

ARTÍCULO ORIGINAL

La implantación coclear pediátrica en el periodo crítico de la vía auditiva, nuestra experiencia

Paz Martínez-Beneyto^{a,*}, Antonio Morant^{b,c}, María-Ignacia Pitarch^b, Emilia Latorre^b, Amparo Platero^b y Jaime Marco^{b,d}

^aAdvanced Bionics Spain, Alicante, España

^bServicio de Otorrinolaringología, Hospital Clínico Universitario, Valencia, España

^cDepartamento de Otorrinolaringología, Universidad de Valencia, Valencia, España

^dCátedra de Otorrinolaringología, Universidad de Valencia, Valencia, España

Recibido el 13 de enero de 2009; aceptado el 23 de enero de 2009

Disponible en Internet el 9 de septiembre de 2009

PALABRAS CLAVE

Plasticidad cerebral;
Implantación precoz;
Periodo crítico;
Periodo sensible;
Resultados de
implante coclear

Resumen

Introducción: Datos experimentales y clínicos apuntan a que existe un periodo crítico o sensible en el que la vía auditiva desarrolla el mayor potencial de plasticidad y aprendizaje. Se ha demostrado que la implantación coclear precoz en ese periodo conlleva un mejor pronóstico respecto a la adquisición del lenguaje. El objetivo del presente trabajo es demostrar la importancia de la implantación coclear en ese periodo crítico.

Métodos: Se ha realizado un estudio observacional, longitudinal y retrospectivo en 57 niños con hipoacusia neurosensorial bilateral profunda de inicio prelingual implantados en nuestro servicio, entre junio de 1998 y noviembre de 2006, con dispositivos de Advanced Bionics. Se han analizado los resultados obtenidos en audiometría tonal liminar, test de bisílabos adaptado a niños, test de frases en abierto y escala de Nottingham.

Resultados: No se han observado diferencias en el análisis de los umbrales audiométricos de los niños implantados a distintas edades. Sin embargo, cuando se analizan los resultados de los tests logaudiométricos, sí se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los grupos de niños implantados antes y después de los 4 años de edad.

Conclusiones: Nuestros resultados son coherentes con los de otras publicaciones en las que se evidencian claras diferencias en el rendimiento auditivo de los niños implantados precozmente con respecto a la implantación más tardía. Hemos encontrado las mayores diferencias en el límite de los 4 años de edad. No obstante, estos hallazgos no deben hacer que se excluya de la implantación a los niños que hayan sobrepasado esa edad.

© 2009 Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pazmabe@terra.es (P. Martínez-Beneyto).

KEYWORDS

Brain plasticity;
Early implantation;
Critical period;
Sensitive period;
Cochlear implant
results

Paediatric cochlear implantation in the critical period of the auditory pathway, our experience

Abstract

Introduction: Numerous experimental and clinical studies have suggested a critical or sensitive period in which the auditory pathway develops its greatest potential in terms of plasticity and learning. Early cochlear implantation performed in prelingual deaf children in this period provides a better prognosis for language acquisition. The aim of this study is to show the importance of cochlear implantation before this critical period ends.

Methods: We conducted an observational, longitudinal, retrospective study of 57 children suffering profound prelingual bilateral sensorineural hearing loss who had received Advanced Bionics implants at our ENT department between June, 1998, and November, 2006. Data on their audiometric thresholds, the disyllabic word test adapted to children, open-set sentences recognition test and the Nottingham scale were analyzed.

Results: The analysis of audiometric thresholds showed no differences between children receiving the implants at different ages. However, statistically significant differences ($p < 0.05$) were found in speech tests between groups of children receiving the implants before and after 4 years of age.

Conclusions: Our results are in line with other publications showing differences in auditory performance when comparing children with early implants versus children receiving the implants at a later age. We found the greatest differences at 4 years of age. Nevertheless, these findings should not exclude children over this age from implantation.

© 2009 Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Diversas evidencias confirman que existe lo que denominamos periodo crítico de la vía auditiva, en el que se producen fenómenos bioquímicos y morfológicos que marcan el destino de la comprensión auditiva. El cerebro está en constante cambio; en el nacimiento está parcialmente mielinizado y difusamente interconectado, para ir madurando y convirtiéndose en un órgano complejo sintonizado para relacionarse con las condiciones de su nicho ambiental. Mediante la memoria y el aprendizaje, gracias a la plasticidad sináptica, el cerebro maduro se adapta a las contingencias cambiantes de su medio seleccionando los estímulos más relevantes.

La plasticidad cerebral cortical se basa en unos principios básicos que fueron expuestos por Thomas Elbert¹:

- El desuso o la desaferentación (tras una lesión) conllevan la invasión de las áreas corticales no utilizadas por neuronas de las áreas próximas.
- El incremento del uso causa la expansión de la representación cortical.
- Los estímulos sincrónicos conllevan la fusión de las zonas corticales que representan esos estímulos.
- Los estímulos asincrónicos inducen la segregación de las áreas corticales que representan esos estímulos.

Estos principios implicarían, en el caso de la privación auditiva congénita, un desarrollo neuronal tal que las áreas cerebrales inicialmente destinadas al procesamiento auditivo se utilizarían para procesamientos sensoriales de otras

modalidades. Esto ocurre así cuando las aferencias auditivas no se instauran en el periodo crítico en el que se producen estos procesos, cuyo estudio se ha confirmado desde diversos puntos de vista. De hecho, un estudio llevado a cabo por Jung et al² en el colículo inferior de ratas en diferentes etapas del desarrollo demuestra que, tras el nacimiento, la expresión de GAP-43, proteína que interviene durante el crecimiento axonal y la sinaptogénesis, y otras proteínas disminuyen durante el desarrollo fetal. Esto muestra que, al tiempo que las neuronas asumen gradualmente su función específica, se produce una disminución en la complejidad molecular y la concentración de proteínas que median el desarrollo neural. Otros estudios dirigidos por Ahn³ demuestran que la ablación de ambas cócleas en las ratas conlleva en las semanas siguientes una disminución del metabolismo en las áreas corticales relacionadas con la audición, demostrada mediante tomografía por emisión de positrones con fluorodesoxiglucosa tras inyección de 2-desoxiglucosa. Sin embargo, tras varias semanas, el metabolismo volvía a reactivarse supuestamente por la invasión de estas áreas corticales no utilizadas por neuronas de las áreas próximas, lo cual se ha denominado *cross-modal plasticity* (plasticidad modal cruzada)⁴⁻⁷.

Además, se ha estudiado electrofisiológicamente el desarrollo de la vía auditiva y el impacto en él de la privación auditiva. Mediante la utilización de potenciales corticales en gatos con audición normal y con sordera congénita, Kral et al⁸ han comprobado que el desarrollo funcional del córtex auditivo depende fundamentalmente de la experiencia auditiva, de modo que ante privación auditiva el desarrollo de las ondas está retrasado y tiene respuestas de menor amplitud. A partir del cuarto mes

de vida, los animales con sordera congénita presentan una disminución de las áreas activadas y menores corrientes sinápticas que los del grupo control. Sin embargo, los gatos normacúsicos presentan a esta edad patrones iguales que los gatos adultos. Estudios llevados a cabo por Nagase et al⁹ han demostrado que las ratas a las que se había inducido una hipoacusia farmacológica tras el nacimiento mostraban una expresión de Fos mayor que las ratas normacúsicas de control en el colículo inferior contralateral tras la estimulación eléctrica de una cóclea. Estos hallazgos también indican que se producen cambios en el procesamiento auditivo como consecuencia de la hipoacusia neonatal.

Además de estos y otros hallazgos constatados en laboratorios mediante técnicas electrofisiológicas o citoquímicas, la utilización cada vez más amplia del implante coclear ha supuesto una herramienta fundamental para comprender en mayor profundidad la plasticidad neuronal en humanos. El proceso de la implantación coclear supone la reposición de un sistema sensorial que puede acontecer en distintas etapas del desarrollo cerebral debido a que la edad de implantación varía según las circunstancias de cada caso.

En niños implantados se ha podido comprobar, mediante potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC), una disminución de la latencia de la onda V, así como un aumento de la amplitud de las ondas I y III conforme aumenta el tiempo de exposición a la estimulación mediante el implante coclear¹⁰. Es decir, el mismo patrón de desarrollo de los PEATC en niños normacúsicos se refleja en niños recién implantados tras los primeros meses de estimulación.

Los análisis realizados sobre la evolución del lenguaje en relación con la edad de implantación y comparaciones con niños normacúsicos demuestran que, cuanto más precoz es la implantación, los resultados son más cercanos a los obtenidos en normacúsicos¹¹. Sin embargo, los niños implantados de forma más tardía evolucionan hasta niveles inferiores e incluso es posible que no alcancen nunca el nivel de aquéllos. Así, se ha demostrado que existe un periodo "crítico" o "sensitivo" para el desarrollo del lenguaje. La implantación coclear después de ese periodo crítico se relaciona con una gradual disminución de la capacidad para adquirir y desarrollar el lenguaje. Estas evidencias también se han constatado por observaciones electrofisiológicas. Así, del estudio de la actividad eléctrica de la corteza auditiva en sujetos con implante coclear y su comparación con niños que fueron implantados a distintas edades, se evidencia que los niños que reciben un implante coclear antes de los 42 meses de vida tienen una latencia de la onda P1 cercana a la presentada por la población normacúsica¹². Por lo tanto, se puede considerar la privación de audición como un importante obstáculo para la adquisición del lenguaje¹³; además, el restablecimiento precoz de la audición mediante implante coclear es un factor fundamental en el pronóstico de la adquisición del lenguaje¹⁴.

Mediante este trabajo, pretendemos demostrar la importancia de la edad de implantación durante el periodo crítico de desarrollo de la vía auditiva, a partir del análisis de los resultados de los niños que recibieron implante coclear en nuestro centro. Intentaremos asimismo establecer el límite clínico para este periodo crítico de plasticidad de la vía auditiva.

Métodos

Se ha realizado un estudio observacional longitudinal y retrospectivo en 57 niños con hipoacusia neurosensorial bilateral profunda o severa de grado II de inicio prelingual (adquirida antes de los 2 años de vida) portadores de implante coclear. Todos estos niños fueron implantados en nuestro servicio entre junio de 1998 y noviembre de 2006 con dispositivos de Advanced Bionics LLC, con las distintas generaciones del dispositivo según la fecha de implantación: C-I, C-II e HiRes90K. Todos los sujetos fueron intervenidos por el mismo cirujano, la metodología de programación aplicada fue la misma en todos ellos y las recomendaciones de seguimiento logopédico fueron idénticas en todos los casos. Para homogeneizar la muestra y descartar factores de sesgo, se descartó del estudio a los sujetos que presentaban otras afecciones concomitantes a la hipoacusia. Todos los niños de la serie fueron sometidos periódicamente a evaluaciones del lenguaje según el protocolo diseñado en nuestro centro. En el presente estudio se han analizado las evaluaciones durante los primeros 5 años de seguimiento, excepto en los niños implantados más tarde, de los que se disponía de menos tiempo de evolución. No obstante, de todos los sujetos incluidos se dispone de resultados de al menos los primeros 2 años tras el implante. Se han analizado los resultados obtenidos en las siguientes pruebas audiológicas: audiometría tonal liminar, test de bisílabos adaptado a niños¹⁵, test de frases en abierto¹⁶ y escala de Nottingham¹⁷.

Para la consecución de los objetivos de este estudio, se ha dividido la muestra en cuatro grupos según la edad del niño en el momento de la implantación. Así, se ha agrupado a los grupos de niños en grupo I (niños implantados antes de los 2 años de edad), grupo II (niños implantados entre los 2 y los 3 años), grupo III (niños implantados entre los 3 y los 4 años) y grupo IV (niños implantados a edades superiores a los 4 años).

De este modo se intenta hacer patentes las diferencias en rendimiento que pudieran haber entre los niños implantados dentro del periodo crítico de plasticidad cerebral que, tal como otros autores han definido, se sitúa en los primeros 4 años de edad. Para hacer patentes las posibles diferencias que pudiera haber, se aplicó de forma sistemática la prueba de la t de Student entre los distintos pares de grupos de edad y se estableció el umbral de significación estadística en $p < 0,05$.

Resultados

La distribución por edades de nuestra muestra se representa en la [tabla 1](#). La media de edad a la implantación fue de $4,56 \pm 4,39$ años (intervalo, 12 meses-13 años; moda, 2 años).

El análisis de los umbrales audiométricos obtenidos en campo libre con el uso del audífono antes de la implantación, y con el implante coclear tras ella, en los distintos grupos de niños y en distintas etapas de la evolución, muestra que a los 3 meses los pacientes implantados alcanzan audiometrías estables en torno a los 30 dB SPL. La prueba de la t de Student para comparar los umbrales audiométricos de los distintos grupos no mostró diferencias

estadísticamente significativas entre ellos. En la **tabla 2** se exponen los resultados de dichas comparaciones, todas ellas $p > 0,05$, umbral de significación establecido en el presente trabajo. La **figura 1** muestra las medias e intervalos para 2 desviaciones estándar de los diferentes grupos durante el primer año tras la implantación.

El análisis de las evaluaciones mediante test de palabras bisílabas adaptadas a niños muestra que los niños implantados antes de los 4 años de vida (grupos I, II y III) ofrecen resultados mejores y más tempranos, con puntuaciones entre el 80 y el 100% (**fig. 2**). Sin embargo, los niños implantados a edades superiores a los 4 años (grupo IV)

Tabla 1 Distribución de la muestra en función de la edad de los sujetos en el momento de la implantación coclear y el grupo de edad asignado

Grupo	Edad a la implantación (años)	Pacientes, n	Pacientes por grupo, n
I (≤ 2 años)	1	5	26
	2	21	
II	3	6	6
III	4	6	6
IV (≥ 4 años)	5	1	19
	6	1	
	7	1	
	8	6	
	9	2	
	10	5	
	11	1	
	12	1	
	13	1	
Total		57	

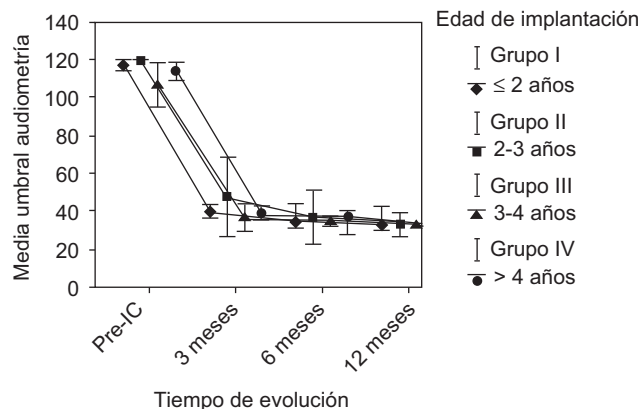


Figura 1 Representación de la media y 2 desviaciones estándar de los promedios de los umbrales audiométricos (a 250, 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz) para cada uno de los grupos de niños en función de la edad a la implantación (I: ≤ 2 años; II: 2–3 años; III: 3–4 años, y IV: ≥ 4 años). Ante la ausencia de respuesta a la máxima estimulación que aportaba el audiómetro, se asignaba un umbral de 120 dB. Se observa una evolución similar para los distintos grupos en relación con los umbrales audiométricos, y no se detectan diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Tabla 2 Significación estadística de las comparaciones mediante prueba de la t de Student entre los distintos grupos establecidos según la edad a la implantación

		Valor p de la significación estadística para la comparación de los Grupos:				
		Grupo I vs. Grupo II	Grupo II vs. Grupo III	Grupo III vs. Grupo IV	Grupo I vs. Grupo III	Grupo II vs. Grupo IV
Audiometría	3 meses	0,19	0,3	0,58	0,47	0,16
	6 meses	0,5	0,77	0,56	0,88	0,92
	12 meses	0,96	0,91	0,74	0,93	0,69
Test de Bisílabos	1 año	0,42	0,6	0,001*	0,4	0,17
	2 años	0,21	0,1	0,0004*	0,84	0,017*
	3 años	–	–	0,002*	0,44	–
	4 años	–	–	0,002*	0,79	–
	5 años	–	–	0,02*	0,17	–
Test de Frases	1 año	0,56	0,6	0,0003*	0,32	0,1
	2 años	0,24	0,26	0,00001*	0,68	0,15
	3 años	0,041*	0,18	0,001*	0,31	0,2
	4 años	–	–	0,017*	0,56	–
	5 años	–	–	0,65	0,56	–
Escala de Nottingham	1 año	0,2	0,26	0,036*	0,41	0,77
	2 años	0,012*	0,15	0,015*	0,62	0,83
	3 años	–	–	0,002*	0,67	–
	4 años	–	–	0,003*	0,98	–
	5 años	–	–	0,004*	0,73	–

“*” valor p de significación estadística $< 0,05$. “–” magnitud de la muestra no suficiente para realizar el test estadístico.

muestran un techo en su evolución que no superan a pesar del paso del tiempo, y el valor promedio queda cercano al 40%. En la tabla 2 se expone la significación estadística de las comparaciones de los grupos en cada uno de los periodos. Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos III y IV para todo el periodo evaluado y de forma puntual en la evaluación realizada a los 2 años entre los grupos II y IV. Sin embargo, no se detectan diferencias entre los demás grupos.

Los resultados del test de frases sin labiolectura muestran una rápida evolución de los grupos I y III, que alcanzan un 80–100% a partir del segundo año tras la implantación. No es así, sin embargo, para el grupo II y menos aún para el grupo IV. Es importante añadir que de los 6 sujetos del grupo II, sólo de 3 de ellos se dispone de datos de seguimiento a partir

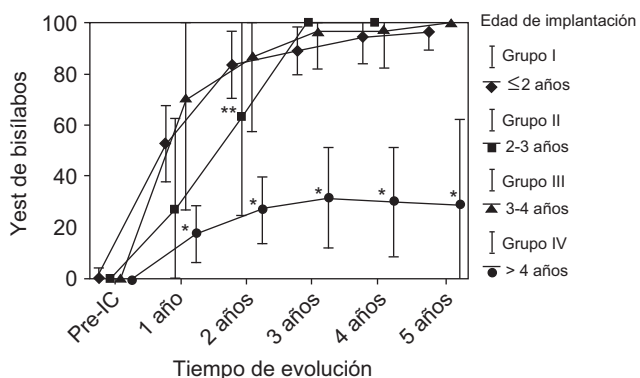


Figura 2 Media (intervalo de confianza del 95%) del test de bisílabos aplicado en distintos momentos de la evolución a los cuatro grupos de niños según edad a la implantación. Las cuatro curvas muestran la evolución de cada uno de los cuatro grupos (I: ≤2 años; II: 2–3 años; III: 3–4 años, y IV: ≥4 años).

^ap<0,05 entre los grupos III y IV.
^bp<0,05 entre los grupos II y IV.

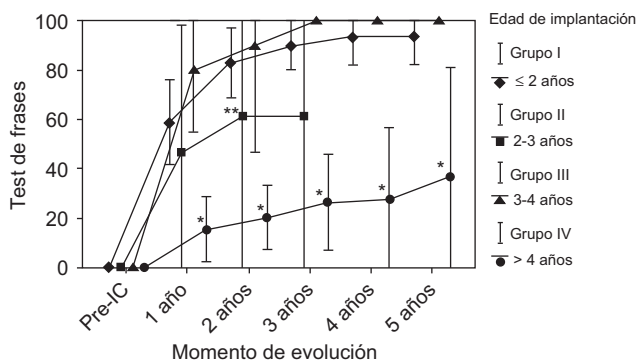


Figura 3 Media (intervalo de confianza del 95%) del rendimiento medido por el test de frases sin labiolectura. Se observa un rápido crecimiento en el rendimiento para los grupos I y III. El rendimiento se muestra evidentemente menor en el grupo IV. El grupo II muestra resultados intermedios, aunque destaca la gran amplitud de sus intervalos de confianza, seguramente debido a la escasez de la muestra en dicho grupo (I: ≤2 años; II: 2–3 años; III: 3–4 años, y IV: ≥4 años).

^ap<0,05 entre los grupos III y IV.
^bp<0,05 entre los grupos II y IV.

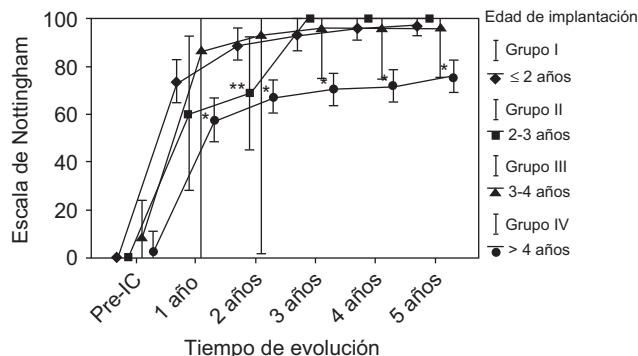


Figura 4 Media (intervalo de confianza del 95%) en la escala de Nottingham. Se observa una diferencia que, además, es estadísticamente significativa entre los grupos de niños implantados antes de los 4 años y los implantados después de esta edad (I: ≤2 años; II: 2–3 años; III: 3–4 años, y IV: ≥4 años).

^ap<0,05 entre los grupos III y IV.
^bp<0,05 entre los grupos II y IV.

del tercer año, con lo que el intervalo de confianza es muy amplio en esos casos (fig. 3). La comparación de los resultados por grupos arroja diferencias estadísticamente significativas entre los grupos III y IV para los primeros 4 años de evolución y también diferencias puntuales entre los grupos I y II al tercer año de evolución (tabla 2).

En cuanto al estudio del lenguaje utilizando la Escala de Nottingham, se observa nuevamente que los niños implantados precozmente (antes de los 4 años) desarrollan mayores habilidades que los implantados tras los 4 años de edad (fig. 4). Se vuelve a apreciar que estos niños llegan a un techo en la progresión a los 3–4 años del inicio de la estimulación y una clara dificultad para obtener las máximas puntuaciones del test. Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos III y IV en todas las evaluaciones realizadas, y de forma puntual entre los grupos I y II en la evaluación del segundo año de seguimiento (tabla 2).

Discusión

Mediante el presente estudio se evidencia a partir de la experiencia en nuestro centro que existe un periodo crítico para la implantación coclear de niños con hipoacusia profunda prelocutiva. El diseño del estudio ha permitido excluir sesgos que podrían enmascarar los resultados, como incluir solamente a sujetos sin morbilidades concomitantes a la hipoacusia, así como únicamente hipoacusias prelocutivas. Además, todos los niños fueron intervenidos por el mismo cirujano y la metodología de programación del dispositivo fue la misma en todos los casos. Por otro lado, se ha incluido únicamente a los niños implantados con dispositivos del mismo fabricante.

Obtenemos una media relativamente alta de implantación de 4,56 años, que se debe a la dispersión de los datos de nuestra muestra; no obstante en la tabla 1 se comprueba que la moda de implantación se sitúa en los 2 años de edad. Efectivamente, ésa es la edad a la que habitualmente se implanta a los niños en nuestro centro; sin embargo, hay

niños intervenidos a edades superiores debido a factores sociodemográficos desfavorables que han incrementado la media de la edad de implantación.

Los datos resultantes de nuestro análisis muestran que una diferencias manifiestas en el rendimiento entre los grupos de niños implantados antes de los 4 años de edad y los implantados después, lo que se ha demostrado de forma estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en todos los tests analizados y en casi todas las evaluaciones realizadas. El estudio mediante la prueba de la *t* de Student por pares de grupos ha permitido identificar asimismo las posibles diferencias entre los grupos de niños implantados más pequeños, aunque no se ha demostrado una tendencia sólida en este sentido, sino solamente diferencias puntuales. Estas diferencias puntuales siempre han hecho referencia a la comparación del grupo II con los demás. Como hemos comentado previamente, este grupo estaba representado únicamente por 3 sujetos a partir de los 2 años de seguimiento, con lo que se necesitaría de una muestra más amplia para confirmar estos resultados puntuales.

Nuestros resultados son coherentes con los de estudios previos¹², que encuentran mediante análisis electrofisiológicos de latencia de la onda P1, usada como un índice de maduración de la vía auditiva, que hay claras diferencias de desarrollo entre los niños implantados antes de los 42 meses de vida y los intervenidos más tarde. Esos autores sitúan el límite del periodo crítico en los 3,5 años de edad, aunque apuntan que en determinados casos puede alargarse hasta los 7 años.

Fryauf-Bertschy et al¹⁸ analizaron a 34 niños con hipoacusia prelocutiva con implante coclear y exponen que el rendimiento auditivo está relacionado inversamente con la edad a la implantación. De forma similar a este estudio, hallan que los niños implantados entre los 2 y los 5 años obtienen mejores puntuaciones que los implantados después.

Otros trabajos^{11,19} han demostrado que los niños con hipoacusia desarrollan un lapso en el desarrollo del lenguaje comparado con los normacúsicos, y que una vez que se instaura la estimulación auditiva empiezan a desarrollar el lenguaje con un crecimiento casi normal cuando se la realiza en etapas tempranas. Nosotros también hemos constatado este hecho, pues los niños implantados precozmente llegan a las máximas puntuaciones de los tests aplicados en los primeros 2–3 años de uso del implante coclear. Sin embargo, esto no se detecta en los implantados con más de 4 años, que muestran un techo en el desarrollo. Por lo tanto, esto indica que los niños con hipoacusias congénitas pueden desarrollar habilidades de lenguaje a un ritmo casi normal siempre y cuando se instauren las aferencias lo suficientemente temprano en la vida. Así, Svirsky et al¹¹ compararon las habilidades de lenguaje de niños normacúsicos con niños afectos de hipoacusia prelingual que fueron implantados a los 2, 3 y 4 años de vida. En ese trabajo, se ponen de manifiesto diferencias en los niños implantados a esas tres edades y encuentran que los niños implantados entre los 12 y los 24 meses están 1 desviación estándar por debajo de la media de los normacúsicos; los implantados entre los 25 y los 36 meses están en las 2 desviaciones estándar de los normacúsicos y los implantados entre los 37 y los 48 meses están por debajo de estos límites. En esa publicación sí se halla diferencia entre la implantación en edades por debajo

de los 4 años, y encuentran los mejores resultados cuando la implantación se realiza con menos de 2. Nosotros no hemos detectado diferencias en esas edades tan tempranas, posiblemente por la pequeña muestra de niños en los grupos II y III, como ya hemos comentado.

Sin embargo, el efecto del deterioro del rendimiento del lenguaje con la edad de implantación argumentado por distintos autores, y puesto de relieve de nuevo con nuestros datos, no se observa en el análisis de los promedios de los umbrales audiométricos. Esto apunta a que, si bien la activación de la vía auditiva periférica puede conseguirse de manera eficiente a distintas edades de implantación, la adquisición y el desarrollo del lenguaje alcanzan sus mejores puntuaciones cuando la activación de la vía se realiza a edades tempranas. Esto es así porque la adquisición del lenguaje precisa de un cerebro plástico, capaz de realizar nuevas conexiones y relaciones para adquirir habilidades complejas como el habla, y no únicamente de las aferencias periféricas.

Al margen de todos estos datos funcionales, se hace necesario apuntar que la edad óptima ha de considerar también parámetros externos al paciente. En este contexto reseñamos la importancia tanto de la instauración del cribado universal de la hipoacusia en recién nacidos como los últimos avances en técnicas de diagnóstico audiológico, que permiten la confirmación de la hipoacusia de una forma más fiable y segura en edades muy tempranas. En nuestro equipo, los potenciales auditivos de tronco cerebral de estado estable²⁰ y la experiencia en la realización de las pruebas subjetivas han facilitado disponer de diagnósticos fiables a edades muy tempranas.

Asimismo es fundamental, antes de realizar cualquier recomendación sobre la conveniencia de las implantaciones cocleares precoces, considerar un análisis completo de sus riesgos y beneficios. Estudios retrospectivos que analizaron historias clínicas de niños implantados a edades muy tempranas²¹ no han hallado mayores riesgos durante la anestesia ni mayor complejidad del procedimiento quirúrgico. Se señala que la cirugía electiva otológica en niños menores de 1 año se puede realizar de forma segura en instituciones en las que se tenga experiencia continua y haya unidad de cuidados perioperatorios disponible. Se requiere una estrecha colaboración entre cirujano y anestesista para así garantizar la seguridad de estos niños tan pequeños.

Por último, la edad crítica para implantar no debe ser considerada un dato exacto, estático en el tiempo ni universal, sino que se trata de una edad aproximada, ya que cada individuo puede presentar diferencias del estado evolutivo cerebral. De hecho, un aspecto ya subrayado¹¹ es la evidencia de una gran variabilidad entre sujetos. Incluso aunque diferentes grupos de edad presentan importantes diferencias, cada grupo puede incluir a ciertos individuos con rendimientos superiores a lo esperado. Nosotros también hemos encontrado una alta variabilidad en los resultados entre los datos de los niños implantados a edades similares para la que no hemos podido determinar una causa concreta. Cabe apuntar asimismo que, aunque la implantación coclear en edades tempranas pueda ser la más beneficiosa, también se puede obtener excelentes resultados en edades más avanzadas. Por lo tanto, el establecimiento de un periodo crítico no debería hacer que se excluya como candidatos a implante coclear a los niños

diagnosticados más tarde o los obligados a implantaciones tardías por circunstancias adicionales. Además, si bien el rendimiento es menor cuanto más tardía es la implantación, todos los sujetos muestran mejoría respecto a su estado previo al implante.

Todo esto indica que las líneas futuras de investigación en implante coclear han de dirigirse a intentar explicar la variación en rendimiento encontrada entre sujetos que aparentemente comparten factores pronósticos similares. Quizá estudios sobre la participación de procesos cognitivos de niveles superiores u otras variables no exploradas puedan indicar si existen procedimientos especiales que se pudieran aplicar cuando ya se ha sobrepasado el supuesto periodo crítico de un sujeto.

Conclusiones

Establecemos la edad óptima para implantar a niños con sordera congénita profunda antes de los 4 años de edad.

No existe una edad mínima límite para implantar precozmente en niños, y las limitaciones fundamentales son la seguridad diagnóstica y las posibilidades de proporcionar cuidados perioperatorios adecuados en edades tan tempranas.

Aun estableciendo el periodo crítico en una edad concreta, los niños mayores no deberían ser excluidos de la implantación coclear pues, aunque se evidencia que el pronóstico es más discreto, aún obtienen un beneficio significativo respecto a carecer de implante.

Quedan por esclarecer los motivos de la variabilidad encontrada en niños implantados a edades similares.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Ward LM. Human neural plasticity. *Trends Cogn Sci*. 2001;5:325-7.
2. Jung C, Illing RB. The cochlear implant. Molecular arguments favouring early implantation. *HNO*. 2004;52:1015-9.
3. Ahn SH, Oh SH, Lee JS, Jeong JM, Lim D, Lee DS, et al. Changes of 2-deoxyglucose uptake in the rat auditory pathway after bilateral ablation of the cochlea. *Hear Res*. 2004;196:33-8.
4. Nishimura H, Hashikawa K, Doi K, Iwaki T, Watanabe Y, Kusuoka H, et al. Sign language 'heard' in the auditory cortex. *Nature*. 1999;397:116.
5. Lee DS, Lee JS, Oh SH, Kim SK, Kim JW, Chung JK, et al. Cross-modal plasticity and cochlear implants. *Nature*. 2001;409:149-50.
6. Finney EM, Fine I, Dobkins KR. Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. *Nat Neurosci*. 2001;4:1171-3.
7. McFeely WJ, Antonelli PJ, Rodriguez FJ, Holmes AE. Somatosensory phenomena after multichannel cochlear implantation in prelingually deaf adults. *Am J Otol*. 1998;19:467-71.
8. Kral A, Tillein J, Heid S, Hartmann R, Klinke R. Postnatal cortical development in congenital auditory deprivation. *Cereb Cortex*. 2005;15:552-62.
9. Nagase S, Mukaida M, Miller JM, Altschuler RA. Neonatal deafening causes changes in Fos protein induced by cochlear electrical stimulation. *J Neurocytol*. 2003;32:353-61.
10. Gordon KA, Papsin BC, Harrison RV. Activity-dependent developmental plasticity of the auditory brain stem in children who use cochlear implants. *Ear Hear*. 2003;24:485-500.
11. Svirsky MA, Teoh SW, Neuburger H. Development of language and speech perception in congenitally, profoundly deaf children as a function of age at cochlear implantation. *Audiol Neurootol*. 2004;9:224-33.
12. Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ. A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear Hear*. 2002;23:532-9.
13. Harrison RV. Age related tonotopic map plasticity in the central auditory pathways. *Scan Aud*. 2001;30:8-14.
14. Tyler RS, Summerfield AQ. Cochlear implantation: relationships with research on auditory deprivation and acclimatization. *Ear Hear*. 1996;17:38-50.
15. Cárdenas MR, Marrero V. Cuaderno de logaudiometría. Guía de referencia rápida. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia; 1994.
16. Huarte A, Molina M, Manrique M, Olleta I, García-Tapia R. Protocolo para la valoración de la audición y el lenguaje, en lengua española, en un programa de Implantes Cocleares. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 1996;47:1-14.
17. O'Donoghue GM, Nikolopoulos T, Archbold SM, Tait M. Congenitally deaf children following cochlear implantation. *Acta Otorhinolaryngol Belg*. 1998;52:111-4.
18. Fryauf-Bertschy H, Tyler RS, Kelsay DMR, Gantz BJ, Woodworth GG. Cochlear implant use by prelingually deafened children: the influences of age at implant and length of device use. *J Speech Lan Hear Res*. 1997;49:183-99.
19. Svirsky MA, Robbins AM, Kirk KI, Pisoni DB, Miyamoto RT. Language development in profoundly deaf children with cochlear implants. *Psychol Sci*. 2000;11:153-8.
20. Martínez Beneito P, Morant Ventura A, Pitarch Ribas MI, García Callejo FJ, Marco Algarra J. Potenciales evocados auditivos de estado estable a multifrecuencia como técnica de determinación de umbrales auditivos. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2002;53:707-17.
21. Jöhr M, Ho A, Wagner CS, Linder T. Ear surgery in infants under one year of age: its risks and implications for cochlear implant surgery. *Otol Neurotol*. 2008;29:310-3.