

Efecto acústico inmediato de la fístula coclear en el cobaya

M. S. Boles-Aguirre, N. Pérez, J. Cervera-Paz, M. Manrique

Departamento de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria-Facultad de Medicina. Universidad de Navarra.

Resumen: *Introducción y objetivos:* Evaluar el efecto que tiene en la cóclea la coeleostomía así como la exposición de la estría vascular, valorándolo de manera objetiva por medio de las otoemisiones acústicas e inmediatamente a la intervención. *Material y métodos:* Abordaje submandibular al oído medio y cóclea del cobaya. Fresado de las rampas timpanica y vestibular de la primera espira así como exposición amplia de la estría vascular en la primera-segunda espira. Estudio de la función coclear por medio de otoemisiones acústicas de productos de distorsión. *Conclusiones:* El cobaya es un animal de experimentación idónea para el trabajo quirúrgico cuando se pretende monitorizar el estado funcional de la cóclea. La respuesta acústica es similar a la encontrada en otros mamíferos aunque la amplitud de la respuesta es algo inferior a lo referido en otros trabajos. La ausencia de manipulación intracoclear asegura la reducción de deterioro auditivo de acuerdo a los hallazgos en las diferentes maneras de estudio del producto de distorsión acústico. *Resultados:* Existe una reducción de la amplitud en los audiogramas de productos de distorsión para determinadas frecuencias (4 y 6 kHz). Estas son las de localización tonotópicamente próximas a las coeleostomías realizadas en la primera espira (al nivel de la escala vestibular y timpánica). La apertura de la cóclea sin realizar una manipulación intracoclear no ocasiona modificaciones severas en los resultados de los audiogramas de productos de distorsión ni en las curvas de crecimiento de la respuesta. La apertura lateral de la estría vascular minimizando la agresión al laberinto no provocó deterioro acústico significativo.

Palabras clave: Otoemisiones acústicas. Cirugía atraumática. Fístula. Hipoacusia.

Immediate acoustic effect of the cochlear fistula in a guinen pig

Abstract: *Introduction and objectives:* To Evaluate objectively the effect that coeleostomy has in the cochlea as well as the exposition of the estria vascularis, through acoustic otoemissions immediatly after surgery. *Material and methods:* Submandibular approach to the guinea pig's middle ear and cochlea. Trimming of the timpanic and vestibular first turns and wide exposition of the estria vascularis in the first and second turns. Study of cochlear function through acoustic otoemissions of distortion products. *Conclusions:* Guinea Pig is a perfect experimentation animal for surgical work when monitoring functional state of the cochlea. Its acoustic response is similar to the one found in other mammals thoug its response is lower than that reported in other papers. The lack of intracochlear manipulation ensures the lower decrease hearing loss deterioration regarding the findings in the different methods of studying the acousting distortion. *Results:* There is a decrease of amplitud in the audiograms of distortion for specific frequencies (4 and 6 KHs), located tonotopically near the coeleostomies carried out in the first turn (at the level of scala vestibularis and timpánica). Approadding the cochlea without intracochlear manipulation does not modify greatly the results of audiograms of distortion neither the growth slopes of the response. A lateral approach of the estric vascularis minimising the aggression to labrynth did not cause a significant acoustic deterioration.

Key words: Acoustic otoemissions. Atraumatic surgery. Fistulae. Maring loss.

Correspondencia: M.S. Boles-Aguirre
Dpto. de ORL
Clínica Universitaria de Navarra
Pío XII, 36
31008 Pamplona (Navarra)
Este trabajo obtuvo el premio "Profesor García-Tapia" concedido por la SEORL en su convocatoria de 2004.
Fecha de recepción: 17-12-2004
Fecha de aceptación: 25-4-2005

INTRODUCCIÓN

La manipulación intracoclear implica un importante riesgo de pérdida auditiva bien conocido por cualquier cirujano dedicado al trabajo otológico^{1,2} aunque, existe una cierta discrepancia sobre el verdadero mecanismo subyacente al daño auditivo resultante³. Para resolver esta dis-

crepacia es preciso crear y validar un modelo experimental en el que se pueda ensayar diversas hipótesis hasta lograr un conocimiento adecuado del proceso en estudio.

El cobaya ha sido tradicionalmente utilizado como animal de experimentación otológica con este fin. El fácil acceso y cómoda manipulación de las estructuras del oído medio a través de la bulla timpánica, así como la completa exposición en el oído medio de todas las espiras cocleares recubiertas por una delgada lámina ósea, hacen que el cobaya sea el mamífero más utilizado en los trabajos experimentales de fisiología y fisiopatología auditiva de oído medio e interno⁴. De idéntica manera el sistema auditivo central ha sido estudiado en detalle a partir del conocimiento preciso que se tiene de su disposición anatómica y conexión funcional con otros centros.

Los estudios de función auditiva se inician en 1882 cuando Preyer, en el cobaya, define las características del reflejo acústico motor normal que, por extensión, tienen que cumplir los animales de experimentación para considerarlos normo-oyentes⁵. En adelante, trabajando con cobayas se realizan descubrimientos básicos de la fisiología del oído medio (fenómeno de adaptación de impedancia) así como de la función de transducción celular sensorial en el oído interno: potenciales endolinfático, microfónico coclear y de sumación.

Las otoemisiones acústicas (OEA) se generan como consecuencia de oscilaciones activas de las células ciliadas externas⁶. Las OEA pueden ser espontáneas o evocadas. Un tipo de OEA evocadas son las otoemisiones acústicas de productos de distorsión (OEApd). Estas son el resultado de la interacción no lineal entre dos tonos puros (F1 y F2) que se aplican simultáneamente en el conducto auditivo externo^{7,8}. Para su correcta utilización es necesario antes definir en el cobaya las características de la respuesta en el animal normo-oyente.

Consideramos que las variables a estudiar en un proyecto experimental en el que se pretende analizar el efecto de una cocleostomía en la función auditiva se pueden dividir en cualitativas (grado de daño o tipo de manipulación) y cuantitativas (diámetro de la cocleostomía, período de tiempo entre daño y evaluación de resultados, manipulaciones añadidas, etc) que deberían formar parte de ulteriores estudios. Es pertinente, antes de iniciar un proyecto, seleccionar qué variables se van a manipular y de qué manera se va a analizar el cambio inducido. En este trabajo se pretende evaluar el efecto en la función coclear inmediato a una cocleostomía así como a la exposición de la estría vascular. El efecto inmediato, sin manipulación, se selecciona por que es el que podemos considerar como paradigmático en cualquier manipulación quirúrgica controlada. La cocleostomía se realizará en la escala vestibular o timpánica de la primera espira, y la exposición de la estría vascular en la segunda espira. No se combinarán actuaciones quirúrgicas para evitar conflicto de datos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Técnica quirúrgica de abordaje al oído

Se efectuó un abordaje submandibular del hueso temporal, vía de acceso a la bulla timpánica y espacio cervical submandibular. El animal se coloca en decúbito dorsal en posición transversal situando el lado a operar frente al cirujano. El animal es anestesiado con una mezcla de ketamina, diazepam y atropina sin necesitar soporte vital durante todo el tiempo que dura la cirugía y mediciones acústicas. Se rasura toda la piel de la región submandibular tomando como referencia medial la línea medial longitudinal y como referencia lateral la mandíbula. Se realiza una incisión longitudinal de 3 cm bajo el músculo masetero siguiendo el borde inferior de la mandíbula. Se incluye piel, tejido subcutáneo y músculo platísmo (figura 1).

Se retrae el timo y se expone la vena linguofacial (V. linguofacialis) que se lleva lateralmente para exponer el músculo digástrico desde su inserción en la apófisis paracondilar (Processus paracondilares) del hueso occipital. Al retraer medialmente el músculo digástrico se observa la cara basal de la bulla timpánica en toda su extensión. Es preciso seguir la disección en dirección anterior para encontrar la apófisis estilohioidea y cartílago timpanohioideo del cuerno mayor del hioídes. Al desplazar lateralmente dichas estructuras aparecen la apófisis estiloides del hueso temporal y el músculo pterigoideo interno (M. pterygoideus medialis) que limitan la progresión antero-lateral. Se retrae medialmente el pterigoideo interno para lo cual usamos una pieza de algodón a modo de cuña que situamos en el extremo más anterior de la inserción de los pterigoideos. De esta manera conseguimos una mejor visión del campo quirúrgico. Se incide el periosteo de la bulla siguiendo la dirección de la apófisis estiloides⁹.

Se abrió el aspecto caudal de la bulla temporal de ma-



Figura 1. Abordaje superficial y especimen en el que se muestra el objeto del abordaje submandibular.

nera que se consiguió acceder al oído medio y por tanto a la superficie de la cóclea. En este momento se registró el audiograma de productos de distorsión y la curva de crecimiento de la respuesta (figura 2).

Técnicas quirúrgicas realizadas

Se realizaron diferentes actos quirúrgicos sobre la superficie coclear de manera aleatoria en cada cobaya, operando ambos oídos en todos los animales. Las localizaciones del abordaje fueron sencillas tras la adecuada exposición del oído medio y de la cóclea en él. La apreciación de la primera espira es correcta desde el nicho de la ventana redonda y en ella seleccionamos trabajar en las diferentes escalas y pared lateral de la estría vascular gracias a referencias anatómicas precisas.

Cirugía primera espira-escala timpánica. Se efectuó una cocleostomía en la superficie de la primera espira a nivel de la escala timpánica en los dos oídos de cinco animales (N=10). Se finalizó el fresado cuando se encontró perilinfa; no se aspiró ni se manipuló el contenido de la escala timpánica.

Cirugía primera espira-escala vestibular. A nivel de la escala vestibular en los dos oídos de cinco animales (N=10). Se finalizó el fresado cuando se encontró perilinfa; no se aspiró ni se manipuló el contenido de la escala vestibular.

Cirugía segunda espira-estría vascular. Por último, en ambos oídos de cinco cobayas se fresó la pared ósea de la segunda espira sin dañar la estría vascular y sin penetrar en la cóclea (N=10).

El intervalo de tiempo medio entre el registro antes y después de las cocleostomías fue inferior a tres minutos en todos los animales.

La técnica quirúrgica fue siempre en condiciones de máxima asepsia bajo control microscópico. Se practicaron los pasos quirúrgicos básicos y elementales en 4 animales



Figura 2. Pasos quirúrgicos del abordaje submandibular hasta acceder a la cóclea en el cobaya.

con el objeto de lograr una destreza quirúrgica y del método de estudio acústico.

Técnica de estudio de las OEA

Para la detección de las OEA se utilizó el Model 330 Otoacoustic Emissions Test Instrument (Virtual Corporation, versión 1.5) para el estudio de OEA correctamente modificado para ser utilizado en el conducto auditivo externo de reducidas dimensiones.

El equipo está instalado en un ordenador personal Macintosh II ci. En estos estudios se llevan a cabo las siguientes fases:

- Generación de señales. Por medio de un sintetizador de dos canales se generan dos tonos puros F_1 y F_2 . Estos dos tonos se envían al conducto auditivo externo. La relación F_2/F_1 se mantiene constante a lo largo del tiempo en un valor 1,21. La intensidad de cada tono (L_1 y L_2), medido en dB SPL, es idéntica.

- Recogida de respuesta. Mediante un micrófono, acoplado al dispositivo que se utiliza para la emisión de F_1 y F_2 en el CAE, se registra el valor de la presión sonora en el CAE en varias frecuencias (2, 3, 4, 6, 8 kHz) de una amplitud de -25 a + 85 dB SPL y con una resolución de 0,1 dB SPL.

- Análisis de la respuesta. En el analizador se hace una extracción de los componentes armónicos de la respuesta para medir exclusivamente la amplitud del tono de distorsión cúbico situado en la frecuencia definida por la fórmula $2F_1-F_2$.

- Pruebas realizadas. Se realizaron dos tipos de estudios: el audiograma de productos de distorsión y la curva de crecimiento de la respuesta. El audiograma de productos de distorsión o PDGrama es la representación gráfica del valor del producto de distorsión en función de la frecuencia de emisión cuando se utilizan tonos puros. La intensidad utilizada para cada primario fue: $L_1=L_2= 55$ dB SPL, $L_1= L_2= 75$ dB SPL y $L_1= L_2+10$ dB SPL. La curva de crecimiento de la respuesta o función I/O es la representación gráfica del valor del producto de distorsión respecto a la intensidad del tono estimulante que se incrementa de 5 en 5 dB entre los valores de 30 y 75 dB SPL siendo la intensidad de ambos primarios idéntica siempre.

De este modo se efectuó el registro de las OEA en los cobayas que cumplían las siguientes condiciones: reflejo de Preyer positivo, perfil acústico dentro de lo esperado con identificación de F_1 y F_2 , nivel de ruido ≤ -5 dB SPL en frecuencias >2 kHz y detección de señal acústica mantenida a lo largo de todo el test. En total se realizó este estudio en 10 animales.

RESULTADOS

1. Resultados preoperatorios (figura 3). Valores normales en el animal de experimentación

- Pdgrama. La respuesta es apreciablemente más clara

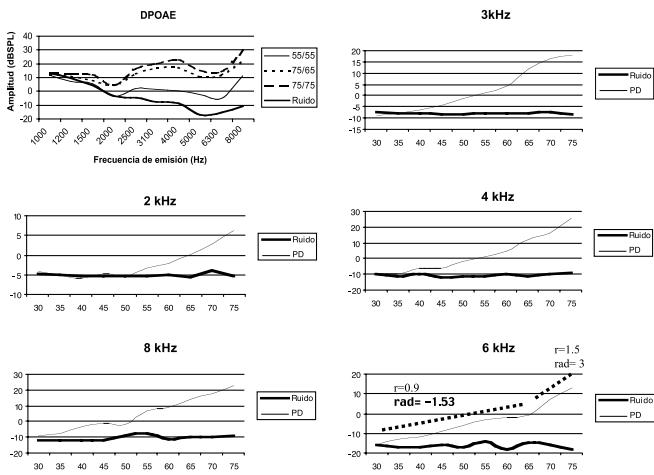


Figura 3. Pdgrama y curvas de crecimiento de respuesta (I/O) en los cobayos antes de la cirugía. En el Pdgrama se presenta además del valor del ruido basal (invariable a lo largo del estudio) el producto de distorsión evocado con diferentes intensidades de primarios. Se seleccionó como frecuencia de emisión la media geométrica de los primarios.

y consistente en frecuencias superiores a 2 kHz y la relación de los primarios $L_1=L_2$ genera una respuesta similar a $L_1=L_2+10$ dB SPL. Son evidentes dos zonas de menor intensidad de respuesta (2 kHz y 5 kHz) en consonancia con lo registrado por otros autores. Esto hace que a la hora de elegir una frecuencia única de estudio sea mejor trabajar con las de 2,5-4,4 kHz que coincide con la gama de frecuencias representadas en las otoemisiones evocadas por click o transitorias (TEOAE).

- Curva de crecimiento de la respuesta. A partir de los datos anteriores se estudiaron las curvas de crecimiento de la respuesta para las frecuencias de emisión 2, 3, 4, 6 y 8 kHz. Las curvas coinciden plenamente con lo encontrado por otros autores y de esta manera podemos validar el sistema de registro propio. Además refuerza la información antes referida de modo que, para el estudio con productos de distorsión, las frecuencias de 3 y 4 kHz resultarían las más fiables e informativas.

2. Cirugía en la escala timpánica (figura 4). Primera espira.

- Pdgrama. La estimulación que se refleja es la obtenida con $L_1=L_2=75$ dB SPL antes y después de la cirugía. Como el período de tiempo entre realizar la cocleostomía y registrar las otoemisiones fue en todos los casos inferior a 3 minutos, se analiza la modificación del producto de distorsión inmediato a la cirugía. La reducción en la amplitud del producto de distorsión, aunque de baja intensidad (6-18 dB SPL) es significativa particularmente en las frecuencias tonotópicamente situadas próximas a la zona de fresado (4000-6000 Hz).

- Curva de crecimiento de la respuesta. Coincidiente con lo anterior, las curvas de crecimiento de la respuesta para las frecuencias de emisión 4 y 6 kHz son las más afectadas, mientras que las superiores (8 kHz) apenas

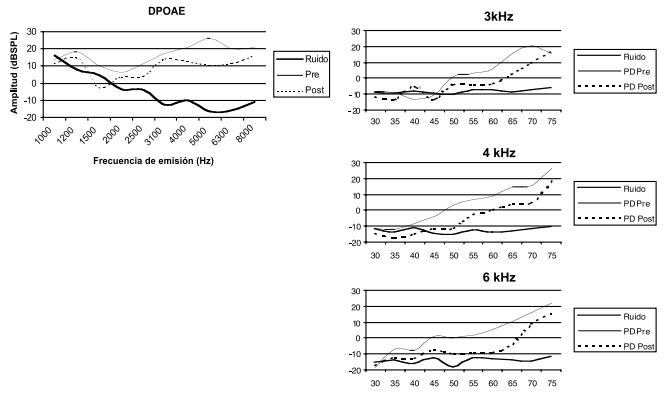


Figura 4. Pdgrama y curvas de crecimiento de respuesta (I/O) en los cobayos antes de la cirugía y después de la fistulización sin manipulación intracoclear de la escala timpánica de la primera espira. En el Pdgrama se presenta además del valor del ruido basal (invariable a lo largo del estudio) el producto de distorsión evocado con dos tonos primarios a intensidad equivalente de 75 dB SPL. Se presentan sólo las curvas de crecimiento de respuesta para 3, 4 y 6 kHz.

lo son y las inferiores moderadamente y, sobre todo, sin valor significativo. De estas últimas, 2 kHz se presenta aunque no cumple los criterios de inclusión antes definidos.

3. Cirugía en la escala vestibular (figura 5). Primera espira

- PDgrama. Los resultados son similares a los encontrados en la cirugía de la escala timpánica.

Podemos decir que la apertura o fistulización quirúrgica de la escala timpánica y vestibular sin manipulación intracoclear no crea un daño auditivo severo pasados los primeros minutos después de la intervención.

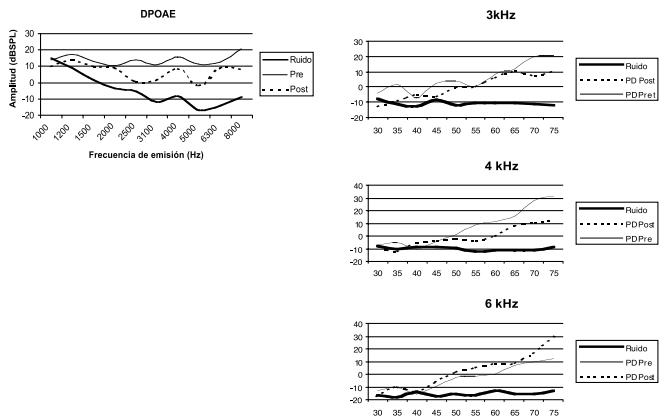


Figura 5. Pdgrama y curvas de crecimiento de respuesta (I/O) en los cobayos antes de la cirugía y después de la fistulización sin manipulación intracoclear de la escala vestibular de la primera espira. En el Pdgrama se presenta además del valor del ruido basal (invariable a lo largo del estudio) el producto de distorsión evocado con dos tonos primarios a intensidad equivalente de 75 dB SPL. Se presentan sólo las curvas de crecimiento de respuesta para 3, 4 y 6 kHz.

- Curva de crecimiento de la respuesta. Es también superponible a la anterior.

4. Cirugía en la estría vascular (figura 6)

Se centró el fresado en la pared ósea coclear con la pretensión de no extenderse más allá de la estría vascular y, por tanto, sin fistulizar el oído interno en ningún momento.

- Pdgrama. No hay diferencias significativas entre los resultados antes y después de la cirugía. Esto permite afirmar que la cirugía a ese nivel, actuando hasta el endósteo, el cual se elimina, y dejando la pared externa de la escala coclear expuesta, no crea daño auditivo en los primeros minutos después de la cirugía.

- Curva de crecimiento de la respuesta. Los datos vuelven a ser congruentes y las diferencias son sólo significativas para la frecuencia de 3 kHz

DISCUSIÓN

Al igual que otros autores, hemos podido medir sin problema alguno los productos de distorsión acústica evocados en la cóclea sana de los cobayas¹⁰. La selección cuidadosa de los parámetros de estudio, la manipulación delicada de las estructuras del oído externo/medio y, la utilización de una anestesia superficial permiten replicar los hallazgos entre los diferentes animales explorados.

En general la exploración acústica de los productos de distorsión nos debe hacer considerar tres elementos fundamentales:

1. Tanto el estímulo como la respuesta que se desplazan en el oído medio pueden modificarse por el medio de transmisión (en concreto filtrarse). No se ha realizado corrección alguna para el factor de transferencia asociado.

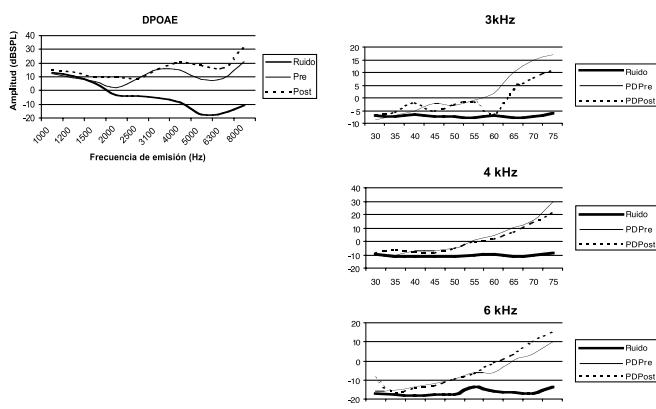


Figura 6. Pdgrama y curvas de crecimiento de respuesta (I/O) en los cobayas antes de la cirugía y después de exposición quirúrgica de la estría vascular de la primera-segunda espira. En el Pdgrama se presenta además del valor del ruido basal (invariable a lo largo del estudio) el producto de distorsión evocado con dos tonos primarios a intensidad equivalente de 75 dB SPL. Se presentan sólo las curvas de crecimiento de respuesta para 3, 4 y 6 kHz.

2. El nivel mínimo de distorsión medible depende del nivel de ruido existente que, a su vez, varía con la frecuencia de estímulo. Es pues, más apropiado por esto, medir el nivel de distorsión (amplitud, dB SPL) para un cierto nivel de estimulación que ajustarlo al nivel mínimo de detección (umbral).

3. El oído recibe una estimulación con dos tonos puros; el lugar preciso de origen de la distorsión no es bien conocido: media geométrica de los dos primarios, F2,...

Ciertas peculiaridades funcionales del oído medio del cobaya deben ser conocidas antes de enjuiciar los hallazgos de nuestro trabajo. El cobaya es un animal especialmente sensible a frecuencias bajas, mucho más que la rata, probablemente debido a las peculiaridades anatómicas del oído medio y, podría ser relativamente insensible a la frecuencia de 6 kHz, fenómeno conocido como de antirresonancia del oído medio^{11,12}. Sin embargo las frecuencias más fácilmente estimulantes ("peak-sensitivity") son las de 8-10 kHz. Esto es observable perfectamente en el hallazgo del Pdgrama de cobayas normales.

No hemos encontrado en las curvas de crecimiento la característica curva bifásica o bimodal. Esta depende en parte de los ajustes en L2, de ahí el interés de comprobar si una relación L1/L2 diferente a la convencional (L1=L2) como es la L1=L2+10 dB SPL aporta una mayor sensibilidad diagnóstica. Coinciendo con esa ausencia de curva bimodal no hemos encontrado una significativa mejoría de la sensibilidad a L1=L2. Creemos que esto tiene que ver con las características del sistema de trabajo que probablemente no favorece una curva de crecimiento gradual similar a la encontrada por otros autores a niveles bajos de estimulación con la intensidad de estimulación de los tonos primarios iguales y covariadas. Es pues más bien una curva de crecimiento rápido no saturable que de todas maneras representa mejor las características frecuenciales en estudio¹³.

La emisión de 2F1-F2 posee dos componentes en el cobaya idénticos al ser humano. Con una relación F2/F1 de 1.21 la emisión, medida en el conducto auditivo externo, posee un componente no-lineal, no dependiente estrictamente del lugar de emisión. El componente lineal, dependiente del lugar de emisión, aparece fundamentalmente con estímulo inferior a 40 dB SPL. La menor contribución del componente no dependiente del lugar de emisión, puede ser debido además a una menor irregularidad de la cóclea¹⁴ que hace más atractivo este animal para los experimentos de investigación coclear.

De todas maneras es interesante encontrar un doble componente solo en la frecuencia de 6kHz, que es además una de las más infrecuentes. Podría tener relación con una cierta irregularidad que hace predominar emisiones dependientes del lugar por causa de la falta de homogeneidad en la onda viajera¹⁵.

De acuerdo a otros autores la fistulización aislada del oído interno, sin manipulación quirúrgica o instilación de productos, produce un incremento muy leve del umbral tonal (<15 dB) que se recupera rápidamente¹⁶⁻¹⁹. En general se considera que el neumolabirinto es el mecanismo fisiopatológico

lógico fundamental implicado en la hipoacusia asociada a la fistula perilynáctica. La manipulación experimental que hemos realizado pretende y, logra, evitar este fenómeno, demostrando nuevamente que se puede fistulizar el oído interno sin un riesgo mayor de deterioro auditivo, tanto a nivel de escala timpánica como de escala vestibular.

A partir de este hallazgo hemos podido plantear una acción quirúrgica sobre la estría vascular como es la exposición de toda ella. No ha habido manipulación quirúrgica y el período de tiempo de trabajo ha sido de aproximadamente 5-10 minutos. Este período de tiempo se acerca al que podríamos utilizar en el ser humano si pretendiéramos trabajar en esa zona. Se confirma la viabilidad de esta posibilidad quirúrgica con un riesgo auditivo menor.

La gran similitud existente en el patrón de vascularización cócleo-vestibular de los diferentes mamíferos y más en concreto entre el ser humano y el cobaya supone una ventaja a la hora validar los datos de la experimentación en esta área. Así pues, ha sido posible estudiar los mecanismos de autorregulación hemodinámica y función metabólica en el oído interno, de gran relevancia para la comprensión de los procesos patológicos que ocurren en ciertas alteraciones como son la sordera súbita, enfermedad de Menière, presbicia-susia, etc.

De todas maneras a la hora de extrapolar resultados y equiparar nuestro trabajo experimental a la hipotética actuación quirúrgica en el ser humano hay que tener en cuenta que existen tres diferencias en el patrón de vascularización entre el cobaya y el ser humano que implican directa o indirectamente a la estría vascular^{20,21}. En el cobaya el plexo venoso de la cara basal del Órgano de Corti y de la membrana de Reissner posee un desarrollo superior al que se aprecia en el hombre, aunque en éste sí hay cierta similitud en las fases iniciales de su embriogénesis. En segundo lugar el ser humano posee una vénula colectora en la escala vestibular que no aparece en el cobaya y que es uno de los elementos de control hemodinámico más delicado que utiliza en el proceso de autorregulación de la presión intravascular. Por último la vascularización del nervio facial es más dependiente del circuito central que de las arterias periféricas.

Estas diferencias pueden tener que ver o explicar ciertas modificaciones funcionales rápidas que hacen menos dependiente el potencial endococlear de las alteraciones (anatómicas y/o funcionales) en la estría vascular. Esto puede ocurrir por medio de una modificación de la vascularización mediante el cierre o apertura de determinadas conexiones arterio-venosas en la estría. Este aspecto necesita ser explorado en un trabajo próximo quizás por medio del estudio de flujo arterial en la pared coclear ante modificaciones quirúrgicas menores.

Por tanto, podemos concluir lo siguiente:

En cuanto a los valores normales del cobaya:

1. Confirmamos que es un animal de experimentación idónea para el trabajo quirúrgico cuando se pretende monitorizar el estado funcional de la cóclea.

2. La respuesta acústica es similar a la encontrada en otros mamíferos.

3. La amplitud de la respuesta es algo inferior a lo referido en otros trabajos lo cual tiene que ver con el sistema de registro y análisis. Ciertas modificaciones técnicas (sonda) podrían mejorar el método.

4. Siendo L1 el tono de mayor intensidad, variaciones en L2 de 0 a 10 dB SPL respecto a aquél no modifican significativamente la amplitud de la respuesta.

En cuanto a los resultados postquirúrgicos:

1. Existe una reducción de la amplitud en los audiogramas de productos de distorsión para determinadas frecuencias (4 y 6 kHz). Estas son las de localización tonotópicamente próximas a las cocleostomías realizadas en la primera espira (al nivel de la escala vestibular y timpánica).

2. La apertura de la cóclea sin realizar una manipulación intracoclear no ocasiona modificaciones severas en los resultados de los audiogramas de productos de distorsión ni en las curvas de crecimiento de la respuesta.

3. La apertura lateral de la estría vascular minimizando la agresión al laberinto no provocó deterioro acústico significativo.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se realizó en el laboratorio de Otorrinolaringología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Navarra con la colaboración de Dña. M^a Antonia Gallego Madrid. Es parte de un proyecto de investigación que bajo el título "Atraumatic surgery of the cochlea for flat-array cochlear implantation" ha sido financiado en parte por COCHLEAR AG.

Referencias

1. Huttenbrink KB. Cochlear damage caused by middle ear surgeries. *Laryngorhinootologie* 1991;70:66-71.
2. Juiz JM, Rueda J, Merchan JA. Reversible damage to the nerve fibres in the organ of Corti after surgical opening of the cochlea in the rat. *Acta Otolaryngol* 1988;106:29-33.
3. Pérez N, Cervera-Paz J, Quesada J, García-Tapia R. Dissimilarities in Auditory and Vestibular function in Menière's disease. En: *Inner Ear Partition. Ars B* (ed.) Kugler Publications. The Hague, Netherlands 1998;51-65.
4. Gil-Carcedo LM, Martín MC, Carranza MA, Benito JI. Abordaje quirúrgico del oído medio del cobaya. *Acta Otorrinolaringol Esp* 1991;42:399-403.
5. Gil-Carcedo LM, Villalba J. The Preyer reflex in the normally-hearing guinea pig. *Acta Otorrinolaringol Esp* 1989;40:25-7.
6. Pérez N, Manrique M, García-Tapia R. Otoemisiones acústicas de productos de distorsión en la enfermedad de Ménière. *Acta Otorrinolaringol. Esp* 46, 1995;1 (1-6),1995.
7. Morant A, Marco J, Pitarch MI. Otoemisiones acústicas. Diagnóstico precoz de la hipoacusia. En: *Tratado de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. Tomo II*. Suárez C, Gil-Carcedo L, Marco J, Medina J, Ortega P, Trinidad J (eds). Editorial Proyectos Médicos S.L., Madrid 2000, pp: 963-81.
8. Ceranic B. Otoacoustic emissions. En: *Textbook of Audiological Medicine. Clinical aspects of hearing and balance*. Luxon L (ed). London: Martin Dunitz 2003. p. 259-270.
9. Pérez Fernández, Nicolás. Anatomía del hueso temporal y oído del cobaya. Bases de la experimentación otológica. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra 1997.
10. Brown AM. Acoustic distortion from rodent ears. A comparison of

- responses from rats, guinea pigs and gerbils. *Hear Res* 1987;31:25-38.
11. Wilson JP, Johnstone JR. Basilar membrane and middle ear vibration in guinea pig measured by capacitative probe. *JASA* 1975;57: 705-23.
 12. Zwislocki J. Analysis of middle ear function. Part II. Guinea pig ear. *JASA* 1963;34:1034-40.
 13. Brown AM, Kemp DT. Suppressibility of the 2f1-f2 stimulated acoustic emissions in gerbil and man. *Hear Res* 1984;13:29-37.
 14. Withnell RH, Shaffer LA, Talmadge CL. Generation of DPOAEs in the guinea pig. *Hear Res* 2003;178:106-17.
 15. Zweig G, Shera CA. The origin of periodicity in the spectrum of evoked otoacoustic emissions. *JASA* 1995;98:2018-47.
 16. Weisskopf A, Murphy JT, Merzenich MM. Genesis of the round window rupture syndrome; some experimental observations. *Laryngoscope* 1978;88:389-97.
 17. Lamm K, Lehnhardt E, Lamm H. Long-term study after perforation of the round window. Animal experiments using electric response audiometry. *Acta Otolaryngol* 1986;102:27-30.
 18. Bohmer A. On the pathomechanism of cochlear dysfunction in experimental perilymph fistulas. *Laryngoscope* 1991;101:1307-12.
 19. Foster PK, Luebke AE. A model for perilymphatic fistula induced hearing loss in the guinea pig cochlea. *Hear Res* 2002;167:175-9.
 20. Nakashima T, Suzuki T, Morisaki H, Yanagita N. Blood flow in the cochlea, vestibular apparatus and facial nerve. *Acta Otolaryngol* 1991;111:738-42.
 21. Gil-Carcedo LM, Represa J. The development of stria vascularis in the guinea pig fetus. An *Otorrinolaringol Ibero Am* 1990;17:183-94.