

RADIOLOGÍA EN IMÁGENES

Imagen de la hipoacusia postraumática



M. Mazón^{a,*}, E. Pont^b, N. Albertz^a, J. Carreres-Polo^a y F. Más-Estellés^a

^a Área Clínica de Imagen Médica, Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia, España

^b Servicio de Otorrinolaringología, Hospital de Manises, Manises, Valencia, España

Recibido el 5 de mayo de 2017; aceptado el 17 de julio de 2017

Disponible en Internet el 22 de septiembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Traumatismo;
Hipoacusia;
Hueso temporal;
Vía auditiva;
Tomografía
computarizada
multidetector;
Resonancia
magnética

KEYWORDS

Trauma;
Hearing loss;
Temporal bone;
Auditory pathways;
Multidetector
computed
tomography;
Magnetic resonance
imaging

Resumen

Objetivo: La hipoacusia es la complicación más frecuente del traumatismo del hueso temporal. El papel del radiólogo es de gran importancia; la adecuación y la selección de las pruebas radiológicas, así como su correcta interpretación, son cruciales para establecer el diagnóstico y el pronóstico, y para seleccionar el tratamiento idóneo. Con el objetivo de sistematizar los conceptos más relevantes en la valoración de los estudios de imagen en este contexto, se esquematizará el desarrollo del tema según el tipo de hipoacusia que condicione el traumatismo. De forma ordenada se valorarán las potenciales lesiones de sus componentes; en cada caso se sugerirá la técnica de imagen para su evaluación y se describirán e ilustrarán los hallazgos.

Conclusión: En la hipoacusia postraumática, la tomografía computarizada es la técnica de elección inicial y permitirá la detección de alteraciones que condicionen hipoacusia conductiva; la resonancia magnética es útil en la valoración de la hipoacusia neurosensorial.

© 2017 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Imaging of post-traumatic hearing loss

Abstract

Objective: Hearing loss is the most frequent complication of temporal bone trauma. The role of the radiologist is of great importance; the adequacy and selection of the imaging technique, as well as its correct interpretation, are crucial to establish the diagnosis, prognosis and enable the selection of appropriate treatment. With the aim of systematizing the most relevant concepts in the evaluation of image studies in this scenario, this review will be outlined according to the hearing loss type. The potential lesions of its components will be assessed; In each case the most appropriate imaging technique will be suggested and the findings will be described and depicted.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mazonmig@gmail.com (M. Mazón).

Conclusion: In posttraumatic hearing loss, computed tomography is the initial technique of choice and will allow the detection of alterations that cause conductive hearing loss; magnetic resonance imaging will be useful in the evaluation of sensorineural hearing loss.

© 2017 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La hipoacusia constituye una relevante secuela de los traumatismos craneoencefálicos y determina una discapacidad que debe ser valorada de forma sistemática evaluando los diferentes componentes de la vía auditiva. Se estima que aproximadamente afecta al 24-81% de los pacientes con traumatismo del hueso temporal¹. La hipoacusia puede clasificarse en conductiva o neurosensorial; la conductiva es el resultado de una lesión en el oído externo y medio, mientras que la neurosensorial es consecuencia de una lesión en el oído interno o vía auditiva central.

Tradicionalmente, el papel del radiólogo en el traumatismo del hueso temporal se limitaba a la detección de las fracturas y su clasificación en transversal o longitudinal, según la dirección del trazo principal respecto al eje mayor del peñasco². Sin embargo, en la actualidad, además de utilizar otros sistemas de clasificación, como el basado en el compromiso de la cápsula ótica con mayor implicación terapéutica y pronóstica^{3,4}, somos capaces de valorar otros componentes de la vía auditiva que pueden dañarse sin que exista fractura del hueso temporal, como la cadena osicular, el oído interno o la vía auditiva central.

Debe recordarse que, en las fracturas del hueso temporal, hay que describir la dirección del trazo, la porción afectada y el compromiso de la cápsula ótica.

Es necesario tener un completo conocimiento anatómico del sistema auditivo y de los posibles mecanismos lesionales. También deben conocerse las pruebas radiológicas disponibles y sus indicaciones. La selección de la técnica adecuada y la correcta interpretación de los hallazgos posibilitarán en la mayor parte de los casos establecer el diagnóstico y el pronóstico funcional, así como seleccionar el tratamiento idóneo.

En general, la tomografía computarizada (TC) es la técnica de elección inicial en el traumatismo del hueso temporal, ya que permite su valoración con una resolución submilimétrica, de forma rápida, con mínima manipulación de un paciente que puede presentar lesiones graves. La resonancia magnética (RM), por su parte, de forma diferida, permitirá la evaluación del oído interno, la vía auditiva central y otras posibles complicaciones.

Con el objetivo de sistematizar los conceptos más relevantes en la valoración de los estudios de imagen en este contexto, se esquematizará el desarrollo del tema según el tipo de hipoacusia que condicione el traumatismo. De forma ordenada se valorarán las potenciales lesiones de sus componentes, desde las estructuras más superficiales (órgano

sensorial) hacia las estructuras centrales, y en cada caso se sugerirá la técnica de imagen para su evaluación y se describirán e ilustrarán los hallazgos.

Hipoacusia de conducción

Se debe a alteraciones en los oídos externo y medio. Entre estas lesiones se incluyen su ocupación por sangre o debris, la fractura del conducto auditivo externo y las lesiones de la cadena osicular. En los primeros días después del traumatismo, la hipoacusia es de difícil valoración, en especial si existe hemotímpano que disminuya la transmisión del sonido de forma transitoria. Si la hipoacusia persiste después de la resolución del hemotímpano y el restablecimiento de la membrana timpánica, debe sospecharse una lesión estructural de la cadena osicular⁵.

La TC permite evaluar esta región del hueso temporal de forma precisa, y se considera la técnica de imagen de elección^{6,7}. El hemotímpano puede dificultar la valoración de la cadena osicular. La comparación con el lado sano y la utilización de reconstrucciones multiplanares y volumétricas son de gran utilidad para su visualización.

Ocupación de los oídos externo y medio

La ocupación corresponde fundamentalmente a hemorragia, es relativamente frecuente en las fracturas del hueso temporal y puede ser el hallazgo inicial que haga sospechar una fractura sutil que pueda pasar inadvertida (fig. 1). El hemotímpano puede acompañarse de otorragia si existe perforación timpánica. La hipoacusia de conducción es transitoria y suele resolverse en 5-6 semanas^{5,6}.

Fractura del conducto auditivo externo

Pueden existir fracturas del hueso temporal que se extiendan a través del conducto auditivo externo o aisladas de la pared anterior por impactación del cóndilo mandibular (fig. 1)⁸. No se deben malinterpretar como fracturas las fisuras timpanoescamosa y petrotimpánica, para lo que es necesario conocer su trayecto y apariencia.

Luxaciones de la cadena osicular

Son mucho más frecuentes que las fracturas osiculares. La TC permite la precisa valoración de la cadena osicular,

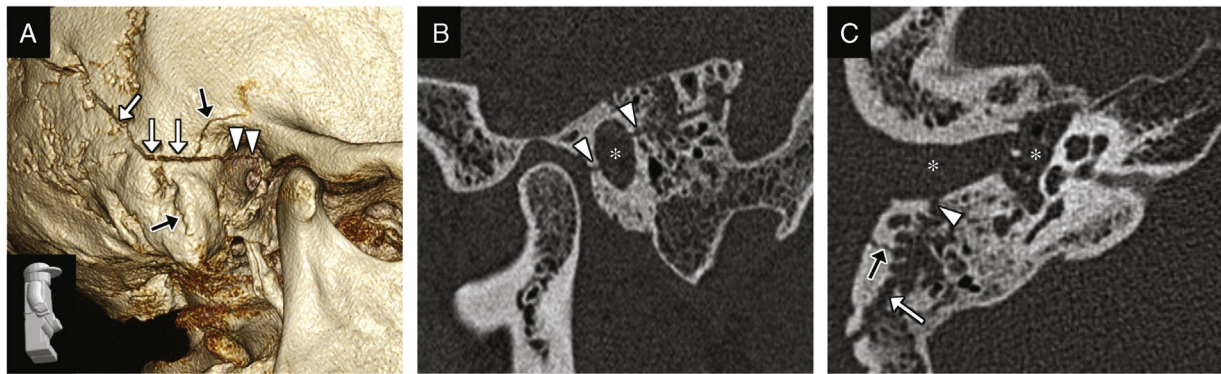


Figura 1 Fractura de conducto auditivo externo, hemorragia en conducto auditivo externo y oído medio. A) Reconstrucción volumétrica de TC en la que se identifica una fractura del hueso temporal con afectación de su porción mastoidea y timpánica (flechas blancas), que se extiende al conducto auditivo externo (puntas de flecha); se observan otros trazos de fractura (flechas negras). B) Reconstrucción sagital de TC que muestra la afectación de la pared anterior y posterior del conducto auditivo externo por el trazo de fractura (puntas de flecha), así como la ocupación de su luz (asterisco), que correspondía a sangre. C) Imagen transversal de TC en la que se observa el trazo de fractura (flecha blanca), la afectación del conducto auditivo externo (punta de flecha), otro trazo de fractura (flecha negra) y la ocupación del conducto auditivo externo y del oído medio por un material que en la exploración clínica correspondía a hemorragia (asteriscos).

posibilitando la evaluación de la posición y la articulación de los huesecillos.

- **Luxación incudostapedial:** es la más frecuentemente encontrada en la exploración quirúrgica, aunque su incidencia no es concordante con los datos de los estudios radiológicos, probablemente por la dificultad para su detección⁶. Es especialmente susceptible a los traumatismos por tratarse de una articulación diarticular entre dos ejes de rotación; un traumatismo de suficiente energía puede desplazar medialmente el yunque y posteriormente el estribo, provocando su luxación⁹. El plano oblicuo perpendicular a la ventana oval permite visualizar la falta de contacto entre la apófisis lenticular del yunque y la cabeza del estribo (fig. 2)⁹.
- **Luxación incudomaleolar:** es fácilmente identificable, y junto con la anterior son las dos más frecuentes¹⁰. En el plano transversal se observa una separación entre la cabeza del martillo y el yunque («la bola de helado» correspondiente al martillo separada del «cono» corres-

pondiente al cuerpo y la apófisis corta del yunque), y el plano coronal proporciona una perspectiva adicional de la falta de alineación (fig. 3)^{1,9}. Con frecuencia se asocia a fracturas longitudinales del hueso temporal (fig. 4).

- **Luxación del complejo incudomaleolar:** suele ser consecuencia de traumatismos de alta energía. Se trata del desplazamiento en bloque de la cabeza del martillo y el cuerpo del yunque hacia el mesotímpano o hipotímpano, con respeto de la articulación incudomaleolar. En estos casos puede coexistir una luxación incudostapedial.
- **Luxación del yunque:** es el resultado de la luxación incudostapedial e incudomaleolar de forma concomitante. El yunque puede permanecer en el recesso epitimpánico, prolapsar al hipotímpano o extruir al conducto auditivo externo³.
- **Luxación vestibulostapedial:** es infrecuente, habitualmente consecuencia de un traumatismo directo y penetrante del oído externo⁶. La lesión del ligamento

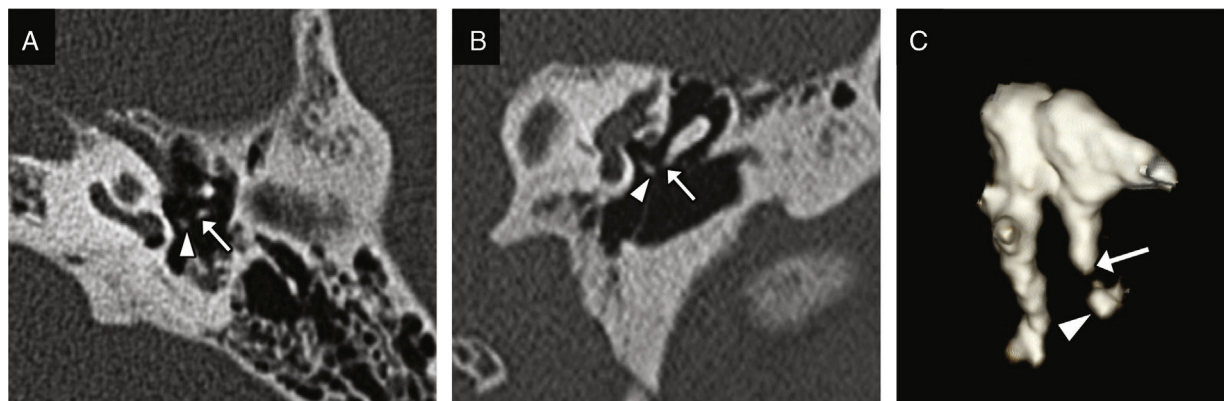


Figura 2 Luxación incudostapedial. Imagen transversal de TC (A) y reconstrucción coronal (B) en las que se observa la falta de contacto entre la apófisis lenticular del yunque (flecha blanca) y la cabeza del estribo (punta de flecha). C) Reconstrucción volumétrica que pone de manifiesto la luxación y puede ser útil para su detección.

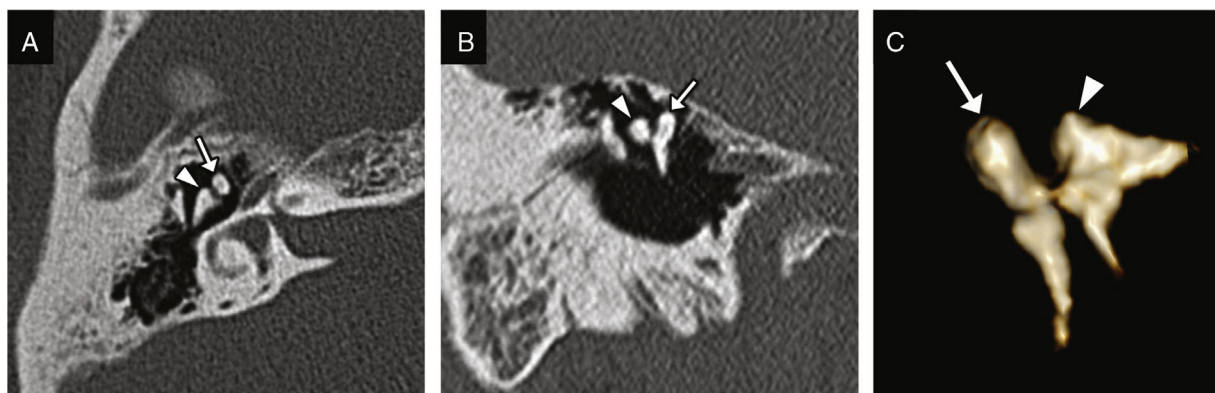


Figura 3 Luxación incudomaleolar. Imagen transversal de TC (A) y reconstrucción coronal oblicua (B) en las que se observa una falta de contacto entre la cabeza del martillo (flecha blanca) y el cuerpo del yunque (punta de flecha). C) La reconstrucción volumétrica facilita su representación y puede ser útil para su detección.

anular o platina puede ocasionar una fístula perilinfática (fig. 5)^{3,6}.

Debe recordarse que, si la hipoacusia de transmisión persiste a las 5-6 semanas del traumatismo y la membrana timpánica está íntegra, será necesario valorar una lesión estructural de la cadena osicular.

Fracturas de la cadena osicular

- **Fractura del yunque:** es la más frecuente, ya que es el huesecillo de mayor peso, sin inserciones musculares y con menor soporte ligamentoso⁹. Debido a su fragilidad, la apófisis larga es la porción habitualmente fracturada, siendo raro que se afecten el cuerpo y la apófisis corta.

Los planos transversal y coronal, y las reconstrucciones a través del eje de la apófisis larga, son las más útiles para su visualización⁶.

- **Fractura del martillo:** la fractura aislada del mango es rara, normalmente asociada a la manipulación digital del conducto auditivo externo con mecanismo de succión^{11,12}. Se identifica adecuadamente mediante reconstrucciones a través del mango.
- **Fractura del estribo:** es consecuencia de un mecanismo torsional y afecta habitualmente a la superestructura que es su porción más frágil, lesionándose con más frecuencia la crura posterior que la anterior (fig. 6)³. Las fracturas de la platina suelen ser secundarias a fracturas transversales que atraviesan la ventana oval, pudiendo existir en estos casos fístula perilinfática con neumlaberinto⁶.

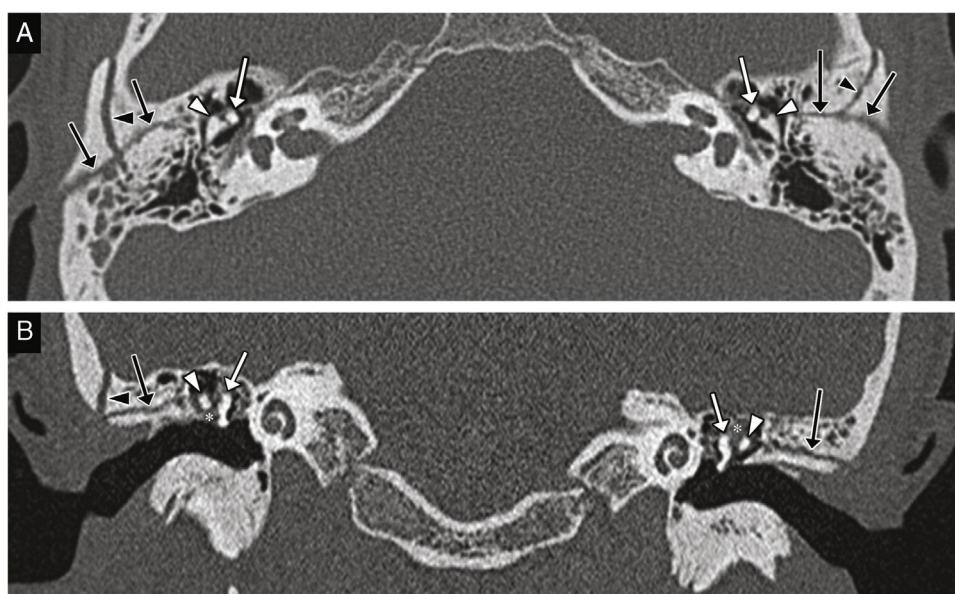


Figura 4 Luxación incudomaleolar y fractura longitudinal bilateral. Imagen transversal de TC (A) y reconstrucción coronal (B) que muestran fractura longitudinal (flechas negras) y luxación incudomaleolar en ambos lados, observándose la falta de contacto entre la cabeza del martillo (flecha blanca) y el cuerpo del yunque (punta de flecha). Se identifica otro trazo de fractura con una dirección transversal (puntas de flecha negra) y ocupación parcial de ambos epitimpanos (asteriscos), probablemente por sangre.

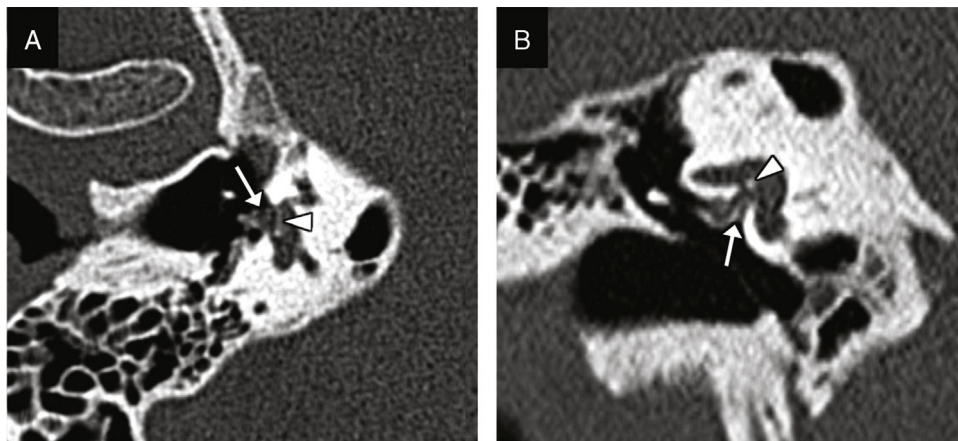


Figura 5 Luxación vestibuloestapedia y fístula perilinfática. Reconstrucción transversal de TC en el plano de la ventana oval (A) y reconstrucción coronal (B) que muestran el desplazamiento medial de la platina (punta de flecha) y la porción distal de ambas cruras estapediales al interior del vestíbulo por lesión del ligamento anular. Ocupación del nicho de la ventana oval (flecha), probablemente correspondiente a líquido perilinfático por fístula.

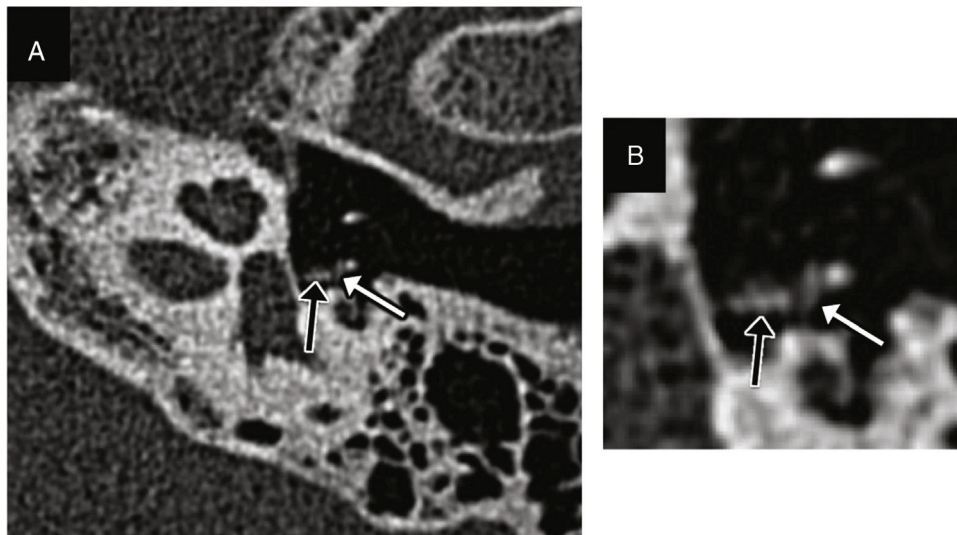


Figura 6 Fractura de estribo. A) Reconstrucción transversal de TC en el plano del estribo en la que se observa una fractura de su superestructura (marcados con flechas negra y blanca los fragmentos). B) Ampliación de la imagen que facilita su identificación.



Figura 7 Fuga de líquido ceforraquídeo al oído medio y meningoencefalocoele. Reconstrucciones de TC en los planos sagital (A) y coronal (B), en las que se observan varios trazos de fractura que afectan al techo del tímpano, presentando soluciones de continuidad ósea (flechas). Se observa ocupación del oído medio (asteriscos), que puede corresponder a sangre o líquido ceforraquídeo, o ambos. C) Imagen coronal de RM con secuencia potenciada en T2 a los 3 meses del traumatismo, realizada por persistencia de la hipoacusia, que muestra la protrusión de las meninges y la porción inferior de la circunvolución temporal inferior al epitímpano (flecha); este hallazgo corresponde a un meningoencefalocoele.

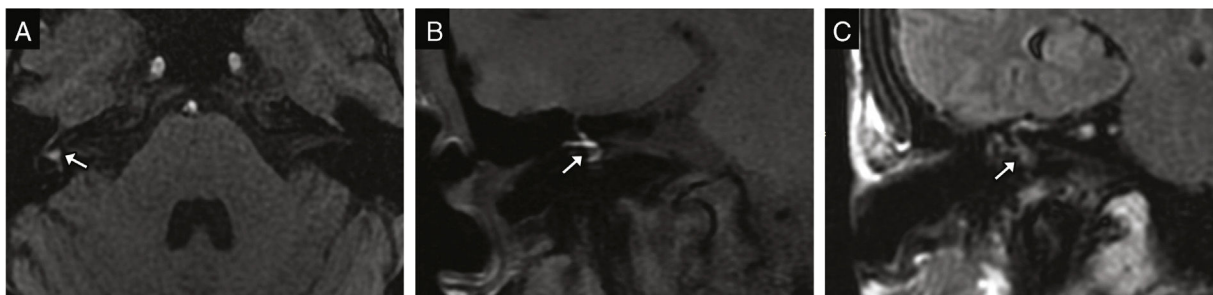


Figura 8 Contusión laberíntica. Imágenes de RM potenciadas en T1 en los planos transversal (A) y coronal (B) que muestran una hiperintensidad de señal en el vestíbulo y los conductos semicirculares (flechas), por hemorragia. C) Recorte de imagen coronal de RM en secuencia FLAIR donde se identifica la hiperintensidad de señal del vestíbulo y los canales semicirculares (flecha), por la sangre que altera la composición de la perilinfa.

Debe recordarse que las luxaciones de la cadena osicular son más frecuentes que las fracturas, y que las dos articulaciones habitualmente afectadas son la incudomaleolar y la incudoestapedia.

Fuga de líquido cefalorraquídeo al oído medio

La fractura del techo del tímpano o mastoides es la causa habitual; ocurre en el 11-45% de las fracturas del hueso temporal⁵. La ocupación del oído medio por líquido cefalorraquídeo o por herniación meníngea o encefálica restringe la motilidad de la cadena osicular y condiciona la hipoacusia. Asocia un alto riesgo de meningitis¹. La TC permitirá identificar el trazo de fractura; la RM puede valorar la posible protrusión de meninge o encéfalo al oído medio (fig. 7).

Hipoacusia neurosensorial

Puede ser consecuencia de una fractura que atraviese el oído interno o de lesiones del oído interno y la vía auditiva central.

El 3-6% de las fracturas del hueso temporal comprometen la cápsula ótica. Son el resultado de golpes occipitales y asocian una mayor incidencia de hipoacusia neurosensorial, parálisis facial y fístula de líquido cefalorraquídeo³. En estos casos, la TC permite la identificación del trazo de fractura y del posible neumolabirinto, mientras que la RM posibilita la evaluación del oído interno.

La hipoacusia neurosensorial en ausencia de fractura es posible en los casos de contusión laberíntica, hidrops endolinfático, lesiones de la vía auditiva central y fístula perilinfática sin fractura. En este contexto, la RM cobra especial relevancia, ya que es la técnica de imagen que permite la valoración del oído interno y la vía auditiva central.

Contusión laberíntica

Se trata de una lesión del laberinto membranoso sin fractura ósea. La RM puede demostrar el hemolabirinto; en las secuencias potenciadas en T1 presenta una hiperintensidad intrínseca por su contenido en metahemoglobina, aunque la

secuencia FLAIR es más útil por su mayor sensibilidad para detectar cambios sutiles en la señal de la perilinfa (fig. 8)^{6,13}.

Fístula perilinfática

Se define como la comunicación anormal entre el espacio perilinfático y el oído medio. Puede ser secundaria a una fractura con afectación de las ventanas, una fractura de la platina o una lesión del ligamento anular. También puede ocurrir de forma aislada sin fractura¹⁴. Mediante TC puede identificarse el posible trazo de fractura y el neumolabirinto, un signo altamente específico (fig. 9)⁵. Otros posibles signos son el desplazamiento intravestibular de la platina y la ocupación del nicho de la ventana oval (fig. 5)¹⁵. La

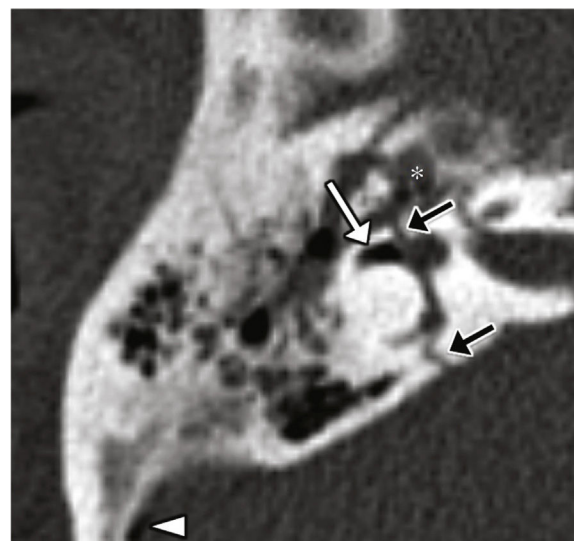


Figura 9 Fístula perilinfática, neumolabirinto y fractura transversal. Imagen transversal de TC en la que se observa una fractura transversal que compromete la cápsula ótica (flecha negra) y neumolabirinto en la porción anterior del canal semicircular lateral (flecha blanca), hallazgo altamente específico de fístula perilinfática. También se identifica ocupación del oído medio por sangre o perilinfa (asterisco) y una burbuja aislada de pneumoencéfalo (punta de flecha).

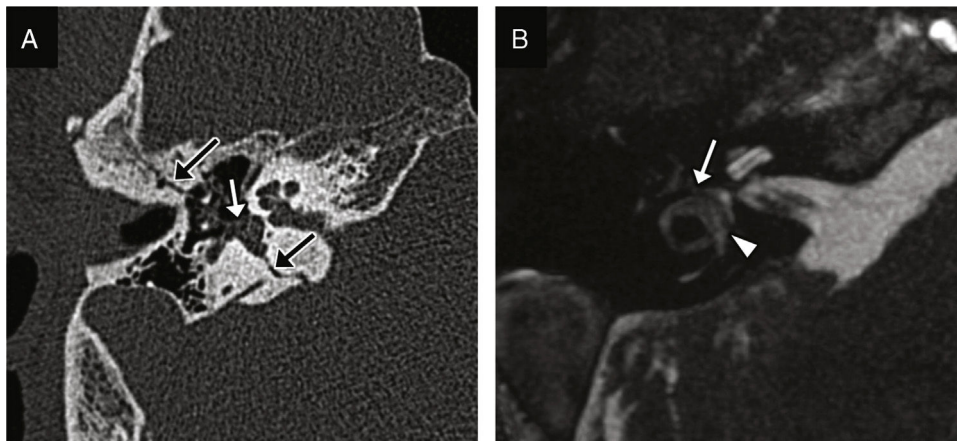


Figura 10 Fístula perilinfática y fractura transversal. A) Imagen transversal de TC que muestra una fractura transversal que compromete la cápsula ótica y atraviesa la ventana oval (flechas negras); existe ocupación del nicho de la ventana oval, probablemente por perilinfa (flecha blanca). B) Reconstrucción transversal de secuencia de RM eco de gradiente en estado estacionario en la que se observa una alteración de la intensidad de señal líquida del vestíbulo y los canales semicirculares, por probable hemorragia (punta de flecha), y aparente extensión de su contenido hacia el nicho de la ventana oval (flecha); aunque este hallazgo sugiere fístula perilinfática, es de difícil interpretación y podría ser indistinguible del hemotímpano con esta localización.

RM puede detectar la perilinfa en el oído medio, aunque es difícil diferenciarla del hemotímpano (fig. 10)⁶.

Hidrops endolinfático

Es una entidad clínica reconocida, el traumatismo es una de las causas aunque habitualmente es desconocida. Se trata de una dilatación postraumática del espacio endolinfático. Para su detección utilizamos una secuencia FLAIR poscontraste tardía (a las 4 horas de su administración), en la que puede identificarse la dilatación del sáculo y del utrículo en el vestíbulo y del conducto coclear hacia la rampa vestibular (fig. 11).

Lesión de la vía auditiva central

La vía auditiva central debe ser valorada en todo su trayecto: cóclea, nervio coclear, núcleo coclear, colículo inferior, cuerpo geniculado medial y corteza auditiva. El daño puede ser secundario a lesión axonal, contusión o hemorragia.

Las lesiones antes de la decusación en el núcleo olivar superior condicionan hipoacusia neurosensorial, que es importante diferenciarla de la agnosia auditiva¹⁶. Las lesiones aisladas del tálamo, las radiaciones y el córtex auditivos también pueden causar alteraciones en la audición⁶.

Inicialmente la TC es la técnica de elección, pero la RM permitirá una evaluación más precisa (fig. 12).

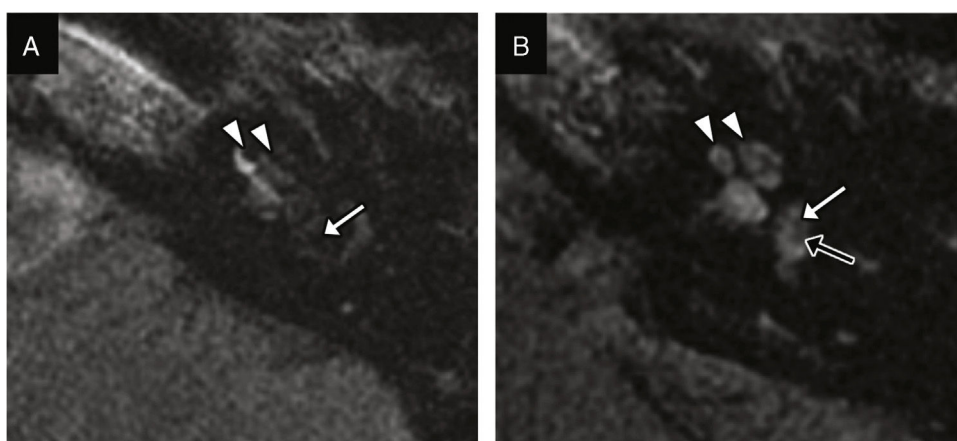


Figura 11 Hidrops endolinfático postraumático. A) Imagen transversal de RM en secuencia FLAIR a las 4 horas de la administración de contraste, en la que se identifican una dilatación del conducto endolinfático que oblitera por completo la rampa vestibular (puntas de flecha), y una dilatación del sáculo y el utrículo (flecha) que ocupa por completo el vestíbulo. B) Imagen comparativa de la normalidad en un paciente sin dilatación endolinfática; el conducto endolinfático se observa como una estructura laminar hipointensa por su falta de captación de contraste (puntas de flecha), mientras que el espacio perilinfático sí presenta captación de contraste y es hiperintenso. El sáculo (flecha blanca) y el utrículo (flecha negra) son individualizables y tienen una forma redondeada.

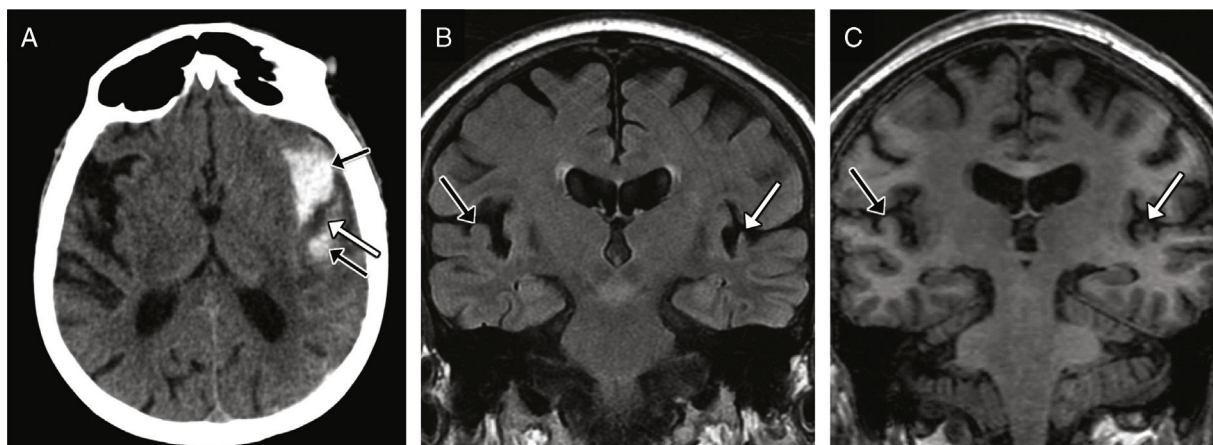


Figura 12 Lesión de la vía auditiva central. Hombre de 67 años de edad con traumatismo craneoencefálico, que 6 meses después refiere dificultad para diferenciar los sonidos. A) Imagen transversal de TC urgente tras el accidente que muestra hemorragia subaracnoidea en la cisura de Silvio y la fosa lateral del lado izquierdo (flechas negras), y disminución de la atenuación de la circunvolución temporal transversa con pérdida de la diferenciación corticosubcortical (flecha blanca) por probable contusión. Imagen coronal de RM en secuencia FLAIR (B) y reconstrucción coronal de secuencia potenciada en T1 (C), a los 6 meses del traumatismo, en las que se identifica una pérdida de volumen por encefalomalacia de la circunvolución temporal transversa izquierda (flecha blanca); para su comparación se marca la circunvolución temporal transversa derecha (flecha negra).

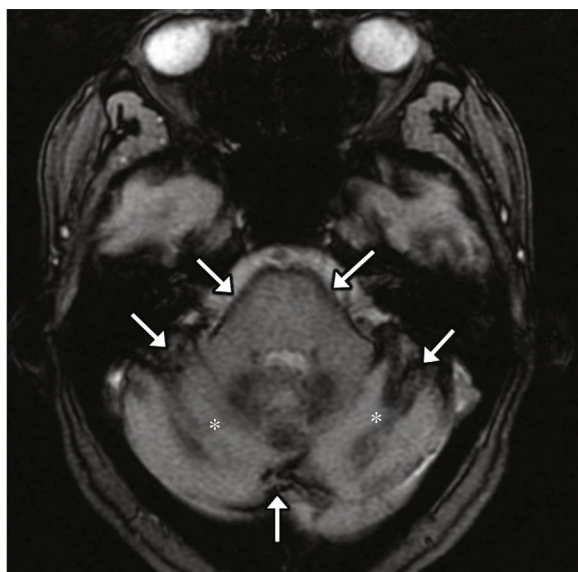


Figura 13 Siderosis superficial. Hombre de 47 años de edad, alcohólico, con múltiples traumatismos craneoencefálicos. Imagen transversal de RM en secuencia eco de gradiente potenciada en T2 en la que se observa un ribete hipointenso en la superficie del encéfalo (flechas), correspondiente a siderosis. Se identifica también atrofia cerebelosa (asteriscos), probablemente relacionada con el alcoholismo.

En la siderosis superficial, en este contexto normalmente secundaria a hemorragias subaracnoideas por traumatismos repetidos, se deposita hemosiderina en las capas subpiales del encéfalo¹⁷. El VIII par craneal es el más frecuentemente afectado y la hipoacusia neurosensorial es el síntoma característico; se especula que se debe a su largo trayecto cisternal y la especial susceptibilidad de su microglía¹⁸. En la RM se identifica como un ribete de baja intensidad de señal

en la superficie encefálica, más evidente en las secuencias eco de gradiente y de susceptibilidad (fig. 13).

Para valorar de forma adecuada las radiaciones auditivas pueden utilizarse secuencias de tensor de difusión, mientras que para la corteza auditiva pueden ser de utilidad las secuencias funcionales¹⁹.

Conclusión

La hipoacusia es una complicación frecuente de los traumatismos craneoencefálicos. El papel del radiólogo es de gran relevancia en este escenario e incluye la valoración de fracturas utilizando sistemas de clasificación con implicación terapéutica y pronóstica, y la evaluación de la cadena osicular y de la vía auditiva central.

La TC es la técnica de elección inicial y permitirá la detección de alteraciones que condicionen hipoacusia de transmisión; la RM es útil en la valoración de la hipoacusia neurosensorial, ya que posibilita la evaluación del oído interno, la vía auditiva central y otras complicaciones.

En este trabajo se han descrito las lesiones traumáticas de la vía auditiva, ilustrando y detallando de forma concisa los hallazgos radiológicos clave.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: MM, EP.
2. Concepción del artículo: MM, EP, NA.
3. Diseño del artículo: MM, EP.
4. Obtención de los datos: MM, EP, NA, JCP, FME.
5. Análisis e interpretación de los datos: No procede.
6. Tratamiento estadístico: No procede.
7. Búsqueda bibliográfica: MM, EP, NA, JCP, FME.
8. Redacción del trabajo: MM, EP.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: MM, EP, NA, JCP, FME.
10. Aprobación de la versión final: MM, EP, NA, JCP, FME.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Kennedy TA, Avey GD, Gentry LR. Imaging of temporal bone trauma. *Neuroimaging Clin N Am*. 2014;24:467–86.
2. Johnson F, Semaan MT, Megerian CA. Temporal bone fracture: evaluation and management in the modern era. *Otolaryngol Clin North Am*. 2008;41:597–618.
3. Juliano AF, Ginat DT, Moonis G. Imaging review of the temporal bone: part II. Traumatic, postoperative, and noninflammatory nonneoplastic conditions. *Radiology*. 2015;276:655–72.
4. Kelly K, Tami T. Temporal bone and skull base trauma. En: Jackler R, Brackmann D, editores. *Neurotology*. St Louis, Mo: Mosby; 1994. p. 1127.
5. Collins JM, Krishnamoorthy AK, Kubal WS, Johnson MH, Poon CS. Multidetector CT of temporal bone fractures. *Semin Ultrasound CT MR*. 2012;33:418–31.
6. Maillot O, Attyé A, Boyer E, Heck O, Kastler A, Grand S, et al. Post traumatic deafness: a pictorial review of CT and MRI findings. *Insights Imaging*. 2016;7:341–50.
7. Fatterpekar GM, Doshi AH, Dugar M, Delman BN, Naidich TP, Som PM. Role of 3 D CT in the evaluation of the temporal bone. *Radiographics*. 2006;26 Suppl 1:S117–32.
8. Zayas JO, Feliciano YZ, Hadley CR, Gomez AA, Vidal JA. Temporal bone trauma and the role of multidetector CT in the emergency department. *Radiographics*. 2011;31:1741–55.
9. Meriot P, Veillon F, Garcia JF, Nonent M, Jezequel J, Bourjat P, et al. CT appearances of ossicular injuries. *Radiographics*. 1997;17:1445–54.
10. Noujaim D, Juliano A, Moonis G. Lesions of the middle ear ossicles: acquired, traumatic, congenital, and postsurgical pathology. *Neurographics*. 2014;4:176–82.
11. Chien W, McKenna MJ, Rosowski JJ, Merchant SN. Isolated fracture of the manubrium of the malleus. *J Laryngol Otol*. 2008;122:898–904.
12. Blanchard M, Abergel A, Verrillaud B, Williams MT, Ayaiche D. Isolated malleus-handle fracture. *Auris Nasus Larynx*. 2011;38:439–43.
13. Petrovic BD, Futterer SF, Hijaz T, Russell EJ, Karagianis AG. Frequency and diagnostic utility of intralabyrinthine FLAIR hyperintensity in the evaluation of internal auditory canal and inner ear pathology. *Acad Radiol*. 2010;17:992–1000.
14. Lee EJ, Yang YS, Yoon YJ. Case of bilateral pneumolabyrinth presenting as sudden, bilateral deafness, without temporal bone fracture, after a fall. *J Laryngol Otol*. 2012;126:717–20.
15. Herman P, Guichard JP, Van den Abbeele T, Tan CT, Bensimon JL, Marianowski R, et al. Traumatic luxation of the stapes evidenced by high-resolution CT. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1996;17:1242–4.
16. Hattiangadi N, Pillion JP, Slomine B, Christensen J, Trovato MK, Speedie LJ. Characteristics of auditory agnosia in a child with severe traumatic brain injury: a case report. *Brain Lang*. 2005;92:12–25.
17. Kumar N. Neuroimaging in superficial siderosis: an in-depth look. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2010;31:5–14.
18. Swartz JD. Pathology of the vestibulocochlear nerve. *Neuroimaging Clin N Am*. 2008;18:321–46.
19. Javad F, Warren JD, Micallef C, Thornton JS, Golay X, Yousry T, et al. Auditory tracts identified with combined fMRI and diffusion tractography. *Neuroimage*. 2014;84:562–74.