

Primera experiencia en América: Implante auditivo de tronco cerebral en niños con aplasia del nervio coclear. Evolución y resultados audiológicos actuales

*First experience in America: Auditory brainstem implant
in children with aplasia of the cochlear nerve. Audiological results*

Prof. Dr. Vicente Diamante (1-2), Mgter. Fga. Norma Pallares (1-2)

Abstract

Aim: To present surgical and audiological aspects in relation with the use of the Auditory Brainstem Implant (ABI) in 4 children with cochlear nerve aplasia.

Material: Four children with cochlear nerve aplasia underwent retro sigmoid approach for placement of the ABI into the lateral recess. The correct positioning of the electrodes was monitored through the EABR.

Results: No surgical or postoperative complications were observed. Auditory sensations were produced with the activation of the ABI. Patients have achieved speech detection and environmental sound awareness. They are showing auditory improvement in the Speech Perception Categories (Geers,94) and in the it-MAIS and MAIS Scales through the parents' opinion. All patients use the ABI in a permanent way. Active electrodes, audiological outcomes, free field and speech perception tests, will be reported separately.

Conclusions: This study suggests that ABI in children with cochlear nerve aplasia is feasible, with variable results.

Key words: Cochlear Nucleus, Auditory Brainstem Implant, cochlear aplasia, cochlear nerve aplasia, EBERA, speech perception.

Resumen

Objetivo: Presentar aspectos quirúrgicos y audiológicos relacionados con la utilización del IATC en 4 niños con aplasia de nervio coclear.

Material: Cuatro niños con aplasia de nervio coclear recibieron un Implante Auditivo de Tronco Cerebral (IATC) a través de un abordaje retrosigmoideo para la colocación del dispositivo en el receso lateral. La posición correcta de los electrodos sobre la superficie de los núcleos cocleares fue monitoreada a través del Bera Eléctrico.

Resultados: No se observaron complicaciones intra o post-quirúrgicas. Sensaciones auditivas fueron producidas con la activación del IATC. Los niños tienen detección del habla y sonidos ambientales. Usan el dispositivo en forma permanente, han progresado con diferentes ritmos en las categorías de percepción del habla y en las escalas it-MAIS y MAIS, según la opinión de los padres. Usan el IATC en forma permanente. Serán presentados el número de electrodos activos, los resultados audiológicos actuales, campo libre, percepción del habla.

Conclusión: Este estudio sugiere que el IATC en niños con aplasia del nervio coclear es posible, con resultados variables.

Palabras clave: Núcleos cocleares, implante de tronco cerebral, agenesia de cóclea, agenesia de nervio, Bera eléctrico, percepción del habla.

(1) Centro de Implantes Cocleares Profesor Diamante.

(2) Universidad del Salvador. Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia: Prof. Vicente Diamante. Instituto Superior de ORL. Centro de Implantes Cocleares Prof. Diamante. Pasteur 740 – Buenos Aires – Argentina (1028). Tel./fax: 00-54-11-4-954-3116. vgdiamante@fibertel.com.ar; cic.diamante@fibertel.com.ar

Introducción

La pérdida auditiva bilateral severa a profunda es aceptada como una de las causas más comunes de discapacidad en el ser humano. Según diferentes estudios, entre el 1 y 3/1.000 nacidos vivos presentan hipoacusia severa a profunda por debajo de los 2 años de vida. Tienen dificultad para oír cualquier estímulo que provenga del mundo exterior. Esta situación es dramática en los niños, pero crítica en los adultos. Si la hipoacusia se produce en estadios tempranos (período prelingual) producirá graves consecuencias en el desarrollo del lenguaje con dificultades para aprender, participar, comprender e interactuar con el mundo que los rodea.

La pérdida auditiva profunda es producida en el 98% de los casos por alteraciones cocleares, y el resto de ellas por alteraciones del nervio auditivo o de la vía auditiva. Se debe intentar el diagnóstico y el tratamiento o la intervención temprana, la cual mejorará el pronóstico. Cuando la pérdida auditiva es leve o moderada, el audífono bilateral es la mejor opción; cuando la falla está en la cóclea en ausencia de patología del nervio auditivo y se acompaña de sordera severa a profunda, la indicación es de implante coclear (IC). En la actualidad decenas de miles de pacientes se benefician con el uso del IC unilateral o bilateral.

La aparición de los IC para la rehabilitación de pacientes con hipoacusias profundas o totales, bilaterales, sensoriales, significa el comienzo de la utilización de las señales eléctricas para proveer audibilidad en esos casos donde el uso de audífonos no lo lograba. La condición es una cóclea lesionada y un nervio funcional.

De manera tal que los pacientes que por diversas causas tenían una lesión del nervio auditivo entre el ganglio espiral y los núcleos cocleares (NC) del tronco cerebral no podían beneficiarse de una prótesis coclear y quedaban aislados en un mundo de silencio. En esos casos donde el nervio está lesionado no es posible la realización de un implante coclear y podría ser beneficiosa la utilización de un Implante Auditivo de Tronco Cerebral (IATC), que directamente estimula los NC. Estos dispositivos están diseñados, hasta ahora, para estimular los NC en su superficie y también en profundidad, con la posibilidad de proporcionar sensaciones auditivas a individuos con lesiones del nervio auditivo.

En 1997 el "Centro de Implantes Cocleares Profesor Diamante" (primer grupo en Sudamérica autorizado para la realización del IATC) realizó la

primera cirugía para la colocación de este tipo de implante en un paciente adulto con NF-2.

Posteriormente, en 2007 el profesor Diamante realizó el primer IATC en un niño con agenesia de nervio, siendo ésta la primera experiencia pediátrica en América con la utilización de este dispositivo.

Criterios de indicación del IATC

Según la FDA, de Estados Unidos, los candidatos al IATC deben cumplir las siguientes condiciones: (9, 10)

- 1-Diagnóstico de NF2.
- 2-Necesidad de remoción tumoral.
- 3-Ser mayor de 12 años.
- 4-Expectativas razonables.
- 5-Compromiso de seguimiento.

Las nuevas indicaciones (no aprobadas por la FDA), del IATC en casos no tumorales para niños y adultos son: (11)

- 1-Agenesia de cóclea.
- 2-Agenesia de nervio auditivo.
- 3-Grandes malformaciones de oído interno.
- 4-Estallido traumático de ambas cócleas.
- 5-Sección de ambos nervios auditivos.
- 6-Cócleas osificadas postmeningitis con malos resultados con IC.
- 7-Otoespongiosis masiva bilateral, otoesclerosis, osteogénesis imperfecta o enfermedad de Paget que hayan obtenido pobres resultados con IC.
- 8-Neuronopatías auditivas que no respondieron a IC.

Material:

Niños implantados con un IATC. Nuestra experiencia

El 5 de marzo de 2007 el Prof. Diamante, con el Prof. Colletti, realizaron en Buenos Aires la primera cirugía para la colocación de un IATC en una niña de 3 años con agenesia bilateral de cóclea y de nervio.

El 18 de abril de 2007 se colocó el IATC en otra niña de 10 años con severa malformación coclear bilateral y agenesia de ambos nervios auditivos.

En las cirugías se empleó un abordaje retrosigmoideo.

El 6 de marzo de 2008 se realizó la tercera cirugía para la colocación de un IATC en una niña de 3 años 9 meses, con agenesia bilateral de cóclea y nervio auditivo.

El 2 de agosto de 2010 se realizó la cuarta cirugía para la colocación de un IATC en una niña de 2 años con variante del síndrome de Dandy-Walker y agenesia bilateral de cóclea y nervio auditivo.

Técnica quirúrgica

El dispositivo Nucleus 24 ABI (Cochlear Ltd) fue usado en los 4 pacientes. El abordaje retrosigmoideo fue usado en una modificación de la posición supina. La placa de electrodos fue colocada en el receso lateral del cuarto ventrículo y la posición correcta sobre la superficie de los núcleos cocleares fue monitoreada a través del BERA eléctrico intraquirúrgico (Dra F. Heller). Si no se observaba respuesta en esta prueba, o si la respuesta era pobre, la placa de electrodos era reposicionada hasta encontrar el lugar correcto. Durante la cirugía, los nervios VII, IX fueron monitoreados (Prof. Diamante). En estos casos el abordaje más directo es el retrosigmoideo. La posición del paciente: Decúbito lateral con el hombro ligeramente hacia atrás y la cabeza y el mentón hacia arriba y atrás, mirando el hombro. El tronco y la cabeza deben estar firmemente fijados para evitar el movimiento de la lateralización. Se demarca el trayecto del seno sigmoideo, del seno lateral y la punta de la mastoides. Luego se realiza una incisión en S cursiva siguiendo la línea del cabello por debajo de la punta de la mastoides. Se exponen el periostio anterior y posterior con electrocauterización y cureta. La sección de la vena emisaria se produce en la posición orientación del seno sigmoideo.

El borde posterior de la apófisis mastoides con el surco digástrico debe ser expuesto. La craneotomía es realizada con trépano o drillado, teniendo como límite anterior el seno sigmoideo y la parte superior del seno lateral. La extensión posterior debe ser de 3,5 a 4 cm. El borde anterior de la craneotomía debe exponer el seno sigmoideo y seguir su trayecto hacia abajo y hacia adelante en busca del golfo de la yugular (Fig. 6). El labio inferior se agranda en la base de la fosa posterior.

La craneotomía es más anterior inferior que la retrosigmoidea clásica para los tumores de la APC y permite el abordaje directamente a los nervios mixtos.

La apertura de la duramadre se realiza a través de una incisión anteroposterior, 1 cm desde el labio inferior y otra incisión hacia arriba de 0,5 cm a lo largo del seno sigmoideo. Los bordes se doblan con puntos de sutura a los tejidos vecinos. En este momento el estado del cerebelo es crucial para continuar. Debe ser lo suficientemente blando para colocar una espátula y reclinarse hacia atrás y hacia arriba para abrir la cisterna "posterior" y permitir la salida de LCR que deprime el cerebelo. Medidas adicionales pueden ser utilizadas, como, por ejemplo, los esteroides, la furosemida y el manitol.

Deprimir el cerebelo, debidamente protegido; se exponen los nervios mixtos desde el compartimiento neural del foramen yugular en su camino hacia el tronco cerebral. El nervio craneal XI se suele identificar primero.

El flóculo cerebeloso está reclinado a medial y se expone el IX, X y XI del tronco cerebral. El último es la mejor referencia para llegar al agujero de Lushka junto con la aparición de cuerpos coroideos; cuando éstos son grandes y vascularizados se requiere la coagulación bipolar.

Una disminución final del flóculo permite ver la entrada del tronco cerebral de IX y núcleos auditivos más altos. Los bloqueos aracnoideos parciales o totales deben ser cuidadosamente seccionados.

La vascularización del foramen y el receso lateral se respetará al máximo. El receptáculo para el receptor interno se lleva a cabo antes de la apertura de la duramadre. Se marca el lugar con Spongostan y lentinis de algodón y el receptor interno se coloca en posición.

La base del electrodo 22 (coclear), se toma del cable con los puntos de estimulación hacia los núcleos y se introduce a través de los agujeros en el receso lateral. Trozos de músculos están posicionados detrás del soporte del electrodo para el contacto con los núcleos y con la fibrosis evitar que se desplacen de su posición.

El cable conductor posicionado en el cerebelo en expansión y por debajo de la duramadre es suturado punto a punto para evitar CSF. Debe haber un control preciso de la hemostasia.

La respuesta EABR se monitoriza para determinar la colocación correcta de los electrodos. Luego, el cierre es por planos. El paciente debe permanecer dos días en la UTI y una semana hospitalizado.

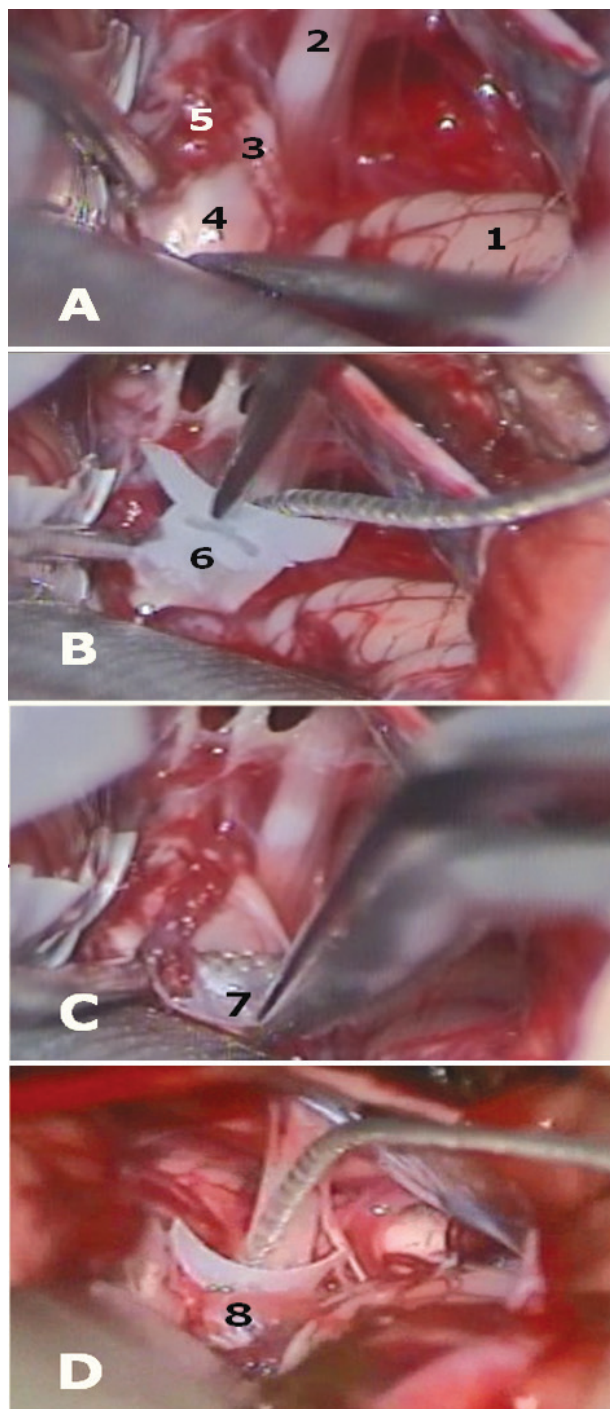


Fig. 1. 1. Flúculo cerebeloso. 2. N. Glossofaríngeo. 3. Romboide Lip. 4. Núcleos auditivo protuberanciales. 5. Plexos coroideos. 6. Placa de electrodos. 7. Electrodo en contacto con núcleos. 8. Bloqueo muscular.

BERA eléctrico

En todos los casos se usó como estudio objetivo el BERA eléctrico intraquirúrgico, con énfasis en posición del IATC y previo a la activación con énfasis en la selección de electrodos que producen respuestas auditivas.

Para realizar este estudio se empleó el Sistema Bio-logic en combinación con el sistema de diagnóstico de Cochlear Corporation Nucleus NRT. Se colocaron electrodos subdérmicos de control en el cuello:

- Vertex (CZ electrodo +).
- C7 (electrodo -)
- Electrodo de tierra entre los dos anteriores.
- Se estimularon los núcleos cocleares mediante estímulos eléctricos bifásicos.

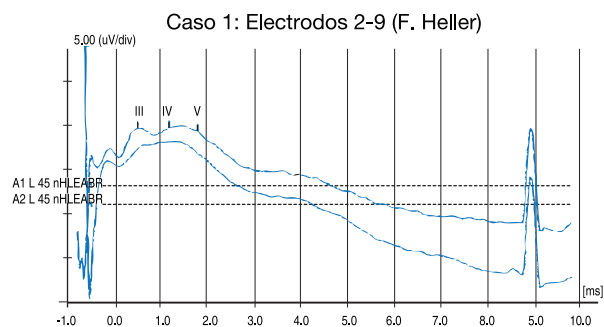


Fig. 2.

Casos clínicos:

- Las 4 niñas realizaron evaluación otológica, audiológica, neuropsiquiátrica, psicológica, cognitiva pre- IC.
- Las 4 niñas no tuvieron respuesta al sonido con potentes audífonos en ambos oídos.
- La comunicación era a través de gestos indicativos y gritos. Sólo en un caso tenía unas pocas palabras.
- RMN: En caso 1, 3 y 4 aplasia bilateral de cóclea y nervio. En caso 2 severa malformación coclear bilateral y aplasia bilateral del nervio.
- Ev. neuropsiquiátrica: En los casos 1 y 2 sin alteraciones. En el caso 3 encefalopatía crónica no evolutiva de origen perinatólogico, con retraso madurativo leve. En el caso 4, variante del síndrome de Dandy-Walker.
- Edad al IATC: caso 1: 3 años, Caso 2: 10 años 8 meses, Caso 3: 3 años 9 meses y Caso 4: 2 años.

Programación del procesador del habla

En las cuatro pacientes la activación del IATC se realizó entre 30 a 60 días después de la cirugía. Las niñas estaban conectadas a un ECG, con asistencia médica; se dio orientaciones a la familia con respec-

to a esta medida de precaución frente al riesgo de estimular otras estructuras neurales en el tronco cerebral y algunos nervios responsables de otras funciones. Se dieron orientaciones -previas a la cirugía y a la activación inicial- sobre condiciones, resultados y sobre la posibilidad de efectos colaterales no auditivos con la activación del IATC.

La medición de los umbrales para cada electrodo del implante se obtuvo mediante actividad lúdica condicionada, con observación cuidadosa por sensaciones no auditivas (SNA) y/o alteración vestibular.

Sólo aquellos electrodos con percepción auditiva se incluyeron en el mapa de programación y aquellos electrodos en los que no se observaba percepción auditiva fueron apagados. Se midieron los niveles T (mínima percepción auditiva) y C (percepción auditiva máxima tolerable) para cada electrodo.

Seguimiento audiológico: Activación inicial y control en los días, siguientes luego mensual en los 3 primeros meses, luego cada 3 meses. Las reacciones de los pacientes durante la programación y la activación fueron cuidadosamente observadas.

Las evaluaciones audiológicas en campo libre y pruebas de percepción del habla fueron realizadas en cada oportunidad. Acompañando los controles médicos, psicológicos y de rehabilitación auditiva.

Los electrodos activos en la paciente 1 son actualmente 13 electrodos, 12 electrodos en la paciente 2, 16 electrodos en la paciente 3 y 15 electrodos en la paciente 4.

Resultados

Las 4 niñas aceptan el dispositivo y lo piden, avisan cuando se termina la pila.

Están evolucionando a diferentes ritmos en la adquisición de habilidades auditivas, habla y lenguaje. Muestran detección auditiva espontánea de sonidos ambientales y el habla en grados variables.

Lo usan en forma permanente, todo el tiempo mientras están despiertas.

Muestran confort cuando están usando el procesador del habla.

Intentan localizar los sonidos.

En el campo libre, con su implante detectan en general en niveles de 20 dB a 35dB en las frecuencias de 250 Hz a 4.000 Hz.

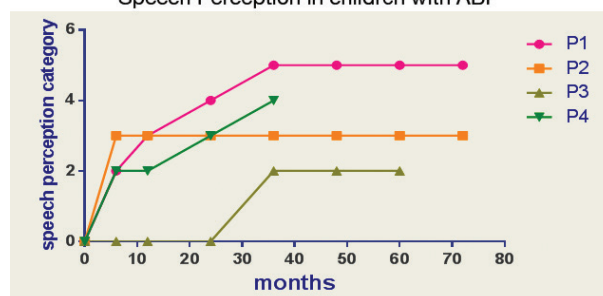
En este estudio las niñas han mostrado evolución positiva, en grados variables, en las categorías de percepción del habla (Geers, 1994) hasta el presente, y en un caso la niña reconoce las palabras de su repertorio en formato abierto. Todas las niñas estaban en categoría "0" en el preimplante y avanzaron a categoría "5" en el caso 1; a categoría "3" en el caso 2; a categoría "2" en el caso 3 y a categoría "4" en el caso 4. La máxima categoría de percepción es la categoría "6".

Muestran progresos en las escalas MAIS e it-MAIS tomadas a los padres, sobre la evolución en el comportamiento auditivo en situaciones cotidianas, usando el dispositivo. Avanzaron de "0" punto en la evaluación preimplante a 22, 25, 32, 35 puntos de un total de 40 puntos en el post-IATC.

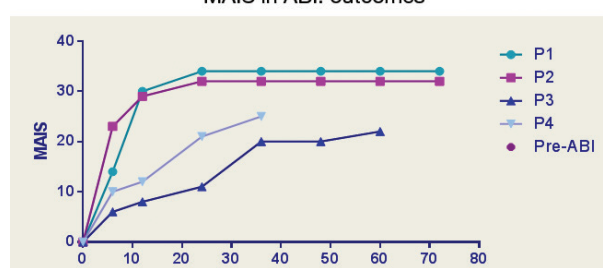
La edad al implante, la presencia de otros handicaps, los aspectos quirúrgicos y la programación del procesador; el apoyo familiar y la adecuada estimulación auditiva y del lenguaje, son factores importantes.

Nuestros resultados sugieren que la estimulación a través de un IATC es técnicamente posible en niños con aplasia de nervio coclear sin observar, en estos casos, complicaciones quirúrgicas o postquirúrgicas.

Evolución en las categorías CID de percepción del habla (Geers, 94)
Speech Perception in children with ABI



Evolución en la escala it-MAIS y MAIS
MAIS in ABI: outcomes



Figs. 3, 4

IATC: Resultados audiológicos y tiempo de uso

Caso	Tiempo de uso del IATC	It-Mais-Mais Escalas	Campo Libre	Categoría de percepción
1	72 m	35/40	20-30 db HI	5-6
2	72 m	32/40	25-30 db HI	3
3	52 m	22/40	25-30 db HI	2
4	36 m	25/40	25-35 db HI	4

Tabla 1.

Discusión

La FDA permite el IATC solamente para pacientes con NF-2 mayores de 12 años (1).

Para quienes presentan alteraciones intrínsecas de la cóclea que impiden el IC o neuropatías de otras etiologías, no está autorizada por dicha institución la colocación de un IATC.

Hace 5 años, el primer cirujano en el mundo en ampliar las indicaciones del IATC en niños y adultos no tumorales fue el profesor Vittorio Colletti, de Verona, Italia. Según Colletti si sólo se realiza IATC en aquellos pacientes que sufren de sordera por NF-2, siguiendo estrictamente las indicaciones de la FDA, se subestima la posibilidad de recuperación de los otros casos, lo que conlleva a que un número grande de individuos no puedan beneficiarse con un IATC. A partir de ese concepto él comenzó a aplicar el uso de IATC en casos no tumorales de adultos y niños (2, 3, 4, 5, 6).

El IATC es hasta el momento la intervención más desafiante en el gran capítulo de la habilitación auditiva. En casos especiales, constituye la única posibilidad de realizar un by pass de la cóclea y el nervio auditivo, estimulando directamente la 2ª neurona de la vía auditiva, estableciendo la conexión entre el mundo sonoro y el componente central de la vía auditiva, que hasta ese momento había estado totalmente privada de estimulación. (7)

La experiencia en la remoción de tumores en casos de NF-2 simultáneamente a la colocación de IATC, durante 25 años, permite tener la certeza que la colocación del implante no se asocia con un aumento de la morbilidad ni de las complicaciones postoperatorias. El hecho de saber que la estimulación directa de los núcleos del piso del IV ventrículo no produce alteraciones anatómicas ni funcionales de la vía auditiva, ni de las áreas vecinas, hace posible la idea de realizar el IATC en niños desde muy temprana edad.

Un aspecto fundamental al momento de realizar la intervención en los niños, es tener la seguridad de la presencia de los NC en ausencia del nervio coclear. Su presencia se puede verificar mediante TAC y RMN en base al nivel de los mismos asociados a un IV ventrículo y tronco cerebral normales.

Embriológicamente parecería que el desarrollo de la cóclea es independiente del nervio, y que la presencia del mismo no provee ningún efecto trófico sobre los núcleos. Se podría presumir que los núcleos no necesitan para su desarrollo ser estimulados por la vía aferente.

Sin estímulos aferentes los núcleos no deben poseer arquitectura tonotópica y, de ser así, sería beneficioso en los niños, porque la tonotopía se iría produciendo en la medida en que los núcleos sean estimulados eléctricamente por los electrodos de distintas frecuencias colocadas en su contacto, según Colletti.

Conclusiones

El IATC en adultos y niños ha permitido la percepción de los sonidos ambientales y el habla. Un porcentaje reducido de pacientes llegan a la percepción en formato abierto. Todos ellos tienen una mejoría fundamental en la lectura labial.

En los casos de las cuatro niñas con agenesia de nervio implantadas en nuestro centro de implantes, consideramos que el uso constante del dispositivo con intensa estimulación auditiva en función de la adquisición del habla y lenguaje hará posible los avances en la percepción y producción del habla, así como en la adquisición del lenguaje.

Vittorio Colletti marca una diferencia significativa en relación a los resultados obtenidos entre los pacientes con resección tumoral y los pacientes no tumorales. En los adultos no tumorales, el reconocimiento de palabras y monosílabos en formato cerrado al año es del 86% y en los casos tumorales es del 24%. Con respecto a la percepción de oraciones sin lectura labial, en casos no tumorales es del 66% al año y en los tumorales es del 20%. Los niños prelinguales, en un 30%, identifican los bisílabos al año en formato cerrado, y el 25% llega a la percepción de oraciones en formato abierto.

Los resultados favorables obtenidos en los pacientes no tumorales en relación a los tumorales, se dan debido a que en los últimos el tumor distorsiona la anatomía de los núcleos auditivos, comprimiendo y desplazando el tronco cerebral, dificultando a su vez la salida de LCR del recesso lateral del IV ventrículo.

culo, lo que produce edema, fibrosis e isquemia de las estructuras vecinas. Además, durante la cirugía de remoción tumoral se pueden producir, mediante la tracción y la microcoagulación, interferencias en la vascularización de los núcleos.

El Prof. Colletti ha obtenido resultados significativos en los casos de niños que presentaban grandes malformaciones cocleares, y también en casos de osificaciones cocleares con malos resultados con el IC, por lo que recibieron posteriormente un IATC.

El IATC ha sido considerado -hasta hace pocos años- sólo en los pacientes con NF-2, en especial cuando se realiza la cirugía para la extracción del neurinoma. De esta manera, si nos ajustamos a las indicaciones de la F.D.A. no estaríamos ayudando a una serie de pacientes con patología no tumoral que podrían ser beneficiados con el uso de un IATC.

El grupo de IATC en niños consiste de profesionales de muchas disciplinas: otología, neurootología, electrofisiología, audiológica, psicología y terapia del habla y lenguaje.

El impacto de este tipo de implantes en la vida de esos pacientes ha resultado muy positivo.

En nuestra limitada experiencia hemos observado estimulación auditiva con el IATC, en grados variables. Es importante subrayar el caso de que las cuatro pacientes tienen agenesia de nervio coclear. No se observaron complicaciones post-quirúrgicas y tienen acceso al sonido.

Otros estudios con mayor número de casos son necesarios para ampliar nuestro conocimiento sobre el IATC en niños con aplasia de nervio, pero los resultados preliminares muestran la contribución de este tipo de prótesis para el desarrollo de habilidades auditivas.

Bibliografía

1. McElevan JT Jr, Hitselberger WE, House WF, Mobley JP, Terr LI. (1985). Electrical stimulation of cochlear nucleus in man. *Am J Oto Suppl*:88-91.
2. Vincent C, Zini C, Gandolfi A, et al. (2002). Results of the MXM Digisonic auditory brainstem implant clinical trial in Europe. *Otol Neurotol* 23:56-60.
3. Laszig R, Sollmann WP, Marangos N. (1995). The restoration of hearing in Neurofibromatosis type 2. *J Laryngol Otol* 109:385-389.
4. Lenarz M, Matthies C, Lesinski-Schiedat A, et al. (2002). Auditory brainstem implant Part II: subjective assessment of functional outcome. *Otol Neurotol* 23:694-697.
5. Grayeli AB, Bouccara D, Kalamarides M, et al. (2003). Auditory brainstem implant in Bilateral and completely ossified cochleae. *Otol Neurotol* 24:79-82.
6. Otto SR, Brackman DE, Hitselberger WE. (2004). Auditory brainstem implantation in 12-to 18- Years Olds. *Arch Otolaryngol Head and Neck Surg* 130:656-659.
7. Colletti V, Fiorino F, Carner M, Sacchetto L, Miorelli V, Orsi A. (2002). Auditory brainstem implantation: the University of Verona experience. *Otolaryngol Head and Neck Surg* 127:84-96.
8. Colletti V, Fiorino F, Carner M, et al. (2002). Hearing restoration with auditory brainstem implant in three children with cochlear nerve aplasia. *Otol Neurotol* 23:682-693.
9. Colletti V, Fiorino F, Carner M, Miorelli V, Guida M, Colletti L. (2004). Auditory brainstem implant as a salvage treatment after unsuccessful cochlear implantation. *Otol Neurotol* 25:485-496.
10. Colletti V, Carner M, Miorelli V, Guida M, Colletti L, Fiorino F. (2004). Cochlear implant failure: Is an auditory brainstem implant the answer? *Acta Otolaryngol* 124:353-357.
11. Colletti V, Carner M, Miorelli V, Guida M, Colletti L, Fiorino F. (2005). Auditory brainstem implant: new frontiers in adults and children. *Otolaryngol Head and Neck Surg* 133:126-138.
12. McElevan JT Jr, Hitselberger WE, House WF. (1987). Surgical accessibility of the cochlear nuclear complex in man: surgical landmarks. *Otolaryngol Head and Neck Surg* 96:135-140.