding of instructions presented in noise and reverberation. *American Journal of Audiology*, 23, 326-336.

Lochner, J. P. A. y Burger, J. F. (1964). The influence of reflections on auditorium acoustics. *Journal of Sound and Vibration*, 1(4), 426-454.

MacKenzie, D. J. y Airey, S. (1999). *Classroom acoustics* (informe resumido). Edimburgo, Reino Unido: Departamento de Ingeniería de Edificación y Topografía, Heriot-Watt University.

McCreery, R. W., Walker, E. A., Spratford, M., Bentler, R., Holte, L., Roush, P., ... Moeller, M. P. (2015). Longitudinal predictors of aided speech audibility in infants and children. *Ear and Hearing*, 36, 24S-37S.

Nábělek, A. K. y Pickett, J. M. (1974). Monaural and binaural speech perception through hearing aids under noise and reverberation with normal and hearing-impaired listeners. *Journal of Speech and Hearing Research*, 17, 724-739.

Nábělek, A. K. y Robinson, P. K. (1982). Monaural and binaural speech perception in reverberation for

Marzo-Abril 2021 - número 2

listeners of various ages. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 71(5), 1242-1248.

Neuman, A. C. y Hochberg, I. (1983). Children's perception of speech in reverberation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 73(6), 2145-2149.

Neuman, A. C., Wróblewski, M., Hajicek, J. y Rubinstein, A. (2010). Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal-hearing children and adults. *Ear and Hearing*, 31(3), 336-344.

Neuman, A. C., Wróblewski, M., Hajicek, J. y Rubinstein, A. (2012). Measuring speech recognition in children with cochlear implants in a virtual classroom. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55, 532-540.

Nilsson, M. J., Soli, S. D. y Gelnett, D. J. (1996). *Development of the Hearing in Noise Test for Children (HINT-C)*. Los Ángeles, CA: House Ear Institute.

Northern, J. L. y Downs, M. P. (1991). *Hearing in children* (4ª ed., pág. 14). Baltimore, MD, Lippincott Williams y Wilkins.

Picard, M. y Bradley, J. S. (2001). Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology*, 40, 221 -244.

Pittman, A. L., Lewis, D. E., Hoover, B. M. y Stelmachowicz, P. G. (1999). Recognition performance for four combinations of FM system and hearing aid microphone signals in adverse listening conditions. *Ear and Hearing*, 20(4), 279-289.

Schauch, R. S. y Nelson, P. (2015). Puretone evaluation. En J. Katz, M. Chasin, K. English, L. J. Hood y K. L. Tillery (Eds.), *Handbook of clinical audiology* (7ª ed., pág. 35-38). Filadelfia, PA: Wolters Kluwer.

Shield, B. M. y Dockrell, J. E. (2008). The effect of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(1), 133-144.

Taub, C. F., Kanis, R. y Kramer, L. (2003). Reducing acoustic barriers in classrooms: A report comparing two kindergarten classrooms in an inner-city school. *Journal of Educational Audiology*, 11, 69-74.

Wilson, R. H., McArdle, R. A. y Smith, S. L. (2007). An evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN materials on listeners with normal hearing and listeners with hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 844-856.

Wróblewski, M., Lewis, D. E., Valente, D. L. y Stelmachowicz, P. G. (2012). Effects of reverberation on speech recognition in stationary and modulated noise by school-aged children and young adults. *Ear and Hearing*, 33(6), 731-744.

Yacullo, W. S. y Hawkins, D. B. (1987). Speech recognition in noise and reverberation by school-age children. *Audiology*, 26, 235-246.

Yang, W. y Bradley, J. S. (2009). Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms

Marzo-Abril 2021 - número 2

for young children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(2), 922-933

Traducido con autorización del artículo "Percepción del habla en la acústica del aula de los niños con pérdida auditiva que utilizan audífonos", por Frank Iglehart (*American Journal of Audiology*, vol. 29, 6-17, Marzo 2020, <http://aja.pubs.asha.org/journal.aspx>). Este material ha sido originalmente desarrollado y es propiedad de la American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD, U.S.A., www.asha.org. Todos los derechos reservados. La calidad y precisión de la traducción es únicamente responsabilidad de AG BELL INTERNATIONAL.

La American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) no justifica o garantiza la precisión, la totalidad, la disponibilidad, el uso comercial, la adecuación a un objetivo particular o que no se infringe el contenido de este artículo y renuncia a cualquier responsabilidad directa o indirecta, especial, incidental, punitiva o daños consecuentes que puedan surgir del uso o de la imposibilidad de usar el contenido de este artículo.

Translated, with permission, from "Speech Perception in Classroom Acoustics by Children with Hearing Loss and Wearing Hearing Aids", by Frank Iglehart (*American Journal of Audiology*, vol. 29, 6-17, Marzo 2020, <http://aja.pubs.asha.org/journal.aspx>). This material was originally developed and is copyrighted by the American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD, U.S.A., www.asha.org. All rights are reserved. Accuracy and appropriateness of the translation are the sole responsibility of AG BELL INTERNATIONAL.

The American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) does not warrant or guarantee the accuracy, completeness, availability, merchantability, fitness for a particular purpose, or noninfringement of the content of this article and disclaims responsibility for any damages arising out of its use. Description of or reference to products or publications in this article, neither constitutes nor implies a guarantee, endorsement, or support of claims made of that product, publication, or service. In no event shall ASHA be liable for any indirect, special, incidental, punitive, or consequential damages arising out of the use of or the inability to use the article content.

Pensando «fuera de la cabina»

Vickie L. Tuten
Occupational Marketing Inc., Houston, Texas.

Kathy E. Gates
Previsión y Vigilancia del Centro de Excelencia Auditiva, Departamento de Defensa de EE.UU.

Marjorie Grantham
Coordinadora de Divulgación Académica de zCore Business Solutions

Marzo-Abril 2021 - número 2

La realización de exámenes de audición sin cabina implica una mayor rapidez en las evaluaciones, lo que idealmente se traduce en la identificación temprana de una pérdida auditiva. La naturaleza generalizada de la pérdida auditiva en el mundo actual significa que ha llegado el momento de adaptar la atención sanitaria auditiva.

La pérdida auditiva es una de las principales cargas sanitarias mundiales, con una de cada 10 personas afectadas por un grado leve o superior de pérdida auditiva, según la Organización Mundial de la Salud. Mientras tanto, la exposición al ruido pone en riesgo a más personas: más de mil millones de jóvenes entre 12 y 35 años corren el riesgo de sufrir una pérdida auditiva por la exposición al ruido sin protección en entornos de ocio (véanse las referencias bibliográficas). Esta carga se agrava debido al número limitado de profesionales de atención sanitaria auditiva disponibles en todo el mundo.

Basándose en estas tendencias, la industria de la atención sanitaria auditiva ha extendido la prestación de servicios auditivos más allá de la cabina audiométrica. La eliminación de la necesidad de una cabina aumenta la flexibilidad en la oferta de servicios. Incrementa también el acceso de los usuarios y la comodidad de obtención de estos servicios. No obstante, la mayor dificultad cuando se realiza una prueba de audición sin cabina ha sido siempre la interferencia del ruido de fondo, lo que da lugar a umbrales auditivos incorrectos.

Para evitar que el ruido exterior llegue a los oídos, los investigadores han probado una serie de configuraciones de auriculares. Estas herramientas [auriculares, auriculares de inserción más cascos y tecnología de reducción de ruido activa (ANR, por sus siglas en inglés) con auriculares de inserción y cascos] han dado como resultado numerosas opciones de audiometría sin cabina.

El reto

Una limitación identificada en la audiometría de detección es el ruido de fondo de baja frecuencia, especialmente en entornos industriales e institucionales, donde este tipo de ruido es frecuente (véanse las referencias bibliográficas). El ruido típico de un hospital, como el procedente de monitores, alarmas, tráfico en los pasillos y otros sonidos competitivos, puede comprometer la comunicación entre el paciente y el proveedor. Una prueba rápida y sin cabina puede identificar la pérdida auditiva y facilitar adaptaciones razonables. Un gran avance para superar el problema de la interferencia del ruido de fondo es el uso de auriculares de inserción (intraurales), en lugar de los auriculares supraurales convencionales que se colocan sobre el pabellón auditivo.

En un estudio se concluyó que los auriculares de inserción ER-3A, con extremos ER-14 completamente insertados, permiten (en la mayoría de los casos) una medición precisa del umbral auditivo hasta un nivel de audición (HL) de 0 dB, en el rango de frecuencia de 125 a 8000 Hz, para niveles de ruido de fondo inferiores a 45 dBA. Los auriculares ER-3A, con los extremos ER-14 correctamente insertados, proporcionan una reducción del ruido de fondo de 30 a 40 dB, lo que permite realizar pruebas para la obtención del cero audiométrico en entornos de ruido de oficina típicos (véanse las referencias bibliográficas).

No obstante, en otro estudio se detectaron casos en los que los auriculares de inserción y las cabinas insonorizadas portátiles de pared simple no fueron eficaces para reducir el ruido de fondo de baja frecuencia típico de entornos industriales e institucionales.

Marzo-Abril 2021 - número 2

En la ANR se utiliza la generación electrónica de ondas sonoras fuera de fase para mitigar el ruido de fondo (véanse las referencias bibliográficas). Los investigadores concluyeron que la audiometría con la tecnología ANR genera un audiograma idéntico al obtenido en una cabina insonorizada de doble pared. Esta tecnología es especialmente útil en los países en desarrollo, donde las cabinas insonorizadas no se encuentran disponibles a menudo (véanse las referencias bibliográficas). Además, la disponibilidad de cabinas insonorizadas en diversos entornos, como colegios, residencias de ancianos y comunidades rurales, es limitada (véanse las referencias bibliográficas). La tecnología ANR permite reducir el ruido de fondo, además de ser portátil y menos cara que una cabina.

En un estudio se investigó la validez de un audiómetro de diagnóstico móvil, automatizado y sin cabina en cuanto a la mejora de la atenuación y la monitorización del ruido en tiempo real. Los autores demostraron que es posible realizar pruebas automatizadas precisas y fiables en un entorno natural cuando se utiliza una atenuación suficiente mediante auriculares en combinación con una monitorización del ruido ambiental en tiempo real y se compara favorablemente con la audiometría manual realizada en una cabina insonorizada.

La tecnología automatizada sin cabina no requiere la participación constante de un audiólogo durante todo el proceso de pruebas. No obstante, el audiólogo deberá interpretar y analizar los resultados de las pruebas, además de determinar la disposición.

Ampliación del modelo

La audiometría sin cabina presenta oportunidades para detección y monitorización audiométrica en revisiones médicas periódicas a lo largo de la vida del paciente. En el caso de las personas en las que se identifique un problema, se les podrá derivar a un audiólogo que les evaluará o tratará, lo que supondrá una ventaja en términos de anticipación. Los audiólogos pueden y deben ser los impulsores de este modelo. Pueden iniciar un diálogo con los proveedores médicos de su comunidad acerca de la importancia de los exámenes de audición, de la identificación, la mitigación y el tratamiento tempranos de la pérdida auditiva y la manera en que su colaboración puede mejorar los resultados de los pacientes.

Este modelo facilita también oportunidades para que los audiólogos informen a los profesionales de la medicina sobre la importancia de la audición para que haya una buena comunicación entre el paciente y el profesional médico. Cuando el examen audiométrico indique una pérdida auditiva, el proveedor podrá ofrecer de inmediato estrategias y adaptaciones de comunicación, como son los amplificadores auditivos personales, las tecnologías inteligentes (como los dispositivos auditivos portátiles) y los productos de apoyo auditivo para mejorar de inmediato la comunicación entre el paciente y el proveedor. Si se observa una pérdida auditiva durante el examen de un paciente, se le podrá derivar a un audiólogo para su diagnóstico y tratamiento. Con la tecnología sin cabina, el audiólogo tiene la flexibilidad de prestar estos servicios de diagnóstico y rehabilitación auditiva en ambulatorios de atención primaria, clínicas de atención especializada y entornos hospitalarios.

Las zonas de espera de clínicas y farmacias representan una oportunidad para realizar un examen de audición autodirigido con la capacidad de imprimir los resultados de las pruebas de audición. Otra opción es que los asistentes médicos realicen exámenes de audición durante la medición de las constantes vitales de los pacientes. Podrán compartir los resultados con el proveedor de atención médica, quien podrá

Marzo-Abril 2021 - número 2

facilitar al paciente adaptaciones de comunicación inmediatamente durante la visita y, a continuación, derivarle a un audiólogo en caso necesario. Los audiólogos podrán demostrar la tecnología sin cabina e intermediar en la formación de otras personas por parte de los fabricantes, así como también proporcionar protocolos de examen, pruebas y referencia para proveedores y asistentes.

Los audiólogos deben ser los profesionales que reivindiquen la identificación, la mitigación y el tratamiento tempranos de la pérdida auditiva. En un modelo eficaz, los audiólogos colaboran con otros profesionales médicos de su comunidad para facilitar e implementar métodos de examen/monitorización de la pérdida auditiva utilizando la tecnología sin cabina. De esta manera, se benefician a corto plazo tanto el proveedor médico como el paciente, dado que se garantiza una buena comunicación entre ambos. A largo plazo, el paciente recibe servicios de audición en una etapa más temprana, ya que el audiólogo forma parte integral de la red sanitaria de la comunidad. La incorporación de asistentes audiométricos en este modelo también sirve de ayuda a los audiólogos.

En palabras de Albert Einstein: «Si siempre se hace lo mismo, siempre se consigue lo mismo». La expansión de nuestro modelo actual de prestación de atención sanitaria auditiva «fuera de la cabina» se traducirá en un mayor acceso a la atención sanitaria auditiva, una identificación, un tratamiento y una mitigación de la pérdida auditiva en una etapa más temprana, una reducción en el impacto de los efectos comórbidos de la discapacidad auditiva y unos mejores resultados generales para los pacientes.

Bibliografía

Berger, E. H. y Killion, M. C. (1989). Comparison of the noise attenuation of three audiometric earphones, with additional data on masking near threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 86(4), 1392-1403.

Bromwich, M. A., Parsa, V., Lanthier, N., Yoo, J. y Parnes, L. S. (2008). Active noise reduction audiometry: A prospective analysis of a new approach to noise management in audiometric testing. *The Laryngoscope*, 118(1), 104-109.

CDC (2005). *Injury Prevention, Explosions and Blast Injuries—A Primer for Clinicians*, 2005. Disponible en: <http://www.cdc.gov/masstrauma/preparedness/primer.pdf>

Goulios, H. y Patuzzi, R. B. (2008). Audiology education and practice from an international perspective. *International Journal of Audiology*, 47(10), 647-664.

Killion, M. C. y Studebaker, G. A. (1978). A weighted equivalents of permissible ambient noise during audiometric testing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 63(5), 1633-1635.

Lankford, J. E., Perrone, D. C. y Thunder, T. D. (1999). Ambient noise levels in mobile audiometric testing facilities: Compliance with industry standards. *AAOHN Journal*, 47(4), 163-167.

Maclennan-Smith, F., Swanepoel, D. W. y Hall, J. W. (2013). The validity of diagnostic pure-tone

Marzo-Abril 2021 - número 2

audiometry without a soundtreated environment in older adults. *International Journal of Audiology*, 52(2), 66-73.

Organización Mundial de la Salud. (2019). Hoja informativa, Deafness and Hearing Loss, marzo de 2019. Consultado en <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.

Swanepoel, D. W. (2013). 20Q: Audiology to the people—combining technology and connectivity for services by telehealth. *Audiology Online*, 7 de octubre de 2013.

Swanepoel, D. W., Clark, J. L., Koekemoer, D., Hall, J. W., Krumm, M., Ferrari, D. V. y Barajas, J. J. (2010). Telehealth in audiology: The need and potential to reach underserved communities. *International Journal of Audiology*, 49(3), 195-202.

Swanepoel, D. W., Matthysen, C., Eikelboom, R. H., Clark, J. L. y Hall, J. W. (2015). Pure-tone audiometry outside a sound booth using earphone attenuation, integrated noise monitoring, and automation. *International Journal of Audiology*, 54(11), 777-785.

Swanepoel, D. W. y Hall, J. W. (2010). A systematic review of telehealth applications in audiology. *Telemedicine and e-Health*, 16(2), 181-200.

Publicado en The ASHA Leader en Marzo 2020, vol. 25.