

Beneficios de la Solución Bimodal Naida en usuarios de Implante Coclear Unilateral

Benefits of the Naida Bimodal Solution in Unilateral Cochlear Implants users

Benefícios da Solução Bimodal Naida em usuários Unilaterais de Implante Cocleare

Lic. Natalia Rossi ⁽¹⁾, Mgter. Norma Pallares ⁽²⁾, Prof. Vicente Diamante ⁽³⁾

Resumen

Introducción: Los usuarios de Implante Coclear en un oído y audífono en el oído contralateral frecuentemente encuentran dificultades en la adaptación a sus dispositivos. El objetivo del presente estudio es investigar los beneficios de la fórmula de adaptación bimodal del audífono Naída Link para la percepción del habla y el confort en comparación con una fórmula clásica.

Material y Método: Se midió el rendimiento en percepción del habla en 10 adultos con hipoacusia postlingual usuarios de Implante Coclear Advanced Bionics unilateral, con implante solo y con implante más audífono (programado con fórmulas clásica y bimodal) en silencio y en ruido. Fueron evaluadas, además, 3 medidas subjetivas a través de una escala de valoración perceptual (calidad de sonido, confort y esfuerzo para la comprensión del habla).

Resultados: Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) con mejores resultados cuando se evaluó la percepción del habla con Implante Coclear junto con audífono, y una tendencia a mejores resultados utilizando la fórmula bimodal. Se encontró relación entre el beneficio bimodal y el grado de pérdida de audición en el oído con audífono. Se observaron mejores resultados en la escala de valoración perceptual utilizando la fórmula bimodal.

Conclusión: La fórmula bimodal mostró ser una solución efectiva, en comparación con la fórmula

clásica, para lograr mayor confort en los usuarios de Implante Coclear unilateral y audición residual en el oído contralateral. En la percepción del habla en ruido, se observó una tendencia a mejores resultados utilizando la fórmula bimodal, aunque no estadísticamente significativa.

Palabras clave: Implante coclear, audífono, NAL-NL2, APDB, estimulación bimodal.

Abstract

Introduction: Users of Cochlear Implant in one ear and hearing aid in the contralateral ear often have difficulties adapting to their devices. The objective of this study is to investigate the benefits of the Naída Link hearing aid bimodal fitting formula for speech perception and comfort compared to a classic formula.

Material and Method: Performance in speech perception was measured in 10 adults with postlingual hearing loss, users of unilateral Advanced Bionics Cochlear Implant, with implant alone and with implant plus hearing aid (programmed with classic and bimodal formula) in silence and in noise. In addition, 3 subjective measures were evaluated through a perceptual assessment scale (sound quality, comfort, and effort to understand speech).

Results: Statistically significant differences were observed ($p < 0.001$) with better results when speech perception was evaluated with Cochlear Implant together with hearing aid, and there was a trend towards better results using the bimodal formula.

⁽¹⁾ Audióloga ⁽²⁾ Directora Asociada ⁽³⁾ Director
Centro de Implantes Cocleares "Prof. Diamante", CABA, Argentina
Mail de contacto: nirossi75@hotmail.com
Fecha de envío: 2 de Julio de 2020- Fecha de Aceptación: 29 de Septiembre de 2020

A relationship was found between the bimodal benefit and the degree of hearing loss in the ear with hearing aid. Better results were observed in the perceptual scale with the use of the bimodal formula.

Conclusion: The bimodal formula showed to be an effective solution, compared to the classic formula, to achieve greater comfort in users of unilateral Cochlear Implant and residual hearing in the contralateral ear. Regarding speech perception in noise, there was a tendency to better results using the bimodal formula, but this was not statistically significant.

Keywords: Cochlear implant, hearing aid, NAL-NL2, APDB, bimodal stimulation.

Resumo

Introdução: Os usuários de Implante Coclear em um ouvido e o aparelho auditivo no ouvido contralateral costumam ter dificuldades em se adaptar a seus dispositivos. O objetivo deste estudo é investigar os benefícios da fórmula de adaptação bimodal do aparelho auditivo Naída Link para percepção da fala e conforto em comparação a uma fórmula clássica.

Material e Método: O desempenho da percepção da fala foi medido em 10 adultos com perda auditiva pós-linguais usando Implante Coclear Advanced Bionics unilateral, com o implante isolado e com o implante associado ao aparelho auditivo (programado com fórmulas clássica e bimodal) em silêncio e em ruído. Além disso, três medidas subjetivas foram avaliadas por meio de uma escala de avaliação perceptiva (qualidade do som, conforto e esforço para entender a fala).

Resultados: Diferenças estatisticamente significativas foram observadas ($p < 0.001$) com melhores resultados quando a percepção da fala foi avaliada com o Implante Coclear em conjunto com aparelho auditivo, e uma tendência para melhores resultados utilizando a fórmula bimodal. Foi encontrada uma relação entre o benefício bimodal e o grau de perda auditiva na orelha com aparelho auditivo. Melhores resultados foram observados na escala de avaliação perceptiva usando a fórmula bimodal.

Conclusão: A fórmula bimodal provou ser uma solução eficaz, comparada à fórmula clássica, para alcançar maior conforto em usuários do Implante Coclear Unilateral e audição residual na orelha contralateral. Em relação à percepção da fala no ruído, embora tenha sido observada tendência a melhores resultados com a fórmula bimodal, esta não foi estatisticamente significativa.

Palavras chave: Implante coclear, aparelho auditivo, NAL-NL2, BAD, estimulação bimodal.

Introducción

Existe evidencia clara para pensar que la meta actual en equipamiento audiológico debe ser la provisión de audición en ambos oídos como el método estándar de atención para pacientes con discapacidad auditiva bilateral.

El objetivo del equipamiento bilateral es brindarle al paciente la posibilidad de aprovechar los beneficios de la audición binaural, mejorar la localización de la fuente sonora y optimizar el reconocimiento del habla, en silencio y especialmente en ruido. Por otro lado, se debe prevenir la privación auditiva. Estos objetivos pueden ser alcanzados mediante el uso de la misma estimulación en ambos oídos, ya sea acústica o eléctrica; o mediante el uso de dos estimulaciones diferentes en un mismo sujeto.

Esto último se conoce con el nombre de estimulación bimodal. La estimulación bimodal es la combinación de dos tecnologías diferentes que generan dos tipos de estímulos diferentes en un mismo individuo. El presente estudio se refiere específicamente a la combinación de estimulación eléctrica en un oído brindada por un Implante Coclear (IC) y estimulación acústica en el oído contralateral brindada por un audífono.

Lograr que los usuarios de estimulación bimodal utilicen ambos dispositivos en forma consistente muchas veces representa un desafío en sí mismo. Por otro lado, el uso consistente de ambos dispositivos no siempre asegura un beneficio bimodal. El beneficio bimodal está dado por la mejora en el rendimiento con el uso de un audífono sumado al IC por sobre el rendimiento obtenido utilizando el IC solo. Muchos estudios han documentado mejor rendimiento para la percepción del habla utilizando estimulación bimodal, especialmente en ambientes con ruido de fondo ⁽¹⁻³⁾. Otros, han mostrado mejoría en la percepción musical y en la percepción tonal ⁽⁴⁾. Existe evidencia de que los usuarios perciben una calidad de sonido más natural ⁽⁴⁾ y que muestran menor esfuerzo al escuchar. Si bien con resultados variables, en tareas de localización también se encontraron mejorías; y se encontró evidencia de una mejora general significativa en la capacidad funcional del sujeto basada en autoevaluaciones ⁽⁵⁾.

Ahora bien, los estudios que examinan los beneficios de la audición bimodal se han enfocado en pacientes usuarios de audífono en el oído contralateral al implante, pero es importante examinar por qué muchos otros pacientes, a pesar de tener

audición residual en el oído no implantado, y a pesar de haber sido usuarios de audífonos en ambos oídos, interrumpen el uso del audífono luego de recibir un IC.

La evidencia clínica que existe al respecto, muestra bajas tasas de uso del audífono en estos pacientes ⁽⁶⁾. Y aunque se sabe relativamente poco sobre cuáles son los factores que llevan al paciente a discontinuar el uso del audífono una vez implantado, algunos de los motivos descriptos en la bibliografía que podrían contribuir son ^(3,7-9):

- Mala experiencia previa del sujeto con el uso de audífonos,
- Percepción de superioridad del implante,
- Percepción de interferencia en cuanto a la calidad de sonido entre ambos dispositivos,
- Recomendación por parte del equipo médico de que se utilice solo el IC para una mejor adaptación,
- El grado de pérdida de audición en el oído contralateral al implante,
- Dificultades con la programación de ambos dispositivos.

De los factores descriptos el resto auditivo en el oído contralateral al implante y las dificultades en la adaptación a los dispositivos muestran ser los más relevantes a la hora de elegir discontinuar el uso del audífono.

Una parte esencial en la adaptación bimodal es obtener percepción de sonoridad balanceada en ambos oídos, pero no hay disponible un procedimiento de adaptación bimodal validado para lograr esto ⁽¹⁰⁾. Hay estudios que muestran que se obtienen mejores beneficios con amplificación de una banda de frecuencias lo más ancha posible, mientras que otros aconsejan solo amplificar las bandas de frecuencias graves ^(11,12). Dichos estudios han seleccionado sujetos con diferentes grados y configuraciones de pérdida auditiva, por lo que sus resultados no son comparables entre sí, ni tampoco generalizables a todos los usuarios bimodales.

Para la adaptación bimodal ciertas veces la aplicación de procedimientos de ajuste clásicos de audífonos dan como resultado una falta de balance entre ambos oídos. La mayoría de los usuarios de estimulación bimodal utilizan en la actualidad dispositivos que fueron desarrollados por separado y que a menudo se adaptan por separado. Esto, muchas veces, resulta en dificultades en la adaptación ⁽¹³⁾.

Objetivo

El objetivo del presente estudio es investigar los beneficios que brinda la fórmula de adaptación bimodal (APDB) del audífono Naída Link para la percepción del habla y el confort en comparación con una fórmula clásica de adaptación en usuarios de IC Advanced Bionics unilateral.

Material y Método

1.1 Audífono Naída Link

El audífono Naída Link es un dispositivo especialmente diseñado para intentar superar las dificultades de adaptación en los pacientes usuarios de IC con procesadores de sonido Naída CI de Advanced Bionics unilateral. Bajo el supuesto que el IC es el proveedor dominante de información para la mayoría de los oyentes bimodales, el objetivo general del diseño ha sido alinear el audífono al procesador de sonidos del IC. Para lograrlo, se ha desarrollado un nuevo método prescriptivo, que modifica tanto la respuesta en frecuencias como el crecimiento en sonoridad de la señal acústica, y se ha cambiado el comportamiento dinámico del control automático de ganancia (AGC). Estos cambios tienden a ajustar automáticamente el ancho de banda óptimo y el volumen equilibrado cuando se utiliza la fórmula de ajuste bimodal ^(14,15).

La figura 1 muestra las diferencias entre la fórmula de adaptación clásica (NAL-NL2) y la fórmula de adaptación bimodal (APDB) para la respuesta en frecuencias y el crecimiento en sonoridad en una pérdida de audición de grado moderado y en una pérdida de audición de grado profundo respectivamente.

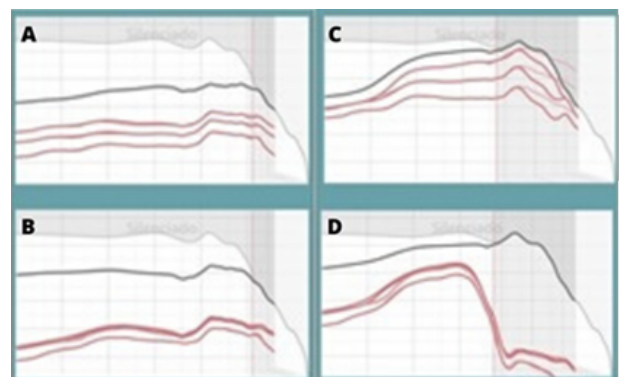


Figura 1. Respuesta en frecuencias y crecimiento en sonoridad para una hipoacusia moderada, fórmula NAL-NL2 (A) y fórmula APD bimodal (B) y para una hipoacusia severa, fórmula NAL-NL2 (C) y fórmula APD bimodal (D).
NAL: National Acoustic Laboratories
APD: Adaptive Phonak Digital

1.2 Sujetos

Participaron de este estudio 10 adultos con sorderas postlinguales implantados en el Centro de IC "Profesor Diamante" en Bs As, Argentina. Todos ellos eran usuarios de IC unilateral marca Advanced Bionics con procesadores de sonido Naída Q70 CI con al menos 6 meses de uso del dispositivo. Todos tenían, además, algún grado de audición residual en el oído contralateral al implante (umbrales tonales mejores o iguales a 90 dB hasta la frecuencia 500 Hz) y eran usuarios de audífono en ese oído.

- Edad: media 50,3 (25 a 76 años)
- Tiempo de uso del Implante: media 11 (6 a 18 meses)
- Audición en el oído contralateral al Implante (PTA4): media 78,35 (45 a 105 dB)
 - 4 pacientes con hipoacusia neurosensorial profunda: media 96,25 (91,25 a 105 dB)
 - 6 pacientes con hipoacusia neurosensorial moderada/severa: media 66,46 (45 a 83,75 dB)

1.3 Diseño

El presente fue un estudio prospectivo en el cual se midió el rendimiento en percepción del habla (reconocimiento de bisílabos y oraciones) con IC solo y con audífono Naída Link sumado al IC en silencio (utilizando micrófonos omnidireccionales) y en ruido con SNR +5 (utilizando micrófonos direccionales). El audífono fue adaptado con fórmula clásica (NAL-NL2) y con fórmula bimodal (APDB). Luego se realizó la comparación de los resultados obtenidos en cada evaluación (bisílabos en silencio, bisílabos en ruido, oraciones en silencio y oraciones en ruido) utilizando IC solo, IC más audífono adaptado con fórmula clásica e IC más audífono adaptado con fórmula bimodal.

Utilizando IC y audífono se compararon ambas fórmulas de adaptación a través de una escala de valoración perceptual que evaluó 3 medidas subjetivas: calidad de sonido, confort y esfuerzo para la comprensión del habla.

1.4 Análisis estadístico

El software estadístico utilizado fue el R, con el mismo se confeccionaron gráficos de medias y desvíos. Fueron utilizados el Test de Kruskal-Wallis y Chi cuadrado.

Resultados

Percepción del habla

Para la evaluación de bisílabos en silencio utilizando IC solo la media fue de 74 con un DS de 13, mien-

tras que cuando se evaluó IC junto con audífono las medias fueron de 81 y 82 (con DS de 14 y 13) para la adaptación del audífono con fórmula clásica y con fórmula bimodal respectivamente. (figura 2)

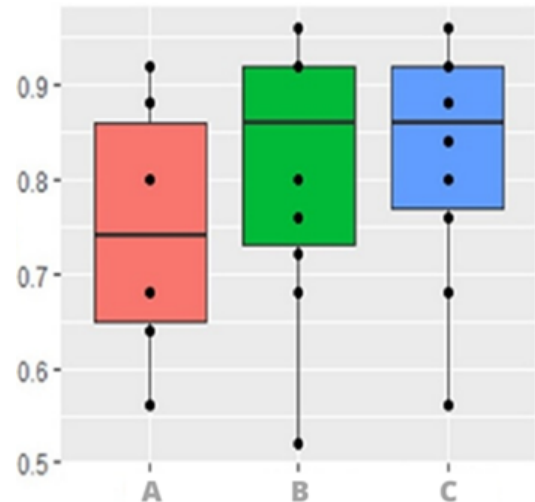


Figura 2. Porcentaje en el reconocimiento de bisílabos en silencio para: IC solo (A), IC más audífono adaptado con fórmula NAL-NL2 (B), IC más audífono adaptado con fórmula APDB (C).

IC: Implante Coclear

NAL: National Acoustic Laboratories

APDB: Adaptive Phonak Digital Bimodal

En la situación de evaluación de bisílabos en ruido utilizando IC solo se obtuvo una media de 53 con un DS de 13, cuando sumamos el audífono al IC en esa misma situación se obtuvieron medias de 63 y 67 con DS de 12 y 13 para la adaptación con fórmula clásica y con fórmula bimodal respectivamente. (figura 3)

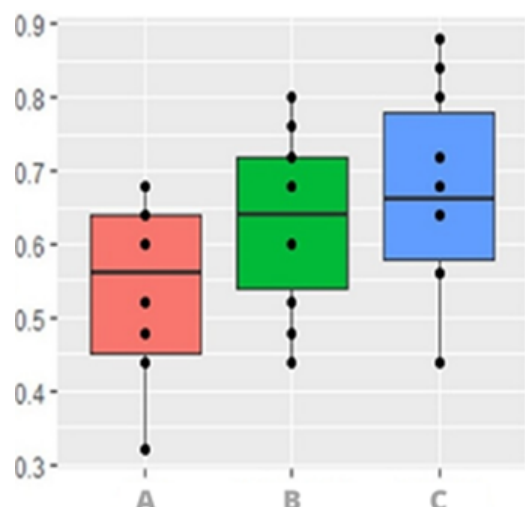


Figura 3. Porcentaje en el reconocimiento de bisílabos en ruido para: IC solo (A), IC más audífono adaptado con fórmula NAL-NL2 (B), IC más audífono adaptado con fórmula APDB (C).

IC: Implante Coclear

NAL: National Acoustic Laboratories

APDB: Adaptive Phonak Digital Bimodal

Con respecto a la evaluación de oraciones con IC solo la media fue de 89 con un DS de 10 y de 71 con un DS de 12 cuando se evaluó en silencio y en ruido respectivamente. En esta misma prueba cuando se sumó el audífono se obtuvieron medias de 93 (SD 0.9) y 76 (SD 11) para la adaptación con fórmula clásica en silencio y en ruido respectivamente; y medias de 94 (SD 0.8) y 81 (SD 13) para la adaptación con fórmula bimodal en silencio y en ruido respectivamente. (figura 4 y 5)

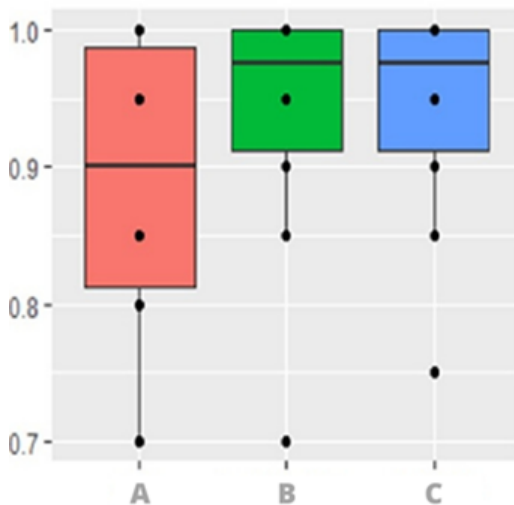


Figura 4. Porcentaje en el reconocimiento de oraciones en silencio para: IC solo (A), IC más audífono adaptado con fórmula NAL-NL2 (B), IC más audífono adaptado con fórmula APDB (C).
IC: Implante Coclear
NAL: National Acoustic Laboratories
APDB: Adaptive Phonak Digital Bimodal

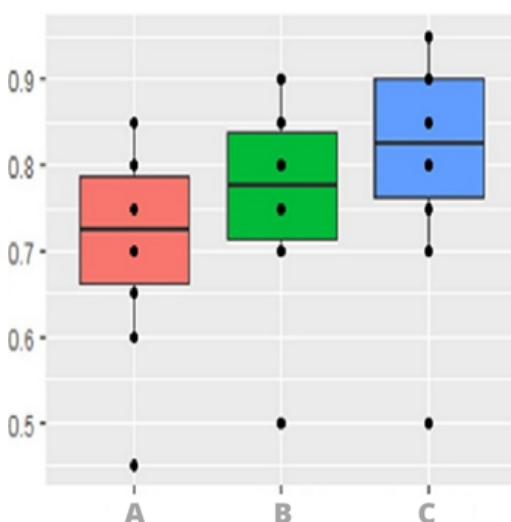


Figura 5. Porcentaje en el reconocimiento de oraciones en ruido para: IC solo (A), IC más audífono adaptado con fórmula NAL-NL2 (B), IC más audífono adaptado con fórmula APDB (C).
IC: Implante Coclear
NAL: National Acoustic Laboratories
APDB: Adaptive Phonak Digital Bimodal

Se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$) en la percepción del habla con mejores resultados al utilizar audífono Naída Link junto con procesador de sonidos Naída Q70 CI en comparación con la utilización de IC solo para el reconocimiento de bisílabos en silencio (figura 2) y en ruido (figura 3), y para el reconocimiento de oraciones en ruido (figura 5). Si bien para el reconocimiento de oraciones en silencio la tendencia es la misma, en este caso la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0,02895$ para IC solo vs IC con audífono adaptado con fórmula clásica, y $p = 0,017$ para IC solo vs IC más audífono adaptado con fórmula bimodal) (figura 5). Se debe tener en cuenta que el reconocimiento de oraciones en silencio fue muy bueno para la gran mayoría de los sujetos (cercano al 100%) al usar IC solo, esto hace que no consigamos diferencias significativas al sumar el audífono.

Aunque no estadísticamente significativa, existe una tendencia a mejores resultados utilizando la fórmula de adaptación bimodal APDB en comparación con la fórmula de adaptación clásica NAL-NL2 para la percepción del habla en ruido ($p = 0,01409$ para bisílabos en ruido y $p = 0,01053$ para oraciones en ruido). (figura 3 y 5).

Análisis por sujeto

Cuando se realizó el análisis por sujeto, se observó una diferencia entre los sujetos con pérdida de audición de grado profundo, que no obtuvieron beneficio bimodal y los sujetos con pérdida de audición de grado moderado o severo que sí lograron una mejora en el rendimiento de bisílabos al sumar el audífono al IC, especialmente al ser evaluados con ruido de fondo. Para la prueba de bisílabos evaluada en silencio, los sujetos con pérdida de audición profunda lograron en promedio un 75% en el reconocimiento cuando usaban IC solo y un 76% cuando usaban IC más audífono, con el mismo porcentaje para ambas fórmulas. Por el contrario, los sujetos con pérdida de audición moderada o severa lograron un promedio de 73,33% cuando fueron evaluados con IC solo y un 85,33% y 87,33% cuando fueron evaluados con IC más audífono adaptado con fórmula clásica y con fórmula bimodal respectivamente. Con respecto a la prueba de bisílabos evaluada en ruido, los sujetos con pérdida de audición profunda lograron un 52% de reconocimiento promedio al ser evaluados con IC solo y un 56% y 54% al ser evaluados con IC más audífono adaptado con fórmula clásica y con fórmula bimodal respectivamente. Mientras que los sujetos con pérdida de audición moderada a severa, para la misma situación de evaluación, lograron un 49,33%

de reconocimiento utilizando IC solo y un 71,33% y 74% utilizando IC con audífono adaptado con fórmula clásica y con fórmula bimodal respectivamente.

Escala de valoración perceptual

Respecto a la escala de valoración perceptual, la mayoría de los sujetos puntuaron mejor la fórmula bimodal APDB para las 3 medidas evaluadas (esfuerzo para la comprensión del habla, confort y calidad de sonido) en comparación con la fórmula de adaptación clásica NAL-NL2 (figura 6). Los pacientes con pérdida de audición de grado profundo valoraron como mejor el confort por sobre las otras dos medidas, y en segundo lugar la calidad de sonido; mientras que los sujetos con pérdida de audición de grado moderado y severo dieron más valor al menor esfuerzo para la comprensión del habla y en segundo lugar al confort.

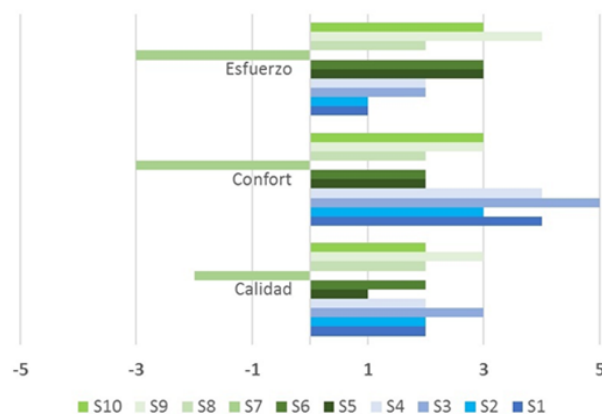


Figura 6. Escala de valoración perceptual S5 a S10 pacientes con HNS moderada a severa (verde), de S1 a S4 pacientes con HNS profunda (azul).

S: sujeto

HNS: Hipoacusia Neurosensorial

Se observó solo una excepción para el sujeto S7 que valoró como mejor la fórmula de adaptación clásica, cabe aclarar que se trataba de un sujeto con hipoacusia neurosensorial congénita usuario de audífonos desde los 2 años de edad adaptados con fórmula DSL i/o.

Discusión

En el presente estudio se observaron mejores resultados con diferencias estadísticamente significativas para la percepción del habla con el uso de audífono Naida Link en el oído contralateral al IC en comparación con el uso de IC solo. Se evidenció, además, una relación entre estos resultados y el grado de pérdida de audición en el oído contralateral al implante a favor de los sujetos con mayor resto auditivo. Cuando comparamos los resultados

de ambas fórmulas de adaptación se observó una tendencia a mejores resultados para la fórmula bimodal APDB por sobre la fórmula clásica NAL-NL2 sobre todo para el reconocimiento de oraciones en ruido, aunque esta tendencia no fue estadísticamente significativa. Estos resultados son similares a los obtenidos por Chalupper et al. en 7 usuarios experimentados de estimulación bimodal evaluados en ruido usando fórmula APD (Adaptive Phonak Digital), fórmula NAL-RP y fórmula bimodal. En su estudio, la fórmula bimodal superó tanto a la fórmula APD como a la fórmula NAL-RP.

Respecto de la escala de valoración perceptual todos los sujetos excepto uno, valoraron como mejor la fórmula de adaptación bimodal APDB con respecto a la fórmula clásica NAL.NL2 para todas las medidas evaluadas (esfuerzo para la comprensión del habla, confort y calidad de sonido).

Muchos estudios han encontrado resultados alentadores que muestran beneficios binaurales incluso en situaciones en las que las diferencias entre las señales proporcionadas por los dos oídos puedan ser demasiado grandes para restaurar los mecanismos binaurales ⁽¹⁶⁾.

Actualmente una gran parte de los candidatos a IC en un oído tienen audición residual en el oído contralateral. Por lo tanto, es necesario considerar la importancia que tiene para la práctica clínica la adaptación bimodal y desarrollar un claro compromiso para lograr una correcta alineación entre ambos dispositivos. Según los resultados del presente estudio, la fórmula APDB del audífono Naida Link resulta una solución efectiva en usuarios de IC Advanced Bionics unilateral con procesadores de sonido Naida CI.

Por otro lado, es importante evaluar el real beneficio que le proporciona al sujeto el uso de audífono acompañando al IC por sobre el uso del IC solo. Sin perder de vista el objetivo del equipamiento audiológico bilateral, debemos prestar especial atención a aquellos pacientes que pudieran beneficiarse con un IC bilateral más de lo que se benefician de la estimulación bimodal ⁽¹⁷⁾.

Conclusión

Todo paciente con IC unilateral y audición residual en el oído contralateral debe ser considerado, a priori, candidato a la utilización de estimulación bimodal. La utilización del audífono Naida Link, programado con la fórmula de adaptación bimodal, es una solución efectiva para los usuarios de Implante Coclear unilateral Advanced Bionics con procesadores de sonidos Naida CI Q70 y audición

residual en el oído contralateral al implante.

El enfoque de adaptación bimodal que proporcionará mayor beneficio deberá ser específico e individual para cada paciente. Debemos llevar a cabo un enfoque personalizado, implementando un procedimiento de ajuste fino sistemático para cada individuo a fin de garantizar que la mayor parte de la información de la señal del habla se presente en la parte más efectiva del rango de audición en cada oído. El enfoque de adaptación bimodal que proporcionará el mayor beneficio probablemente variará entre los distintos usuarios de este tipo de estimulación.

Agradecimientos

Los autores gradecen a la Lic. Verónica Musci por su dedicación y ayuda.

Los autores no manifiestan conflictos de interés.

Bibliografía

1. Boucara D, Blanchet E, Waterlot PE, Smadja M, Frachet B, Meyer B et al. Benefit of contralateral hearing aid in adult cochlear implant bearers. *European Annals of Otorhinolaryngology*. 2016; 133:161-165.
2. Dorman MF, Gifford RH. Combining acoustic and electric stimulation in the service of speech recognition. *Int J Audiol*. 2010; 49(12):912-919.
3. Sanhueza I, Manrique R, Huarte A, Ruiz de Erenchun I, Manrique M. Bimodal Stimulation with Cochlear Implant and Hearing Aid in Cases of Highly Asymmetrical Hearing Loss. *J Int Adv Otol*. 2016; 12(1):16-22.
4. Zhang T, Dorman MF, Gifford R, Moore BCJ. Cochlear dead regions constrain the benefit of combining acoustic stimulation with electric stimulation. *Ear Hear*. 2014; 35(4):410-417.
5. Olson A, Shinn J. A Systematic Review to Determine the Effectiveness of Using Amplification in Conjunction with Cochlear Implantation. *J Am Acad Audiol*. 2008; 19:657-671.
6. Yamaguchi CT, Schmidt Goffi-Gomez MV. Prevalence of Contralateral Hearing Aid Use in Adults with Cochlear Implants. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2013; 17:370-374.
7. Fitzpatrick EM, Leblanc S. Exploring the Factors Influencing Discontinued Hearing Aid Use in Patients with Unilateral Cochlear Implants. *Trends in Amplification*. 2010; 14(4):199-210.
8. Illg A, Bojanowicz M, Lesinski-Schiedat A, Lenarz T, Büchner A. Evaluation of the bimodal benefit in a large cohort of cochlear implant subjects using a contralateral hearing aid. *Otol Neurotol*. 2014; 35(9):e240-4.
9. Dorman MF, Cook S, Spahr A, Zhang T, Loisele L, Schramm D, et al. Factors constraining the benefit to speech understanding of combining information from low-frequency hearing and a cochlear implant. *Hear Res*. 2015; 322:107-111.
10. Lidwien CE, Veugen J, Chalupper FM, Snik A, van Opstal J, Mens L. Frequency-dependent loudness balancing in bimodal cochlear implant users. *Acta Oto-Laryngologica*. 2016; 136:775-781.
11. Neuman AC, Svirsky MA. Effect of hearing aid bandwidth on speech recognition performance of listeners using a cochlear implant and contralateral hearing aid (bimodal hearing). *Ear and Hearing*. 2013; 34(5):553-561.
12. Yehudai N, Shpak T, Most T, Luntz M. Functional status of hearing aids in bilateral-bimodal users. *Otol Neurotol*. 2013; 34(4):675-81.
13. Francart T, Mc Dermott HJ. Development of a loudness normalization strategy for combined cochlear implant and acoustic stimulation. *Hear Res*. 2012; 294(1-2):114-24.
14. Chalupper J, Agrawal S, Fredlake S, Spahr T. Rationale and implementation of a bimodal fitting formula. Presented at the Conference on Implantable Auditory Prostheses, Lake Tahoe, CA, 14-19 July 2013. [Consulta: 20 de diciembre de 2019] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6084/m9figshare1340020> 2015.
15. Veugen LC, Chalupper J, Snik AF, van Opstal AJ, Mens LH. Matching automatic gain control across devices in bimodal cochlear implant users. *Ear and Hearing*. 2016; 37:260-270.
16. Avan P, Giraudet F, Büki B. Importance of Binaural Hearing. *Audiol Neurotol*. 2015; 20(suppl 1):3-6.
17. Sammeth CA, Bundy SM, Miller DA. Bimodal Hearing or Bilateral Cochlear Implants: A Review of the Research Literature. *Seminars in Hearing*. 2011; 32(01):003-031.