Texto para la ponencia presentada en:

76 Congreso de la Sociedad Española de ORL y Cirugía de Cabeza y Cuello
(SEORL-CCC, Oct-2025)

Evaluación objetiva de la percepción en ruido específica de la frecuencia basada en potenciales evocados auditivos.

Francisco Chiquero[1], Isaac M. Alvarez[2], Nicolás Müller[1], Juan Martín-Lagos[1],
José L. Vargas[1], Ángel de la Torre[2]

[1]*Servicio ORL, Hospital Universitario Clinico San Cecilio, Servicio Andaluz de Salud, Granada.*
[2]*Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada. Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CITIC-UGR), Universidad de Granada.*
E-mail: isamaru@ugr.es (Isaac M. Alvarez), atv@ugr.es (A. de la Torre)

Diapositiva 1 - Título y autores:

Buenas tardes, muchas gracias. Voy a presentar un estudio sobre evaluación de la percepción auditiva en ruido basada en potenciales evocados.

Diapositiva 2 - Conflictos de interés:

Los autores no tenemos conflictos de interés. Aquí indicamos los proyectos que han financiado esta investigación.

Diapositiva 3 - Introducción:

La evaluación electrofisiológica objetiva de la audición en ruido es de gran interés como indicador temprano de lesiones que dan lugar a pérdida de calidad de la audición:

- Como pueden ser, peor discriminación en ruido, pérdida de inteligibilidad, etc...
- Y no necesariamente asociadas a un aumento de los umbrales, por lo que suele denominarse “pérdida auditiva oculta” o Hidden Hearing Loss.

Diapositiva 4 - Métodos:

En este trabajo proponemos un protocolo de registro de potenciales de tronco cerebral y de latencia media:

- Con estímulos específicos de la frecuencia: usamos estímulos de tipo “tone burst” de frecuencia central de 2 kHz.
- Con estímulos de distintos niveles.
- En varias condiciones: sin ruido (control), con ruido blanco y con ruido filtrado (con un filtro stop-band alrededor de la frecuencia de los tonos).

Para el estudio de los potenciales evocados auditivos disponemos de las siguientes herramientas:

- Un sistema modular de registro de potenciales evocados auditivos (desarrollado en colaboración con la Universidad de Granada)
- Un algoritmo de deconvolución multirespuesta, que nos permite obtener, a partir de la señal registrada, la respuesta para cada nivel de estimulación.
- Y el algoritmo, además, proporciona simultáneamente la respuesta del tronco cerebral y la respuesta de latencia media.

Diapositiva 5 - Condición 1:

- Los estímulos eran tone-bursts de 2 kHz de frecuencia central y de 2.5 ms de duración, presentados en ráfagas con intervalo entre estímulo aleatorio entre 15 y 30 ms.
- La intensidad se hacía variar progresivamente, empezando por 10 dB NHL, en pasos ascendentes de 10 dB, hasta 60 dB NHL, y luego disminuyendo, repitiendo varias veces los ciclos de subida y bajada.
- Los experimentos se han realizado en tres condiciones.
- En la primera condición, los tonos son presentados en ausencia de ruido.
- Podemos ver el espectrograma de la señal de estimulación, con el estímulo centrado en 2 kHz, y cómo va cambiando el nivel de estimulación.
- En esta gráfica vemos el espectro de la señal de estimulación para los distintos niveles.

Diapositiva 6 - Condición 2:

- En la segunda condición, los tonos son presentados en presencia de ruido blanco con un nivel de 30 dB NHL.
- Podemos ver la señal de estimulación, con el fondo de ruido.
- En el espectrograma podemos ver cómo el ruido enmascara los estímulos para los niveles más bajos de estimulación (por debajo de 30 dB).
- El espectro de la señal queda también enmascarado para los niveles más bajos de estimulación.

Diapositiva 7 - Condición 3:

- En la tercera condición, los tonos son presentados en presencia de ruido filtrado. El filtro cancela el ruido en la banda alrededor de 2 kHz, permitiendo, en principio, la percepción del tono.
- En el espectrograma o en el espectro se observa cómo el ruido afecta a las distintas frecuencias, pero no la banda alrededor de 2 kHz, posibilitando la percepción de los estímulos tone-burst, o facilitando la aparición de una respuesta evocada.

Diapositiva 8 - Comparación 3 condiciones:

La idea de este diseño experimental es:

- Disponer de una referencia de control (la condición 1, limpio)
- Estudiar el efecto del ruido (condición 2, ruido)
- Estudiar si en la condición 3 se mejora la respuesta evocada con respecto a la condición 2 (al reducirse el enmascaramiento).

Diapositiva 9 - Participantes y experimentos:

- El experimento ha incluido 10 participantes:
- Con edades comprendidas entre 18 y 55 años
- La exploración duraba entre media hora y una hora con cada sujeto.
- Se ha estimado la respuesta evocada hasta una latencia de 200 ms.
- Se han trazado, para cada condición, gráficas de respuestas ABR y de ABR+MLR.

Diapositiva 10 - Resultados adulto - limpio:

- Estas gráficas muestran los resultados con el sujeto A (adulto, de 54 años) en condiciones limpias (sin ruido).
- Se muestra la amplitud, en función de la latencia, para distintos niveles de estimulación (10, 20, 30, hasta 60 dB).
- Las gráficas de la derecha, hasta 20 ms muestran los potenciales de tronco; las de la izquierda, hasta 200 ms y con el eje de latencia en escala logarítmica, muestran los potenciales de tronco y de latencia media.
- Se observa el artefacto de estimulación, las ondas III y V del tronco, y las Pa y Pb de latencia media.
- Se observa respuesta clara hasta 20 dB (en latencia media) y posiblemente en 10 dB.

Diapositiva 11 - Resultados adulto - ruido:

En condiciones de ruido, se observan respuestas con menor amplitud, dudosas en 30 dB y no observables por debajo de 30 dB, debido al enmascaramiento por el ruido.

Diapositiva 12 - Resultados adulto - ruido filtrado:

En la tercera condición (ruido filtrado), las respuestas son algo más claras a altas intensidades. Por debajo de 30 dB no se observan respuestas.

Diapositiva 13 - Resultados joven - limpio:

Estas gráficas muestran los resultados con el sujeto B (joven, de 18 años) en condiciones limpias. De nuevo se observa el artefacto de estimulación, respuestas de tronco cerebral (ondas III y V) y de latencia media (P0, Pa, Pb). Comparando con el sujeto adulto, las ondas son más claras a intensidades menores.

Diapositiva 14 - Resultados joven - ruido:

Al igual que en el caso del adulto, en condiciones de ruido, se observan respuestas con menor amplitud, dudosas en 30 dB y no observables por debajo de 30 dB.

Diapositiva 15 - Resultados joven - ruido filtrado:

En la tercera condición (ruido filtrado), las respuestas son algo más claras a altas intensidades, y de nuevo no se observan por debajo de 30 dB.

Diapositiva 16 - Comparación condiciones - sujeto adulto:

Esta transparencia compara las 3 condiciones para el sujeto adulto: Condición limpia (en azul), ruido (rojo) y ruido filtrado (verde).

- Con respecto a la condición limpia, se observa una reducción de amplitudes con ruido filtrado y sobre todo con ruido.
- Se observa además un aumento de latencia de la onda V y una reducción de latencia de la onda Pb, asociada al ruido.
- Y por supuesto una extinción de ondas a bajas intensidades, por efecto del enmascaramiento ocasionado por el ruido.

Diapositiva 17 - Comparación condiciones - sujeto joven:

La misma comparación, para el sujeto joven, condición limpia (en azul), ruido (rojo) y ruido filtrado (verde). El comportamiento es parecido:

- Reducción de amplitudes con el ruido.
- Aumento de latencia de la onda V y una reducción de latencia de la onda Pb.
- Y extinción de ondas a bajas intensidades por el enmascaramiento asociado al ruido.

Diapositiva 18 - Grand average:

Aquí podemos ver las repuestas promedio de todos los participantes (resultados Grand-Average con N=10). La misma comparación entre las tres condiciones:

- Reducción de amplitudes con el ruido.
- Aumento de latencia de la onda V y una reducción de latencia de la onda Pb.
- Y extinción de ondas a bajas intensidades por el enmascaramiento asociado al ruido.

Diapositiva 19 - Comparación grupos de edad:

Finalmente, comparando los grupos de edad, se observa una respuesta más clara para el grupo de los más jóvenes, con mayores amplitudes y con mejor respuesta a menor intensidad de estimulación.

Diapositiva 20 - Conclusiones:

Resumiendo los resultados del estudio:

- La presencia del ruido causa cambios en la amplitud y latencia de las ondas.
- Los cambios asociados a la edad son fundamentalmente diferencias en los umbrales y en las amplitudes de las ondas, pero no se aprecian diferencias significativas en los patrones de cambio asociado al ruido.

Estos resultados constituyen una referencia interesante para el estudio de los potenciales evocados auditivos en ruido.

El diseño experimental debería mejorarse (dado que el objetivo final es la detección de la sordera oculta). Probablemente la banda de parada en la condición 3 es demasiado estrecha.

Y al igual que con otros estudios, consideramos que la valoración de los potenciales evocados auditivos es más rica combinando información de respuestas ABR y MLR.

Diapositiva 21 - Agradecimientos:

Muchas gracias por su atención.