

Potenciales evocados corticales y evaluación lingüística de pacientes con implante coclear

Liudis Reina 1, Alejandro Torres 2, Beatriz Bermejo 1, y Raúl Mendosa 2

1 Centro Internacional de Salud "La Pradera"
2 Centro de Neurociencias de Cuba

Resumen

El objetivo de este trabajo fue examinar la utilidad del Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC) como herramienta objetiva que nos permita cuantificar el proceso de rehabilitación en pacientes con implante coclear. Se conformó una muestra de 20 pacientes, 12 del sexo masculino y con edades entre 7 y 16 años. Todos portadores de un Implante Coclear (IC) modelo Clarion HiRes 90K. Todas las variables mostraron una correlación estadísticamente significativa con la etapa del proceso de rehabilitación en que se encontraba cada paciente. Los PEAC registrados en pacientes con IC muestran una morfología muy similar a la que se obtiene en sujetos normoyentes, registrándose los componentes que caracterizan esta respuesta (P1, N1, P2 y N2). Se evidenció una correlación estadísticamente significativa entre las etapas de rehabilitación y la latencia de los componentes P1 y N1. También hubo correlación estadísticamente significativa entre el por ciento de fonemas erróneos calculados tras la aplicación de la prueba del Registro Fonológico Inducido y la latencia del componente P1. Contar con herramientas objetivas como el PEAC nos garantizaría un mayor y mejor aprovechamiento de la rehabilitación lingüística, así como podría ayudar a perfeccionar las técnicas de rehabilitación de los pacientes con implante coclear.

Palabras clave: Evaluación lingüística; Implante coclear; Potencial evocado auditivo cortical.

Abstract

The goal of this study was to examine the usefulness of Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEP) as an objective tool that allows us to quantify the process of rehabilitation in patients with cochlear implant. The sample was composed of 20 patients, 12 male and aged between 7 and 16. All cochlear implant users (CI), model Clarion HiRes 90K. All variables showed a statistically significant correlation with the stage of the rehabilitation process in which each patient was. The CAEP reported in patients with CI showed a similar morphology to that obtained in subjects with normal hearing, recording the four components that characterize this response (P1, N1, P2 and N2). It showed a statistically significant correlation between the stages of rehabilitation and the latency of P1 and N1 components. There was also significant correlation between the percentage of incorrect phonemes calculated after applying the Induced Phonological Assessment (IPA) test and latency P1 component. To have objective tools such as the CAEP would guarantee a higher and better use of language rehabilitation, and could help refine rehabilitation techniques for patients with cochlear implants.

Keywords: Cochlear implants; Cortical Auditory Evoked Potential; Linguistic evaluation.

Introducción

Existe un creciente interés por el abordaje de la hipoacusia neurosensorial bilateral profunda (HNBP) por su alta asociación con las alteraciones en el desarrollo del lenguaje, la estructuración del pensamiento, el desarrollo emocional, social y escolar del niño. La tasa de incidencia, para el caso particular de las pérdidas auditivas severas es de 1-3 por cada mil nacidos vivos (Quantin, Breuning, Carrer y Prieto, 2011). La misma se caracteriza por una privación sensorial profunda y su gravedad viene determinada por el momento de aparición de la misma en relación con el periodo de adquisición del lenguaje.

El implante coclear (IC en adelante) constituye una alternativa terapéutica válida para el tratamiento de la HNBP. El mismo se define como un dispositivo que transforma los sonidos del medio ambiente en energía eléctrica capaz de actuar sobre las aferencias del nervio coclear, desencadenando una sensación auditiva en el individuo (Manrique, 2002; Mancini et al. 2008). El IC estimula la vía auditiva desde la periferia hasta la corteza cerebral, creando así las bases para el desarrollo del lenguaje, dada la capacidad de la corteza auditiva de reorganizarse en respuesta a estímulos acústicos del entorno (Benito, 2004; Gilley, Sharma, y Dorman, 2008). Para tener una idea de lo que ha significado el IC para los pacientes afectados es necesario tener en cuenta parámetros tales como el coste-utilidad del implante. Estos dependen de la variabilidad en los métodos empleados para valorar el beneficio, el nivel de beneficio realmente obtenido y las diferencias en los costes asociados a la intervención. (Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, 2003). En nuestro país, Cuba, se realizaron los primeros IC en 1998 como resultado de un trabajo de colaboración entre varias instituciones de salud e investigación. En este momento, el uso del IC ha permitido la reintegración escolar y social de más de 150 discapacitados auditivos en nuestra nación. Una vez colocado el IC, existe una fase de rehabilitación que tiene como objetivo crear y desarrollar habilidades auditivas y lingüísticas (Anke, Stefan y Heidi, 2008; Klop, Briaire, Stiggelbout, y Frijns, 2007; McNeill, Sharma, Purdy y Agung, 2007; Owens, Espeso y Hayes, 2006). Este proceso es habitualmente dividido en cinco etapas: I) detección, II) discriminación, III) identificación, IV) reconocimiento y V) comprensión, cada una de ellas con objetivos propios y características específicas. Durante todo el proceso se emplean protocolos de evaluación basados en pruebas auditivas y lingüísticas que permiten evaluar el tránsito entre estas diferentes etapas.

Entre las pruebas auditivas podemos citar:

Percepción de patrones

Identificación de bisílabos, monosílabos, vocales y consonantes

Identificación de de palabras cotidianas en serie cerrada

Reconocimiento de frases con y sin apoyo visual

Prueba de lectura labiofacial de Utley

Por otra parte, entre las pruebas lingüísticas más empleadas tenemos:

Prueba de vocabulario por imágenes (PEABODY)

Escalas de lenguaje comprensivo y expresivo de Reynell

Prueba de lenguaje oral de Navarra (PLON)

Prueba del desarrollo inicial del lenguaje

Desarrollo del habla y el lenguaje

Valoración del lenguaje receptivo

Prueba del vocabulario expresivo y receptivo

Registro fonológico inducido (PRF)

Sin embargo, resulta difícil y en ocasiones impracticable la aplicación de estas pruebas a pacientes en edades pediátricas muy tempranas o a pacientes con multidiscapacidad. Evidenciando una vez más la necesidad de búsqueda de nuevos parámetros de evaluación para medir la eficacia del proceso de rehabilitación.

Los Potenciales Evocados Auditivos (PEA en adelante) han sido utilizados para estudiar la maduración y desarrollo de la vía auditiva, relacionándolo o no, con el lenguaje o conductas comunicativas (Fernández, Marincovich, Olivares, Paredes y Godoy, 2009; Gilley, Sharma, Dorman, Finley, Panch y Martin, 2006; Martínez, Morant, Pitarch, Latorre, Platero y Marco, 2009; McNeill, Sharma y Purdy, 2009). Hoy en día existen varios estudios donde se registran los PEA en niños usuarios de un implante coclear, existiendo evidencias de la utilidad de los mismos en el estudio de los diferentes cambios y beneficios que obtienen estos pacientes (Dorman et al. 2007; Gordon, Tanaka, y Papsin, 2005; Sharma et al. 2005; Shomeshwar, Alki, Kaukab, Anthony, y Linda, 2004).

Dentro de los PEA, el PEA cortical (PEAC) se utiliza para evaluar el progreso de la rehabilitación de niños implantados y tiene la particularidad de permitir la evaluación de la reorganización cortical que se experimenta en los pacientes implantados. Los PEAC son respuestas que aparecen entre 50 y 250 milisegundos

después de la aplicación del estímulo y han sido relacionados con la llegada y procesamiento cortical del estímulo sonoro tanto en sujetos normales como en hipoacúsicos. (Hillyard y Picton, 1987).

La morfología del PEAC consiste en una serie sucesiva de componentes que aparecen aproximadamente a partir de 50 milisegundos y son denominados como: P1, N1, P2 y N2 dado su orden de aparición y la polaridad del componente (P, positivo y N negativo).

El componente P1 se representa como una positividad y su latencia está asociada con el incremento de la edad por lo que es considerado por algunos autores como un marcador de maduración cortical (Sharma, Cardon, Henion y Roland, 2011). Posterior a P1, aparecen los componentes N1 y P2. Estos son reflejos de la activación de estructuras del segmento talámico-cortical del sistema auditivo central. Otro de los componentes del PEAC es N2, esta negatividad está asociada a una respuesta no consistente con los componentes anteriores por lo que se plantea que puede ser reflejo de otros componentes. (Cunningham, Nicol, Zecker y Kraus, 2000). El PEAC, y en especial el retardo o acortamiento de la latencia del componente P1, se ha empleado como medidor objetivo de la mejoría en la discriminación auditiva de pacientes con implante coclear (Robert, Shepherd y Illing, 2001; Sharma et al. 2005) y existen estudios que lo considera un biomarcador para la maduración de las áreas auditivas corticales (Sharma, Michael, Dorman y Spahr, 2002; Sharma et al. 2005). En este sentido, Sharma (2002) examinó los cambios en la morfología y la latencia del componente P1 en pacientes pre-locutivos implantados y encontró una mejoría en la morfología y un acortamiento de la latencia del componente P1 luego del implante, lo que sugiere la presencia de un alto grado de plasticidad neuronal en la vía auditiva cortical en niños implantados. Los mismos autores demuestran que la adquisición de las habilidades lingüísticas está asociada a la “mejoría” de la latencia del componente P1 lo que sugiere que el desarrollo temprano de la comunicación está positivamente influenciado por los cambios plásticos de la vía auditiva (Sharma et al. 2004).

En un grupo de pacientes con IC se estudió la relación entre el reconocimiento de fonemas y la actividad eléctrica cortical medida con el PEAC. (Maurer, Collet, Pelster, Truy y Gallego, 2002). Los autores encontraron que los niños con peor ejecución en la prueba de discriminación de fonemas poseen mayor latencia en el componente P2 que los niños con buena discriminación fonética. Este resultado

sugiere que el déficit en la ejecución esta determinado por el grado de actividad neuronal de la corteza auditiva.

El presente trabajo pretende examinar la utilidad del PEAC como herramienta objetiva que permita cuantificar el proceso de rehabilitación en pacientes con implante coclear. Lo anterior redundaría en un mayor y mejor aprovechamiento de la rehabilitación lingüística, así como podría ayudar a perfeccionar las técnicas de rehabilitación de los pacientes con implante coclear.

Materiales y métodos

Muestra

Se conformó una muestra de 20 pacientes (12 hombres y 8 mujeres) con edades cronológicas entre 7 y 16 años ($12,4 \pm 3,8$) y edad auditiva (tiempo transcurrido a partir de la colocación del IC hasta el momento en que se evalúa el paciente) entre 3 meses y 6 años. Todos diagnosticados con HNBP pre-locutiva. Todos los pacientes usaban un implante coclear modelo Clarion HiResk 90K (Advanced Bionics Corp). Los pacientes fueron clasificados según las siguientes etapas de rehabilitación: en la primera etapa (Detección) no hubo sujetos a estudiar, en la segunda etapa (Discriminación) se estudiaron 7 pacientes (35 % de la muestra). En la etapa III (identificación) se estudiaron 6 implantados (30% de la muestra), en la cuarta etapa (Reconocimiento) se estudiaron 5 pacientes (25 %) y en la última etapa (Comprensión) hubo 2 pacientes (10 % de la muestra). La evaluación tanto en la parte lingüística como neurofisiológica se ha realizado en el mismo período de edad auditiva.

Pruebas Lingüísticas

Registro Fonológico Inducido:

Prueba para la evaluación del desarrollo fonético-fonológico expresivo (pronunciación). Examina cualitativamente las peculiaridades del habla del niño, en producción inducida de palabras y en repetición.

Objetivos: Determinar el nivel de desarrollo del niño para pronunciar los fonemas de la lengua y su capacidad para agruparlos al formar palabras.

Prueba de Inteligibilidad del Habla:

Es una prueba de registro y medición de la inteligibilidad del habla en niños y adultos con alteraciones graves de la expresión (personas sordas, disártricas). Evalúa la capacidad de hacernos entender independientemente del contexto comunicativo, es

decir, ofrece información sobre el uso funcional del lenguaje oral. No valora la corrección fonética o articulatoria sino la capacidad global de emitir mensajes verbales comprensibles.

Objetivos: Determinar la capacidad del hablante para hacer comprensible su pronunciación.

Las pruebas fueron evaluadas por un especialista en Logopedia que fue entrenado en cada una de las escalas aplicadas.

Pruebas electrofisiológicas

Todos los registros de PEAC fueron obtenidos con el sistema AUDIX (NEURONIC S.A., Habana) por un especialista en Neurofisiología Clínica entrenado en los registros de electrofisiología. Los electrodos de disco (Ag/AgCl) fueron fijados al cuero cabelludo con pasta electrolítica (Elefix). Se empleó el punto electroencefalográfico Cz, del sistema internacional 10-20, para colocar el electrodo positivo, Fz para la colocación del electrodo negativo y mastoide contralateral al sitio del implante para ubicar el electrodo tierra. La impedancia inter electrodos se mantuvo en todos los casos inferior a los 5 kOhms a 10 Hz. La actividad bioeléctrica fue digitalizada con un conversor análogo digital de 16 bit, amplificada con una ganancia de 12000 y filtrada entre 0,1 y 30 Hz. En cada paciente se registraron entre 50 y 100 promediaciones.

El estímulo empleado fue un pulso eléctrico bifásico de 75 μ s de duración presentado a una frecuencia de 1 Hz y a una intensidad supraumbral. El estímulo es enviado a través del procesador de la palabra usando una interface de programación (Clarion, Modelo AB-6500). Simultáneamente con el estímulo, un pulso de sincronismo TTL (Transistor Transistor Logic) es enviado al sistema de registro de potenciales evocados. Todos los parámetros de estimulación son controlados desde una computadora empleando para ello el programa SCLIN2000.

En cada paciente se registraron los PEAC en dos electrodos del implante (electrodos 2, 5). De cada potencial evocado se analizaron los valores de latencia de sus principales componentes (P1, N1 y P2) en cada uno de los sitios de registro. El componente N2 no fue explorado en el presente estudio.

Resultados

Para la comparación de medias de las variables dependientes tanto discretas como continua se calculó el estadígrafo U (test no paramétrico de Mann-Whitney) para grupos

independientes y el estadígrafo H (test no paramétrico de Kruskal-Wallis) para las diferencias de más de dos grupos independientes. Para el análisis de correlación entre las variables dependientes se calculó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman. En todos los casos se empleó $p < .05$ como nivel de significación. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico Statistica 6.1 para Windows.

Morfología del PEAC en pacientes con implante coclear.

En nuestra muestra la morfología de los PEAC se comporta de forma similar a la descrita para sujetos normoyentes, apareciendo tras el estímulo eléctrico, los componentes del PEAC (P1, N1, P2), independientemente de sus valores de latencia.

La tabla 1 muestra los valores de latencias (media y DE) de los tres componentes del PEAC analizados en nuestra muestra. Nótese que estos valores se encuentran en rangos de latencia similares a sujetos normoyentes.

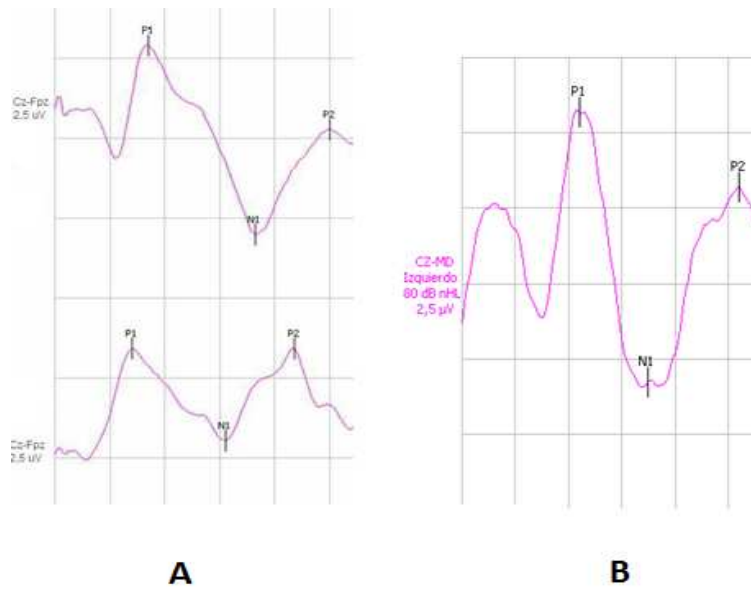
Tabla 1. Latencia de los componentes del Potencial Auditivo Cortical en pacientes con Implante Coclear.

P1	N1	P2
61.2 (13.8)	97.9 (27)	139.9
(38.5)		

Valores medios y desviación estándar de los valores de latencia, expresadas en milisegundos.

El registro del paciente implantado en cada uno de los electrodos muestra la aparición sucesiva de los tres componentes principales del PEAC, la primera positividad P1, la negatividad N1 y otra positividad P2. La figura 1 presenta los casos típicos de un registro de PEAC en un paciente implantado y el registro de un sujeto normal (fig.1, parte B). Nótese, que independientemente del electrodo de registro y la amplitud absoluta y la latencia de los componentes, la morfología de los potenciales es similar en ambos casos.

Figura 1. Potencial evocado auditivo cortical por estimulación eléctrica. A) PEAC de un paciente con implante coclear con los registros obtenidos en los electrodos 2 y 5 del implante coclear (observado de arriba hacia abajo). B) PEAC de un sujeto normal.



Potencial evocado auditivo cortical como indicador objetivo del avance del proceso de rehabilitación.

En la tabla 2 podemos observar que los componentes P1 y N1 de los PEAC correlacionan significativamente con las etapas de rehabilitación. Estos resultados indican que la latencia de los componentes P1 y N1 disminuye en la misma medida que el paciente avanza hacia etapas superiores del proceso de rehabilitación.

Tabla 2. Matriz de correlación entre las etapas de rehabilitación y los componentes del PEAC.

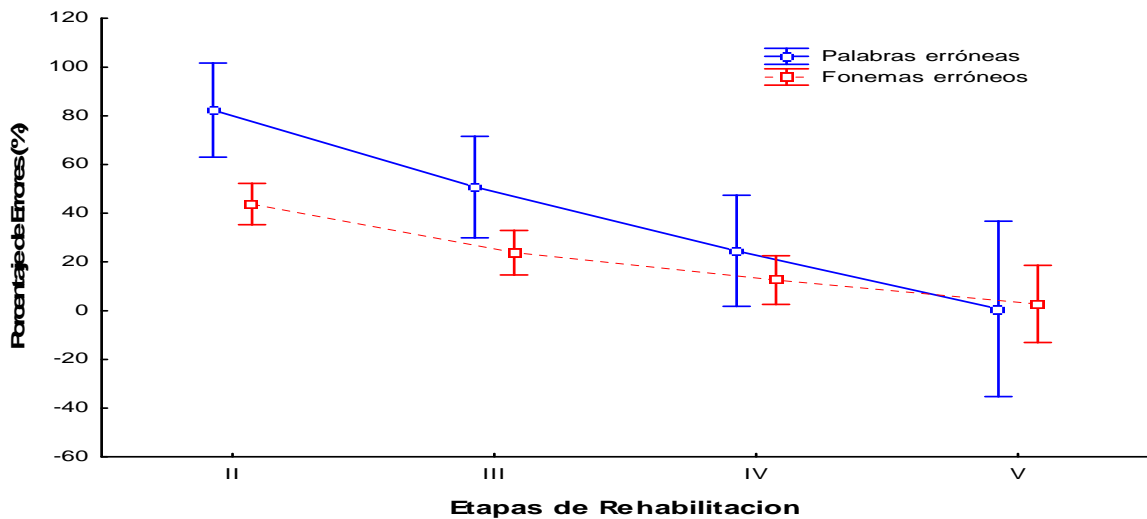
	P1	N1	
Etapas de rehabilitación	-0.62 (p=.009)*	.53 (p=.039)*	.13 (.616)

*Coeficientes de correlación significativos con p <.05.

Resultados de la Prueba de Registro Fonológico en función del avance del proceso de rehabilitación.

En la figura 2 se muestra un análisis no paramétrico con el test de Kruskal-Wallis, donde se compara los resultados de la Prueba de Registro Fonológico según la etapa de rehabilitación en que se encontraba cada paciente. Se observó diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos, tanto en el porcentaje de palabras erróneas ($H = 12.25$; $gl = 3$; $p = .006$) así como en el porcentaje de fonemas erróneos ($H = 13.83$; $gl = 3$; $p = .003$).

Figura 2. Porcentaje de errores cometidos en la Prueba de Registro Fonológico (eje Y) en función de las etapas de rehabilitación (eje X).



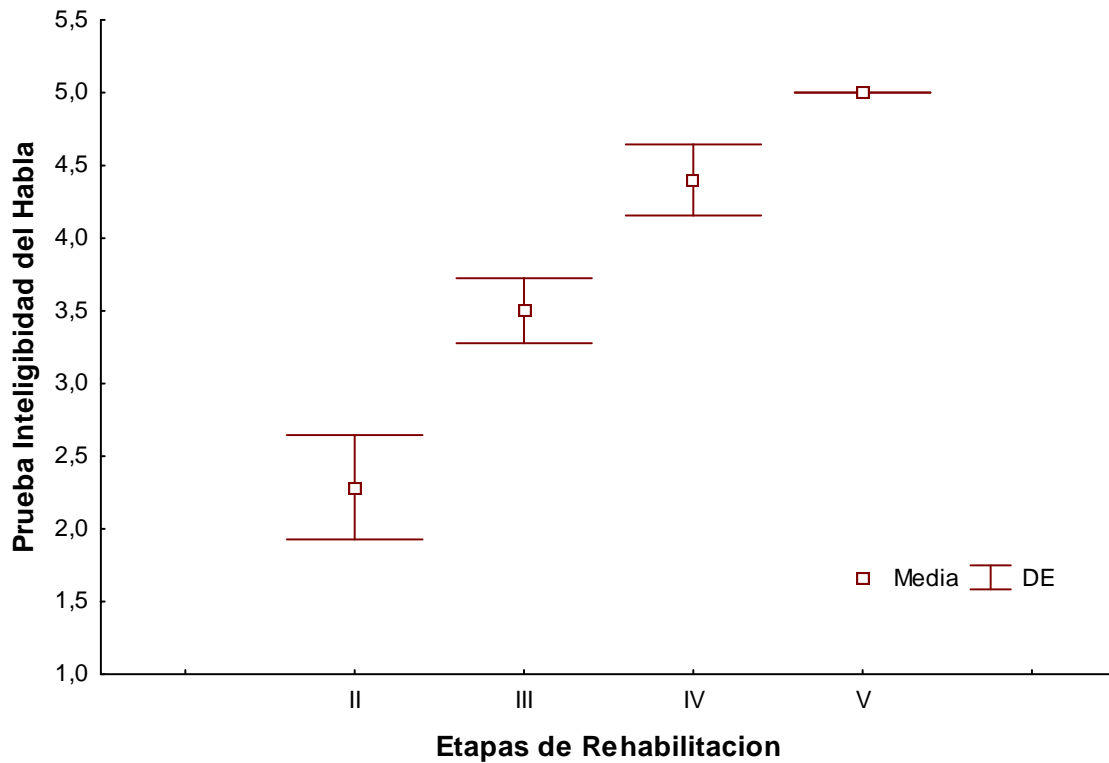
La figura 2 indica que a medida que los pacientes alcanzan etapas superiores en la rehabilitación se observa una tendencia a disminuir la cantidad de errores cometidos en la pronunciación de palabras y fonemas aislados.

Resultados de la Prueba de Inteligibilidad del Habla en función del avance del proceso de rehabilitación.

Al analizar la inteligibilidad del habla según las etapas de rehabilitación el grupo de pacientes que se encuentra en la II etapa de rehabilitación tiene niveles de inteligibilidad bajo, por tanto un habla poco inteligible. Mientras que los que se encuentran en etapas superiores, III, IV y V muestran niveles de inteligibilidad más alto, o sea, un habla más inteligible. La figura 3 resume los resultados de la Prueba de Inteligibilidad del Habla en función de las etapas de rehabilitación. Un análisis no paramétrico (prueba de

Kruskal-Wallis) demuestra que de manera global existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados ($H = 14.73$; $gl = 3$; $p = .002$).

Figura 3. Media y desviación estándar de los resultados obtenidos en la Prueba de Inteligibilidad del Habla (eje Y) según las etapas de rehabilitación (eje X).



Correlación entre los potenciales evocados auditivos corticales y pruebas lingüísticas.

En la tabla 3 se muestra la relación entre las pruebas lingüísticas aplicadas a los pacientes implantados y diferentes componentes de los PEAC. Únicamente la Prueba de Registro Fonológico, en particular el número de fonemas erróneos tuvo una correlación estadísticamente significativa con la latencia del componente P1, no obteniéndose significación estadística para los componentes N1 y P2. Por otra parte, no se obtuvo correlación estadísticamente significativa entre los componentes del PEAC y la Prueba de Inteligibilidad del Habla.

Tabla 3. Correlación entre las pruebas lingüísticas y los componentes de los Potenciales Evocados Auditivos Corticales.

	Componentes del PEAC		
	P1	N1	P2
PIH	-.40 (p=.115)	-.43 (p=.107)	-.04 (p=.859)
PRF: Palabras erróneas	.47 (p=.062)	.38 (p=.151)	-.13 (p=.115)
PRF: Fonemas erróneos	.51 (p=.004)	.49 (p=.617)	.13 (p=.059)

PRF: Prueba de Registro Fonológico. PIH: Prueba de Inteligibilidad del Habla

Discusión

El presente estudio constituye el primer intento en nuestro país de emplear los PEAC como indicador objetivo del progreso de la rehabilitación del paciente portador de un implante coclear. En el análisis de la morfología del PEAC en este grupo de niños implantados se encontraron hallazgos electrofisiológicos muy similares a lo observado en pacientes normoyentes. La presencia del complejo P1, N1, P2 indica la integridad de la vía auditiva cortical. Esto coincide con estudios anteriores donde se reporta la ausencia de diferencia significativa al comparar los valores de amplitudes y latencia del componente P1 en un grupo de niños normoyentes y otro grupo implantado tempranamente. Sin embargo, si se reportó diferencias significativas entre un tercer grupo implantado tardíamente y los dos primeros grupos. (Gilley et al. 2008), lo cual sugiere que la implantación en edades tempranas propicia un desarrollo en la maduración de la vía auditiva similar a la que se consigue en un niño normoyente, tal como describe (Sharma y Dorman, 2006). También se le atribuye gran responsabilidad a la reorganización cortical que ocurre en el niño implantado en la medida que logra crear y desarrollar habilidades auditivas a través del proceso de rehabilitación. (Dorman et al. 2007; Gilley et al. 2008; Paul et al. 2006).

En este estudio se observa una correlación negativa entre los componentes P1 y N1 de los PEAC y las etapas de rehabilitación. Este resultado indica que la latencia de los componentes P1 y N1 disminuye en la misma medida que el paciente avanza hacia etapas superiores del proceso de rehabilitación. Estos resultados sugieren la existencia de cambios que se producen a nivel de la vía auditiva cortical asociados con la adquisición de nuevas habilidades auditivas y lingüísticas durante el período de rehabilitación. Resultados similares han sido demostrados por Sharma et al. (2005)

quienes demuestran la asociación entre el componente P1 y el progreso de la rehabilitación y maduración de la vía auditiva. (Eggermont et al (1997) también determinaron el componente P1 como indicador de la maduración de la vía auditiva, y evidenciaron la presencia de respuesta cortical en niños con sordera congénita en la medida que experimentaban “avances” en su audición luego del implante coclear. Sharma et al. (2011) observaron la aparición del componente P1 con amplitudes y latencias normales en un grupo de deficientes auditivos una vez que recibieron habilitación auditiva y el desarrollo de estas habilidades. En el presente trabajo se observa que en la medida que los pacientes avanzan por las distintas etapas de la rehabilitación, disminuye el porcentaje de palabras y fonemas erróneos y aumenta la inteligibilidad del habla. Al correlacionar las pruebas lingüísticas y el potencial auditivo cortical se observó una correlación positiva entre el RFI y el componente P1 del PEAC lo que se sugiere que existe una asociación entre el aumento de las alteraciones en el componente fonético y el aumento de la latencia del componente P1 del PEAC. Este resultado se corresponde con otros trabajos que reportaron que la disminución en las habilidades lingüísticas en niños implantados estaba asociada a un déficit neurofisiológico subyacente en el desarrollo de la vía auditiva cortical debido a la privación de estimulación acústica en estos niños (Sharma, Dorman y Oral, 2005a).

Existen hallazgos similares donde se informa de que a medida que transcurre el periodo post-implante se experimenta una disminución de la latencia del componente P1, desaparición de la negatividad que precede al componente P1 en el período post implante temprano y una mejoría en la articulación y las habilidades del lenguaje expresivo medidos con la escala del lenguaje verbal, comprensivo y expresivo, prueba del lenguaje receptivo y expresivo, IT-MAIS y producción del vocabulario (Sharma et al. 2005).

La falta de asociación entre las pruebas lingüísticas y los componentes N1 y P2 ha sido previamente observada (Firszt, Chambers y Kraus, 2002). Este trabajo sugiere que los componentes N1 y P2, aunque brindaban información sobre la integridad del circuito auditivo para la detección del estímulo eléctrico, no están asociados con las habilidades para la producción de palabras. En este mismo sentido, otros investigadores han reportado diferencias estadísticamente significativas en la latencia del componente P2 al comparar un grupo de pacientes con alto rendimiento en la percepción y reconocimiento del lenguaje con otros de pobres resultados (Kellya, Purdy y Thorne, 2005; Maurer et al. 2002).

Los resultados de nuestro trabajo deben tenerse en cuenta en función de las siguientes consideraciones metodológicas. La cantidad de sujetos que compone la muestra es reducida, lo cual induce a una baja potencia de los resultados de las pruebas ejecutadas. Todos los pacientes de la muestra eran diagnosticados con una HNBP. Pre-locutiva, sería interesante extender el estudio en pacientes post-locutivos. No obtuvimos registro electrofisiológico de un grupo control (paciente normoyentes) lo que permitiría mayor confiabilidad al analizar la similitud de morfología del PEAC en los pacientes con IC y los normoyentes. A pesar de las limitaciones ahora señaladas, el presente trabajo muestra resultados preliminares que justifican la validez de usar las potencialidades de los PEAC para la evaluación objetiva del avance obtenido en la adquisición del lenguaje luego del implante coclear. El empleo de herramientas objetivas para medir la adquisición y progreso de habilidades lingüísticas que logran los pacientes implantados nos permite apreciar la eficacia de las técnicas de rehabilitación empleadas y el progreso lingüístico del paciente.

Bibliografía

- Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. (2003). Instituto de Salud Carlos III *Ministerio de Sanidad y Consumo Implantes Cocleares: actualización y revisión de estudios coste-utilidad*. AETS - Instituto de Salud Carlos III.
- Anke, H., Stefan, G., y Heidi, O. (2008). The impact of cochlear implantation on quality of life: the role of audiologic performance and variables. *Archives of Otolaryngology-Head-Neck Surgery*, 138 (3), 357-362.
- Bauer, P., Sharma, A., Martin, K., y Dorman, M. (2006). Central auditory development in children with bilateral cochlear implants. *Archives of Otolaryngology-Head-Neck Surgery*, 132, 1133-1136.
- Benito, M. (2004). La neuroplasticidad y el lenguaje. Importancia del diagnóstico precoz de la pérdida auditiva. *Orl-Dips*, 31(4), 182-198.
- Cunningham, J., Nicol, T., Zecker, S., y Kraus, N. (2000). Speech-evoked neurophysiologic responses in children with learning problems: development and behavioral correlates of perception. *Ear & Hear*, 21, 554-568.
- Dorman, M. F., Sharma, A., Gilley, P., Martin, K., y Roland, P. (2007). Central auditory development: evidence from caep measurements in children fit with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders*, 40, 284-294.

- Eggermont, J., Ponton, C. W., Don, M., Waring, M. D., y Kwong, B. (1997). Maturational delays in cortical evoked potentials in cochlear implant users. *Acta Otolaryngologica*, *117*, 161-163.
- Fernández, E., Marinovich, L., Olivares, V., Paredes, R., y Godoy, C. (2009). Aplicación de potenciales evocados de estado estable como examen auditivo en una población de jóvenes con diferentes niveles de audición. *Rev. Otorrinolaringology*, *69*, 233-242.
- Firszt, J. B., Chambers, R. D., y Graus, N. (2002). Neurophysiology of cochlear implant users ii: comparison among speech perception, dynamic range, and physiological measures. *Ear and Hearing*, *23* (6), 516-532.
- Gilley, M., Sharma, A., Dorman, M., Finley, Ch., Panch, A. S., y Martin, K. (2006). Minimization of cochlear implant stimulus artefact in cortical auditory evoked potentials. *Clinical Neurophysiology*, *117*, 1772-1782.
- Gilley, M., Sharma, A., y Dorman, M. (2008). Cortical reorganization in children with cochlear implants. *Brain Research*, *1239*, 56-65.
- Gordon, A., Tanaka, S., y Papsin, B. C. (2005). Atypical cortical responses underlie poor speech perception in children using cochlear implants. *Neuroreport*, *19*, 2041-2045.
- Hillyard, S. A., y Picton, T. W. (1987). Electrophysiology of cognition. En F. Plum (Ed.), *Handbook of physiology, Section 1: The nervous system* (pp. 519-584) Bethesda: MD American Physiological Society.
- Kellya, S., y Purdy, S. C. (2005). Thorne P.R., Electrophysiological and speech perception measures of auditory processing in experienced adult cochlear implant users. *Clinical Neurophysiology*, *116*, 1235-1246.
- Klop, M., Briaire, J., Stiggelbout, AM., y Frijns, J. (2007). Cochlear implant outcomes and quality of life in adults with prelingual deafness. *Laryngoscope*, *117*, 1982-1987.
- Mancini, P., D'Elia, Ch., Bosco, E., De Seta, E., Panebianco, V., Vergara, V., y Filipo, R. (2008). Follow-up of cochlear implant use in patients who developed bacterial meningitis following cochlear implantation. *Laryngoscope*, *118*, 1467-1471.
- Manrique, M. (2002). Implantas cocleares. *Acta Otorrinolaringológica Española*, *53*, 305-316.

- Martínez, P., Morant, A., Pitarch, M., Latorre, E., Platero, A., y Marco, J. (2009). La implantación coclear pediátrica en el periodo crítico de la vía auditiva, nuestra experiencia. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 60(5), 311-317.
- Maurer, J., Collet, L., Pelster, H., Truy, E., y Gallego, S. (2002). Auditory late cortical response and speech recognition in digisonic cochlear implant users. *Laryngoscope*, 112, 2220-2224.
- McNeill, C., Sharma, M., Purdy, S. C., y Agung, K. (2007). Cortical auditory evoked responses from an implanted ear after 50 years of profound unilateral deafness. *Cochlear Implants International*, 8, 189-199.
- McNeill, C., Sharma, M., y Purdy, S. C. (2009). Are cortical auditory evoked potentials useful in the clinical assessment of adults with cochlear implants? *Cochlear Implants International*, 10, 78-84.
- Owens, D., Espeso, A., y Hayes, J. (2006). Cochlear implants: Referral, selection and rehabilitation. *Current Paediatrics*, 16, 360-365.
- Quantin, L., Breuning, S., Carrera, S., y Prieto, M. (2011). Hipoacusias de origen genético: síndrome de Waardenburg. Revisión bibliográfica y presentación de casos. <http://www.asalfa.org.ar/uploads/articulos/Articulo%207.pdf>. Acceso 28 Agosto 2011.
- Robert, K., Shepherd, R., y Illing, B. (2001). Cochlear Implants and Brain Plasticity. *Audiology and Neurotology*, 6, 303-304.
- Sharma, A., Dorman, MF., y Spahr, AJ. (2002). Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *Neuroreport*, 19, 1365-1368.
- Sharma, A., Tobey, E., Dorman, MF., Bharadwaj, S., Martin, K., Gilley, P., y Kunkel, F. (2004). Central Auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. *Archives of Otolaryngology-Head-Neck Surgery*, 130, 511-516.
- Sharma, A., Martin, K., Roland, P., Bauer, P., Sweeny, M., Gilley, P., y Dorman, M. (2005). P1 latency is a biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. *Journal of the American Academic of Audiology*, 16(8), 564-573.
- Sharma, A., Dorman, F., y Kral, A. (2005a). The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hearing Research*, 203, 134-143.

- Sharma, A., y Dorman, F. (2006). Central auditory development in children with cochlear implants: Clinical implications. *Advances in Oto-Rhino-Laryngology*, 64, 66-88.
- Sharma, A., Cardon, G., Henion, K., y Roland, P. (2011). Cortical maturation and behavioral outcomes in children with auditory neuropathy spectrum disorder. *International Journal of Audiology*, 50, 98-106.
- Shomeshwar, S., Alki, L., Kaukab, R., Anthony, T., y Linda, L. (2004). Event-related potentials in pediatric cochlear implant patients. *Ear & Hearing*, 25, 598-610.