

# DISCRIMINACIÓN DEL LENGUAJE EN NIÑOS CON IMPLANTE COCLEAR

## Plasticidad neural y edad de implantación como variables críticas

Juan Manuel García G MD.\* Héctor Garzón B. MD.\*\* Clemencia Barón,\*\*\* Augusto Peñaranda S MD.\*\*\*\*

### Resumen

**Introducción:** Los implantes cocleares en niños se aprobaron desde la década de los ochenta. Las investigaciones del desarrollo de la vía auditiva sugieren que la colocación temprana de un implante coclear en niños con sorderas prelinguales, brindaría beneficios mayores en discriminación del lenguaje. Este trabajo busca establecer la relación entre la edad de implantación de niños que han sufrido hipoacusia prelingual y la discriminación del lenguaje, tanto en contexto cerrado como abierto, así como describir cómo se alcanza en los diferentes grupos el 50% de discriminación del lenguaje en contexto abierto, considerando este punto como un umbral funcional para el entendimiento adecuado de un mensaje oral.

**Métodos:** Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo con pacientes implantados en la Fundación Santa Fé de Bogotá y el Hospital de San José, desde 1992 hasta 2001, incluyendo 76 pacientes con hipoacusia prelingual y seguimiento mínimo de 36 meses en pruebas para contexto abierto y cerrado.

**Resultados:** Los pacientes se dividieron en cuatro grupos según la edad de implantación en años cumplidos. Grupo I de 0 a 3 años, grupo II de 4 a 6 años, grupo III de 7 a 9 años y grupo IV de 10 a 12 años. Los I y II presentaron mejor desempeño en la discriminación del lenguaje en contexto abierto y el primero en alcanzar el 50% fue el grupo I, realizándolo hacia los 20 meses. En el contexto cerrado no se hallaron diferencias importantes.

**Conclusión:** Los resultados indican que implantar tempranamente a un paciente con hipoacusia prelingual, podría brindar la ventaja de estimular la vía auditiva en la etapa de oro, en la cual aún está presente el fenómeno de plasticidad neural y maduración activa de la misma. Este estudio sugiere que la edad ideal de implantación se halla por debajo de los tres años.

**Palabras clave:** implante coclear, discriminación del lenguaje en contexto abierto, discriminación del lenguaje en contexto cerrado.

### Introducción

El uso de implantes cocleares como una opción terapéutica en niños se inició en 1980<sup>1</sup>. Para esta época existían muchas dudas y resistencia contra la implantación en niños, las cuales progresivamente han sido vencidas en beneficio de la población infantil que sufre este tipo de padecimientos. Los

antecedentes en adultos se remontan a principios de la década de los sesenta y se limitaban a electrodos sencillos que de alguna manera trataban de estimular el nervio auditivo. Los primeros resultados que se obtuvieron fueron la percepción de sonidos del ambiente y de aspectos prosódicos del lenguaje que permitían una labiolectura más fácil. Los avances tecnológicos aplicados en la fabricación de los implantes han sido tales, que ya en la década de los ochenta con la introducción de los dispositivos multicanal y nuevas estrategias de programación, se lograron objetivos tan asombrosos como la percepción del lenguaje en contexto abierto, a extremos tales como el de poder mantener una conversación telefónica con un oído implantado.

\* Jefe Sección O.R.L. Fundación Santa Fé de Bogotá, Jefe del Programa de Otolología y Otoneurología, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital de San José.

\*\* Otorrinolaringólogo Fundación Santa Fé.

\*\*\* Audióloga. Departamento de Otorrinolaringología, Fundación Santa Fé.

\*\*\*\* Fellow Otolología y Otoneurología, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital de San José. Departamento de O.R.L. y Cirugía de Cabeza y Cuello Hospital de San José. Sección de ORL Fundación Santa Fé de Bogotá.

Es claro que los resultados de los pacientes implantados no son homogéneos; existen muchas variables que condicionan dichos logros y entre ellos la edad de implantación del paciente parece ser uno de los más importantes.<sup>2</sup> Lo anterior está basado en el fenómeno fisiológico de maduración y plasticidad del sistema nervioso central. Este presenta un período crítico durante el cual los estímulos permiten que el proceso de aprendizaje del sistema neural se lleve a cabo.

El presente trabajo pretende establecer la edad ideal de implantación, que conlleve el mejor desempeño en lo concerniente a la discriminación del lenguaje evaluado en contexto cerrado y abierto, en niños menores de 12 años con sordera prelingual que han recibido implante coclear en los servicios de otorrinolaringología de los hospitales Fundación Santa Fé de Bogotá y San José, desde enero de 1992 hasta febrero de 2001.

## Métodos

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo teniendo como criterios de inclusión los pacientes con hipoacusia neurosensorial bilateral profunda prelingual, con edad de aparición de la pérdida inferior a tres años, a quienes se les realizó colocación de implante coclear antes de los 12 años de edad con un seguimiento mínimo de 36 meses. Como criterios de exclusión se establecieron los pacientes que tuviesen

registros incompletos y aquellos en quienes se hubiese hallado obliteración coclear, obligando a realizar procedimientos tales como tunelización o fresado perimodiolar para la colocación de los electrodos o la colocación de los mismos en rampas diferentes a la timpánica. Se incluyeron 76 pacientes, los cuales se dividieron en subgrupos de edad como se muestra en la Tabla 1. Seis pacientes fueron eliminados del estudio debido a que por cambio de domicilio no retornaron para la realización de las pruebas en el período mínimo establecido de 36 meses.

Se realizaron pruebas prequirúrgicas de percepción auditiva del habla en todos los pacientes y en los controles posteriores a la colocación del implante a los 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 y 48 meses, las cuales se consignaron en las historias clínicas y de ellas fueron tomadas para la realización de la base de datos, diligenciando un instrumento diseñado para ello, que además incluyó datos generales y la etiología de la hipoacusia.

Los controles involucraron en esencia dos pruebas: percepción del habla en contexto cerrado (discriminación de palabras bisílabas, adaptación de la prueba ESP) y prueba en contexto abierto la cual conlleva la comprensión de palabras bisílabas preestablecidas en un listado aprobado internacionalmente, sin ayuda visual.<sup>3</sup> Estas pruebas se expresan en porcentaje de aciertos de las palabras ofrecidas al paciente, con ayuda visual en el caso del contexto cerrado y sin ella en el abierto.

Tabla 1. Distribución de pacientes por grupos de edad.

GRUPOS DE PACIENTES		
<b>Grupo I</b>	<b>1, 2 y 3 años.</b>	18 pacientes
<b>Grupo II</b>	<b>4, 5 y 6 años.</b>	28 pacientes
<b>Grupo III</b>	<b>7, 8 y 9 años</b>	24 pacientes
<b>Grupo IV</b>	<b>10, 11 y 12 años.</b>	6 pacientes
<b>Total</b>		76 pacientes

\* Edad de los pacientes en años cumplidos.

La base de datos se implementó en hoja de cálculo Excel de Microsoft y se realizó el cálculo de las medidas de tendencia central en el programa SPSS, utilizando la mediana como medida de tendencia central para obviar los sesgos inducidos por datos extremos. Los gráficos que muestran la evolución de la discriminación del lenguaje en contextos cerrado y abierto y la distribución de las etiologías de las hipoacusias se realizaron en el programa Excel y la distribución de los grupos de edad en el programa StatGraphics.

## Resultados

El análisis de la evolución de la discriminación en contexto cerrado evidencia que no existe una diferencia importante entre los grupos establecidos. Todos alcanzan el 100 % de discriminación hacia los 36 meses. Si bien es cierto que los grupos III y IV alcanzaron valores mayores de discriminación más temprano, también lo es que los grupos I y II recortan esta ventaja inicial hacia los 18 meses, y el corte hecho a los 36 meses muestra un 100% de discriminación para todos los grupos.

En el contexto abierto sí se marca una diferencia importante en los diferentes grupos y podemos resaltar algunos datos importantes referentes a esta variable. Los grupos I y II aun cuando inician de manera más lenta el incremento de discriminación en contexto abierto, rápidamente aceleran su evolución y son los grupos que primero llegan al umbral del 50%, para alcanzar al final del período de observación niveles de 90% de discriminación. Existe una pequeña ventaja del grupo I con respecto al II, la cual estadísticamente no es significativa. El grupo III alcanza el 50% de discriminación hacia los 36 meses y el IV, aunque es el primero en incrementar sus niveles de discriminación, la evolución se hace lenta y durante el seguimiento a 36 meses no supera el 20%.

Con un nivel de confianza del 90%, se halló una diferencia estadísticamente significativa en la evolución del contexto abierto a 36 meses entre el grupo I y el IV ( $p < 0,05$ ). Al realizar la comparación

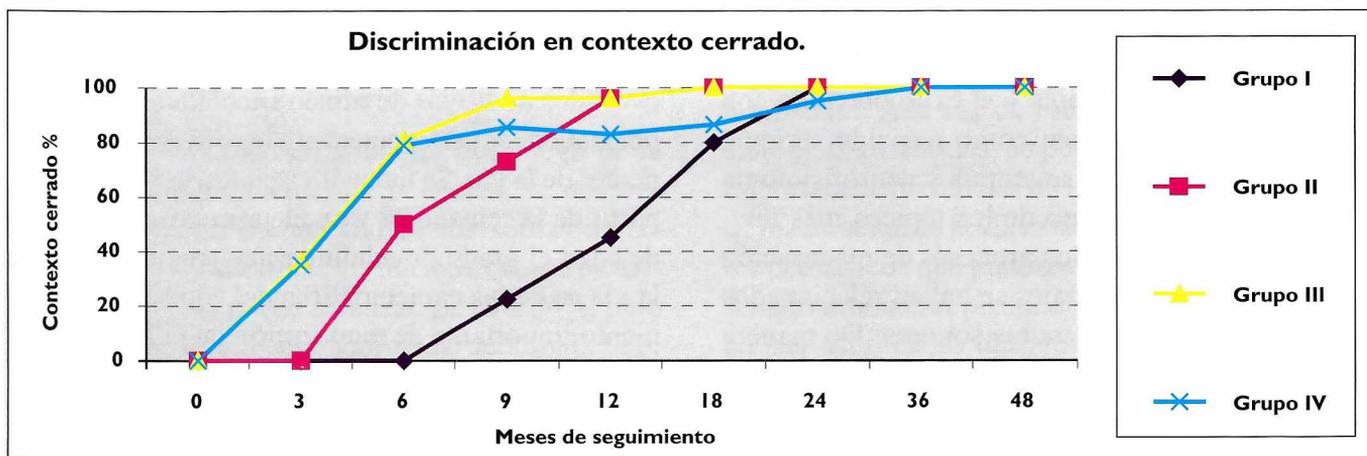
entre los otros grupos, los resultados no muestran diferencias significativas desde el punto de vista estadístico, tal vez debido a que el número total de pacientes es insuficiente.

Hemos de resaltar que el primero en alcanzar el 50% de discriminación de lenguaje en contexto abierto es el grupo I a los 20 meses de la colocación del implante. Este dato es importante debido a que con una discriminación del 50% se puede realizar un cierre en contexto del mensaje escuchado y tener una comprensión aceptable del mismo. Con discriminaciones menores el significado del mensaje se deteriora.

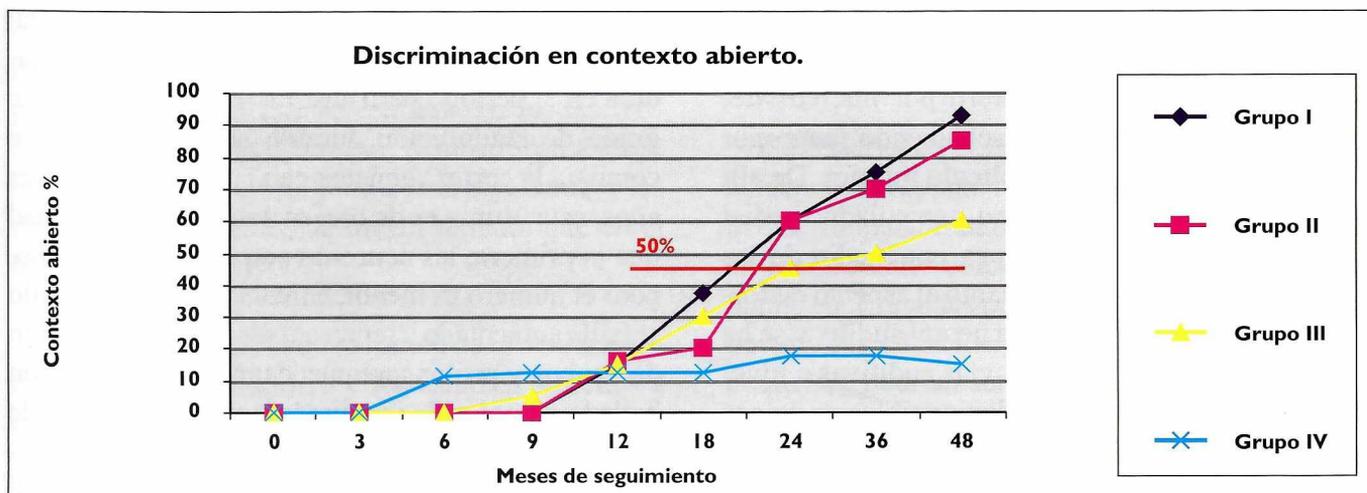
De todo lo anterior se podría extrapolar que el ideal sería implantar al paciente antes de los seis años de edad y mejor hacerlo por debajo de los tres años. El mejor resultado en estos grupos se explicaría con base en el fenómeno de plasticidad neural, aprovechándose los fenómenos de maduración de la vía auditiva que aún permanecen en la edad temprana. Una vez se supera esta etapa crítica los beneficios del implante van a ser menores.

En las figuras 1 y 2 se puede observar la evolución de las variables denominadas discriminación del lenguaje en contexto cerrado y abierto, comparando los diferentes grupos en el tiempo. Con respecto a la etiología de la sordera, se clasificó en grupos como se puede apreciar en la figura 3.

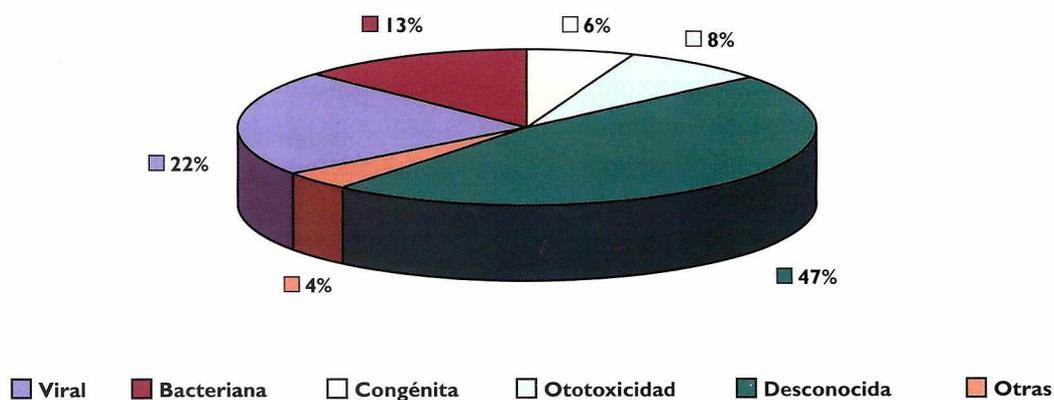
Los datos para este análisis fueron tomados de las historias clínicas de los pacientes y se evidencia que en la gran mayoría de los casos no es posible establecer la causa de la sordera, pero es interesante observar cómo etiologías de índole infecciosa tanto viral como bacteriana aportan un 35% de los casos, estos incluyen rubéola, citomegalovirus, toxoplasmosis y meningitis bacterianas entre las más comunes. La ototoxicidad por su parte no deja de ser una causa importante con un 8% de casos, con antibióticos del grupo de los aminoglucósidos involucrados en la mayoría.



**Figura 1.** Evolución de la discriminación en contexto cerrado detallada por grupos de edad. Para los datos de discriminación se utilizó la mediana como medida de tendencia central. La distribución de los grupos se detalla en la Tabla 1.



**Figura 2.** Evolución de la discriminación en contexto abierto detallada por grupos de edad. Para los datos de discriminación se utilizó la mediana como medida de tendencia central. La distribución de los grupos se detalla en la Tabla 1.



**Figura 3.** Etiología de la sordera en casos de implante coclear, pacientes prelinguales.

## Discusión

Los implantes cocleares y el éxito obtenido con su implementación tienen como respaldo serios e importantes estudios de anatomía y neurofisiología del sistema auditivo. Uno de los tópicos más interesantes corresponde a los procesos de maduración de la vía auditiva, los cuales se hallan relacionados con la exposición a estímulos sonoros. De manera simplificada, la vía auditiva comprende una primera neurona ubicada en el ganglio espiral o de Corti, la cual en la periferia se relaciona con las células ciliadas del órgano de Corti y en su aspecto central envía axones que se agrupan para formar el VIII par craneal o nervio coclear. Estos axones se proyectan sobre los núcleos cocleares del puente, los cuales a su vez van a proyectar sobre diferentes estructuras, unos lo harán directamente a neuronas del colículo inferior, otras pasando primero por núcleos del complejo olivar superior y ascendiendo luego por el lemnisco lateral hacia el colículo inferior. De allí esta información irá al cuerpo geniculado medial del tálamo y luego a la corteza por medio de las radiaciones auditivas.<sup>4,5</sup> En cuanto al aspecto de formación y maduración de la vía neural auditiva, se ha establecido que los núcleos y vías auditivas a nivel del tronco encefálico ya son distinguibles en etapas embrionarias tempranas. De la semana 10 a la 21 de vida intrauterina se produce la formación de todos los elementos de la vía hasta el nivel del colículo inferior. Sin embargo, en este período se hallan en estado de inmadurez y deben entrar en etapa de crecimiento del soma celular, que se da entre las semanas 20 y 30. Para la semana 30 tenemos neuronas auditivas con el 50 o 60% del tamaño que tendrán en la vida adulta. El crecimiento de las neuronas continuará hasta los siete años.<sup>6</sup> Hacia la semana 28 los axones de las diferentes neuronas despliegan una fina trama de terminaciones sobre sus núcleos respectivos y por ende la disposición de la vía tendrá ya la forma definitiva. Inicia entonces el proceso de mielinización, el cual se lleva a cabo en sentido caudal-cefálico, empezando por el nervio coclear y dirigiéndose hacia el tectum. Varios autores han establecido que se inicia en la vida intrauterina<sup>7</sup> y con él la aparición de reflejos acústico motores observados en ecografía in

útero<sup>8</sup> hacia las semanas 26 a 28, momento en el cual las pruebas electrofisiológicas como los potenciales evocados auditivos de tronco encefálico, pueden ya obtener ondas pertenecientes a los diferentes componentes de la vía. Se intensifica en forma progresiva a partir de la semana 28 y puede afirmarse que al año de edad el grado de mielinización de este tramo de la vía es de las características del adulto.<sup>9</sup> Otro elemento importante de maduración de la vía auditiva está representado por el desarrollo dendrítico de las neuronas, el cual comienza hacia la semana 30 de vida intrauterina y se prolonga hasta cerca del sexto mes de vida.<sup>10</sup>

Es de gran importancia hacer énfasis que el proceso de mielinización a nivel del tronco encefálico es relativamente precoz, mientras en la corteza cerebral está retrasado.<sup>11,12</sup> La corteza es relativamente inmadura en el período perinatal y sufrirá un importante grado de maduración durante la infancia.<sup>12</sup> Si se compara la corteza al nacer con la de un niño de tres años, esta última es de casi el doble de profundidad que la primera, las neuronas son de mayor tamaño, pero el número es menor. El volumen del neuropilo se halla aumentado y representado por el crecimiento de axones y prolongaciones dendríticas. No se han hallado cambios de importancia en la apariencia de las neuronas, tanto individuales como en organización laminar, entre los 3 y los 12 años de edad. Es decir, parece que la edad de tres años marca la terminación de un período de importantes cambios a nivel de las neuronas de la corteza auditiva. La maduración axonal debe obedecer a otros patrones en el nivel cortical, pues hacia el período perinatal solo la capa marginal de la corteza presenta axones con neurofilamentos. Hacia los dos y tres años se observan neurofilamentos en las neuronas de las capas profundas de la corteza, que se cree que provienen del tálamo.

Los cambios continúan en forma progresiva incluso hasta los 12 años, cuando muchos axones con neurofilamentos maduros se hallan en las capas superficiales de la corteza. Al parecer este aumento en la densidad de axones maduros que proyectan a capas superficiales de la corteza, son el reflejo de

la complejidad que va en aumento en lo referente a conexiones intracorticales.

Se ha demostrado en animales que luego de la destrucción experimental de la cóclea, se observa una disminución del tamaño de los somas de las neuronas que conforman los núcleos cocleares. Dicha disminución puede alcanzar un 14 a 34%, pero aun con ello existe una sobrevida neuronal.<sup>13</sup> Por otra parte, es muy claro que la privación auditiva prolongada afecta en forma negativa el desarrollo de la vía auditiva.<sup>14</sup> Estudios en gatos a los cuales se les ha producido una sordera experimental bilateral y después se estimula la vía auditiva en un solo lado con impulsos eléctricos, han mostrado que la supervivencia de las neuronas del ganglio espiral es mayor en las del lado estimulado que en las contralaterales.<sup>15</sup> Otros estudios realizados en gatos sordos, a los que se estimularon los núcleos centrales del colículo inferior, demostraron a largo plazo un área en el colículo correspondiente a las neuronas estimuladas, de mayor tamaño que en el lado no estimulado.<sup>16</sup>

Cuando aunamos la información de la maduración normal de la vía auditiva y los estudios llevados a cabo en animales induciendo sordera experimental, podemos extrapolar que la sordera y la falta de exposición a estímulos que ella involucra, pueden producir una alteración en los procesos normales de maduración, incluido el de mielinización. Así mismo un mecanismo que permita estimular los elementos de la vía neural auditiva podría favorecer la supervivencia neural y el proceso activo de remodelación del sistema nervioso central, que se puede lograr sólo dentro de cierto período de la vida, conocido como período crítico en la maduración de la vía auditiva, el cual se ubica por lo menos en su mayor potencial en los primeros cinco años de vida.<sup>17</sup> Muchos estudios soportan la hipótesis de que en los humanos este período crítico puede comenzar hacia la semana 28 de vida intrauterina, pues se ha observado cómo los recién nacidos responden a la voz con la que se le estimuló en la vida intrauterina.<sup>18</sup> La utilización del implante coclear ha brindado la oportunidad de estimular de una manera artificial las vías auditivas de

pacientes con sorderas neurosensoriales bilaterales y de esta manera mantener un trofismo positivo de la misma.<sup>19</sup> A la luz de todas las bases anatomofisiológicas discutidas, se podría afirmar que existen importantes diferencias en los resultados definitivos de maduración de la vía neural auditiva de los pacientes pediátricos que padezcan una hipoacusia neurosensorial bilateral profunda, que se pueden reflejar en sus habilidades definitivas para percepción del lenguaje en un contexto abierto, según el momento en el cual se proceda a colocar el implante coclear. Como es natural, se refiere a los pacientes que han presentado la sordera en etapas muy tempranas de la vida, es decir congénitas o prelinguales, con una edad de aparición de la pérdida auditiva inferior a los tres años.

## Conclusiones

Se observa en el análisis realizado que existe la tendencia a presentar mejores resultados, medidos en la discriminación del lenguaje en contexto abierto, en los pacientes sometidos a la colocación de implante coclear antes de los seis años. Las diferencias observadas entre los grupos I y II aun cuando son pequeñas, podrían ser desde el punto de vista clínico significativas y es probable que los pacientes se beneficien de un implante coclear a edad más temprana, es decir por debajo de los tres años de edad. Cuando se revisa a fondo el proceso de maduración de la vía auditiva (activo a temprana edad) se puede deducir cómo esta maduración la condicione a un mayor éxito de los pacientes implantados de manera temprana, produciendo con el uso del implante una estimulación para que la vía auditiva, la cual se hallaba en etapa quiescente por falta de estímulo, reinicie su maduración cuando aún el proceso es viable. Los pacientes de grupos de edad mayor al parecer sobrepasan este momento óptimo y aun cuando se les estimule por medio del implante, su vía auditiva ya tiene disminuida su capacidad de respuesta y el grado de maduración se ve muy comprometido.

Una discriminación del 50% del lenguaje en contexto abierto le permite a un individuo realizar cierre en contexto, es decir, extrapolar de las palabras que

logra entender, el significado de aquellas que no puede discriminar en forma adecuada. Los grupos que más rápido alcanzan este umbral son también los I y II. En lo que a la etiología de la hipoacusia se refiere, es importante anotar que se observó que el 35% es secundario a patología infecciosa de índole viral y bacteriana, lo que indica su importancia. La mayoría de casos corresponden a etiología idiopática que involucra, entre otras patologías, las de origen genético de diagnóstico complejo en nuestro medio.

No es despreciable la cantidad de casos secundarios a ototoxicidad (8% de la muestra), la mayoría debido al uso de antibióticos del grupo de los aminoglucósidos, por infecciones en el período neonatal de gran severidad y que por lo regular amenazan de manera seria la vida, haciendo que el balance riesgo/beneficio se incline necesariamente a la utilización de dicha terapia farmacológica.

## Agradecimientos

Expresamos los más sinceros agradecimientos a la doctora Juanita Paz y a la señorita Erika Vargas por su invaluable ayuda en la realización del presente trabajo.

## Referencias

- Eisenberg L, House W. Initial experience with the cochlear implant in children. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1982;91:67-73.
- Cheng A, Grant G, Niparko J. Meta-analysis of pediatric cochlear implant literature. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999; 108:124-8
- Cochlear Corporation. Protocolo Latinoamericano de Implante Coclear. (material en cd.rom) versión única. Denver Colorado: Cochlear; 2002.
- Moore JK. The human auditory brainstem: A comparative view. *Hear Res* 1987; 29:1-32.
- Moore JK. The human auditory brainstem pathway: In Jackler R, Brackmann DE eds. *Neurotology*. St Louis: Mosby Year Book, 1994; p 1-17.
- Matschke RG, Stenzel C, Plath P, Zilles K. Maturation aspects of the human auditory pathway: Anatomical and electrophysiological findings. *ORL* 1994;56:68-72.
- Langworthy OR. Development of behavioral patterns and myelinations of the nervous system in the human fetus and infant. *Contrib Embriol* 1933; 24:1-157.
- Kulhman KA, Burns KA, Depp R, Sabbagha RE. Ultrasonic imaging of the normal fetus response to external vibratory acoustic stimulation. *Am J Obs Gynecol* 1988; 158:47-51.
- Moore JK, Perzo LM, Braun A. Time course of myelination in the human brainstem auditory pathway. *Hear Res* 1995; 87:21-31.
- Moore JK, Guan Y-L, Shi S-R. MAP2 expression in developing dendrites of human brainstem auditory neurons. *J Chem Neuroanat* 1998; 16:1-15.
- Moore JK, Guan Y-L, Wu BJ-C. Maturation of the human auditory cortex. Laminar cytoarchitecture and axonal ingrowth. *Assoc Res Otolaryngol Abstr* 1997b; 20:28.
- Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Masuda A. Maturation of human cortical auditory function: Differences between normal hearing and cochlear implant children. *Ear Hear* 1996b; 17:430-7.
- Nikolopoulos TP, O Donoghue GM, Archbold SM. Age at implantation: Its importance in pediatric cochlear implantation. *Laryngoscope* 1999; 109 (4): 595-9.
- Moore DR. Postnatal development of the mammalian central auditory system and the neural consequences of auditory deprivation. *Acta Otolaryngol Suppl* 1985; 421: 19-30.
- Leake PA, Hradek GT, Rebscher SJ. Et al. Chronic intracochlear electrical stimulation induces selective survival of spiral ganglion neurons in neonatally deafened cats. *Hear Res* 1991;54: 251- 71.
- Snyder RL, Rebscher SJ, Cao KL. et al. Chronic intracochlear electrical stimulation in the neonatally deafened cat: I. Expansion of central representation. *Hear Res* 1990; 50: 7-33.
- Perazzo LM, Moore JK, Braun A. Ontogeny of the human brainstem auditory pathway: axonal maturation. *Abstr. Assoc Researh Otolaryngol* 1992; 146.
- DeCasper AJ, Prescott PA. Human newborn perception of male voices: preference, discrimination and reinforcing value. *Dev Psychol* 1984 ; 17: 481-91.
- Waltzman SB, Cohen NL, Gomolin HR, et.al . Open-set speech perception in congenitally deaf children using cochlear implants. *Am J Otol* 1997 ;18: 342-9.

