



ARTÍCULO ORIGINAL

Capacidad diagnóstica de la resonancia magnética con técnica de difusión no eco-planar en la detección de colesteatomas primarios y recurrentes



Laura Garrido^{a,*}, Carlos Cenjor^b, Julia Montoya^c, Ana Alonso^d, Jose Granell^a y Raimundo Gutiérrez-Fonseca^a

^a Departamento ENT, Hospital Universitario Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, España

^b Departamento ENT, Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz, Universidad Autónoma, Madrid, España

^c Departamento Radiología, Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz, Universidad Autónoma, Madrid, España

^d Departamento Radiología, Hospital Universitario Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, España

Recibido el 25 de mayo de 2014; aceptado el 16 de julio de 2014

Disponible en Internet el 26 de febrero de 2015

PALABRAS CLAVE

Colesteatoma;
Resonancia
magnética;
Técnica de difusión
no eco-planar

Resumen

Introducción y objetivos: El objetivo de este estudio es determinar la fiabilidad de la resonancia magnética con técnica de difusión no eco-planar en el diagnóstico de pacientes con sospecha clínica de colesteatoma primario y recurrente, evaluando la sensibilidad y especificidad de la prueba en ambos grupos.

Métodos: Setenta y cinco pacientes con sospecha clínica de colesteatoma fueron incluidos en el estudio. Cuarenta y ocho pacientes presentaban sospecha clínica de colesteatoma primario y 27 pacientes presentaban sospecha clínica de colesteatoma recurrente. En todos los pacientes se realizó una resonancia magnética con técnica de difusión no eco-planar previa a la cirugía y se compararon los resultados radiológicos con los resultados quirúrgicos obtenidos.

Resultados: La sensibilidad, la especificidad, el valor predictivo positivo y el negativo en el grupo de colesteatoma primario fue del 91,2, el 50, el 81,6 y el 70%, respectivamente, y en el grupo de colesteatoma recurrente fue del 100, el 66,7, el 90,9 y el 100, respectivamente.

Conclusión: La resonancia magnética con técnica de difusión no eco-planar es una prueba altamente sensible en el diagnóstico del colesteatoma tanto en pacientes con colesteatoma primario como en recurrencias.

© 2014 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: lauragarridogarcia@gmail.com (L. Garrido).

KEYWORDS

Cholesteatoma;
Magnetic resonance
imaging;
Non-echo-planar
diffusion-weight

Diagnostic capacity of non-echo planar diffusion-weighted MRI in the detection of primary and recurrent cholesteatoma**Abstract**

Introduction and aims: the aim of this study was to determine the certainty of non-echo-planar imaging diffusion-weighted magnetic resonance imaging (non-EPI DW MRI) in the diagnosis of primary and recurrent cholesteatoma in patients with clinical suspicion of cholesteatoma, assessing the sensitivity and specificity of the test in both groups.

Methods: Seventy-five patients with clinical suspicion of cholesteatoma were included in our study. Forty-eight cases had primary suspicion of cholesteatoma and 27 cases had recurrent suspicion of cholesteatoma. All patients received non-EPI DW MRI tests before surgery, and radiological and surgical findings were compared.

Results: Sensitivity, specificity and the positive and negative predictive value for primary diagnosis of cholesteatoma group were 91.2%, 50%, 81.6% and 70%, respectively. For the recurrent cholesteatoma group these results were 100%, 66.7%, 90.9% and 100%, respectively.

Conclusion: Non-echo-planar imaging diffusion-weighted magnetic resonance imaging is a high sensitivity imaging test for detecting cholesteatoma, for both primary diagnosis and for recurrent cases.

© 2014 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. All rights reserved.

Introducción

El colesteatoma es un tumor benigno destructivo y expansivo que puede producir erosión ósea en el oído medio, mastoides, ápex petroso o el canal del oído externo, con la consiguiente aparición de complicaciones¹. El diagnóstico del colesteatoma se basa principalmente en la evaluación clínica². De acuerdo a Pizzini et al., la tomografía computarizada (TC) de alta resolución es el método radiológico de elección para la evaluación del colesteatoma³. La TC constituye una prueba de imagen excelente para reflejar la anatomía, aunque no puede diferenciar las patologías del tejido blando del oído medio y el colesteatoma. La resonancia magnética (RM) de imagen no eco-planar (non-EPI DW) muestra una lesión hiperintensa que es sospechosa de colesteatoma⁴.

Durante los 2 últimos decenios, la RM ha mejorado considerablemente en el campo otolaringológico, al adquirir imágenes de alta definición de la región de la cabeza y cuello, y particularmente en la detección del colesteatoma⁵. Existen diferentes técnicas de RM DW, que incluyen la RM EPI DW y la RM non-EPI DW, que son útiles para evaluar los colesteatomas primarios o recurrentes⁶. La RM EPI DW arroja un valor diagnóstico débil, porque no es capaz de reflejar el colesteatoma cuando su tamaño es inferior a 5 mm, debido a los artefactos y a una menor matriz de imagen^{7,8}. Por otro lado, la RM non-EPI DW mejora la calidad de la imagen⁹. Realmente, la RM non-EPI DW es la técnica de imagen más sensible y específica de las que se dispone para el diagnóstico del colesteatoma¹⁰, y ayuda en algunos casos desarrollar criterios para planificar la cirugía¹¹.

El objetivo de este estudio es la comparación de los hallazgos de la RM non-EPI DW con la patología posquirúrgica que, evidentemente, confirma o excluye el diagnóstico.

Materiales y métodos**Pacientes**

Realizamos un estudio prospectivo en un grupo de 75 pacientes consecutivos, que habían satisfecho los criterios clínicos de colesteatoma. Los pacientes fueron seleccionados de una clínica otológica ambulatoria y fueron divididos en 2 grupos, con arreglo a la sospecha de colesteatoma primario o colesteatoma recurrente. Se incluyó a 48 pacientes (64%) en el grupo de colesteatoma primario y a 27 pacientes (36%) en el grupo de colesteatoma recurrente.

A todos ellos se les realizó una RM non-EPI DW. Cada paciente incluido en nuestro estudio fue sometido a cirugía, realizándose un estudio patológico en todos los casos. Las intervenciones quirúrgicas incluidas en el estudio fueron realizadas por un otoneurólogo experimentado. Este estudio fue aprobado por el comité de ética en la investigación clínica de nuestro hospital y se adapta a la doctrina de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Internacional sobre principios éticos en la investigación médica que incluye a seres humanos.

Los criterios de inclusión fueron la sospecha clínica de colesteatoma primario (en la evaluación clínica por parte de un especialista en otorrinolaringología), o la sospecha de colesteatoma recurrente o residual durante el seguimiento tras una cirugía previa.

Los datos registrados fueron: edad del paciente, historia otológica previa, signos otológicos, pérdida auditiva reflejada en audiograma, resultados de la TC, resultados de la RM DW, técnica quirúrgica realizada y hallazgos histológicos tras la cirugía.

Protocolo de imagen

La RM se realizó con un dispositivo Philips Achieva 1,5 T (Philips Medical Systems, Eindhoven, Holanda) y una bobina de cabeza de 8 canales. Obtuvimos difusión coronal por DWI con secuencias de turbo spin eco (valor $b = 800$, grosor de corte de 3 mm, TR = 3000 ms, TE = 82 ms, ángulo de volteo = 90° , con activación del ECG), turbo spin eco coronal T2 (cortes de 5 mm, TR = 3000 ms, TE = 82 ms y ángulo de volteo = 90°); T2 ponderada axial DRIVE.HR.SENSE centrada en fosa posterior (cortes de 0,6 mm, TR = 1.500 ms, TE = 151 ms con ángulo de volteo = 90°); turbo spin eco T1 coronal (cortes de 3 mm, TR = 550 ms, TE = 15 ms, ángulo de volteo = 90°) y turbo spin eco T2 coronal (cortes de 3 mm, TR = 4440 ms, TE = 110 ms, ángulo de volteo = 90°) centrada en el oído medio. No se utilizaron en nuestro protocolo imágenes ponderadas en T1 posgadolinio.

Interpretación de la imagen

La RM non-EPI DW fue interpretada por los adjuntos especialistas del Departamento de Radiología de Cabeza y Cuello. Los criterios de diagnóstico del colesteatoma utilizando la RM non-EPI DW se basaron en la evidencia de lesión hiperintensa en el oído medio y/o mastoides, en comparación a la intensidad de señal cerebral, en las imágenes $b = 0 \text{ s/mm}^2$ que persisten o se incrementan en las imágenes (800 s/mm^2) de alto valor b .

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando la versión 3.0.1 del Programa Statistic R Program para Windows. Los parámetros calculados sobre el desempeño de un método diagnóstico fueron: sensibilidad (SS), especificidad (SP) y valores predictivos positivos y negativos (VPP, VPN), incluyendo un 95% de intervalo de confianza (IC) para cada valor. Se realizó una tabla de contingencia de 2×2 para cada comparación de los resultados de la prueba (RM) y diagnóstico

(hallazgos patológicos). El diagnóstico final se estableció con los hallazgos quirúrgicos, en todos los casos.

Resultados

La RM non-EPI DW se realizó en los 75 casos operados, con estudio patológico confirmatorio. La interpretación negativa de la RM non-EPI DW se realizó en 14 casos, y la positiva, en 61 casos. Los hallazgos patológicos reflejaron la ausencia de colesteatoma en 20 casos y la confirmación de colesteatoma en 55 casos. Once casos fueron negativos y 52 casos positivos (fig. 1). Por tanto, se hallaron 3 falsos negativos y 9 falsos positivos. Los SS, SP, VPP y VPN totales fueron 0,945 (IC del 95%, 0,849-0,989), 0,55 (IC del 95%, 0,315-0,769), 0,852 (IC del 95%, 0,738-0,930) y 0,786 (IC del 95%, 0,492-0,953), respectivamente. Los resultados se resumen en la tabla 1.

El grupo de colesteatoma primario presentó 38 casos con RM positiva, aunque solo 31 fueron confirmados por el estudio patológico. Diez casos fueron negativos en la RM, sin demostración de colesteatoma en el estudio patológico en 7 casos (3 falsos negativos). El grupo de diagnóstico de colesteatoma primario reflejó 0,912 (IC del 95%, 0,763-0,981), 0,5 (IC del 95%, 0,230-0,770), 0,816 (IC del 95%, 0,657-0,923) y 0,7 (IC del 95%, 0,348-0,933) en cuanto a SS, SP, VPP y VPN, respectivamente.

El grupo de colesteatoma recurrente reflejó 23 casos positivos en la RM, con confirmación histológica únicamente en 21 casos y 4 casos de RM negativa sin demostración patológica de colesteatoma. El grupo de colesteatoma reflejó 1 (IC del 95%, 0,832-1), 0,667 (IC del 95%, 0,223-0,957), 0,913 (IC del 95%, 0,720-0,989) y 1 (IC del 95%, 0,398-1) en cuanto a SS, SP, VPP y VPN, respectivamente.

La interpretación de los resultados podría indicar una diferente capacidad diagnóstica de la RM non-EPI entre el grupo primario y el grupo recurrente. Para cotejar ambos grupos, se realizó una comparación, utilizando la prueba exacta de Fisher, entre SS, SP, VPP y VPN, concluyéndose que las diferencias no eran estadísticamente significativas ($p = 0,2872$ para SS, $p = 0,6424$ para SP, $p = 0,4618$ para VPP y $p = 0,5055$ para VPN). Por tanto, la RM non-EPI no tiene

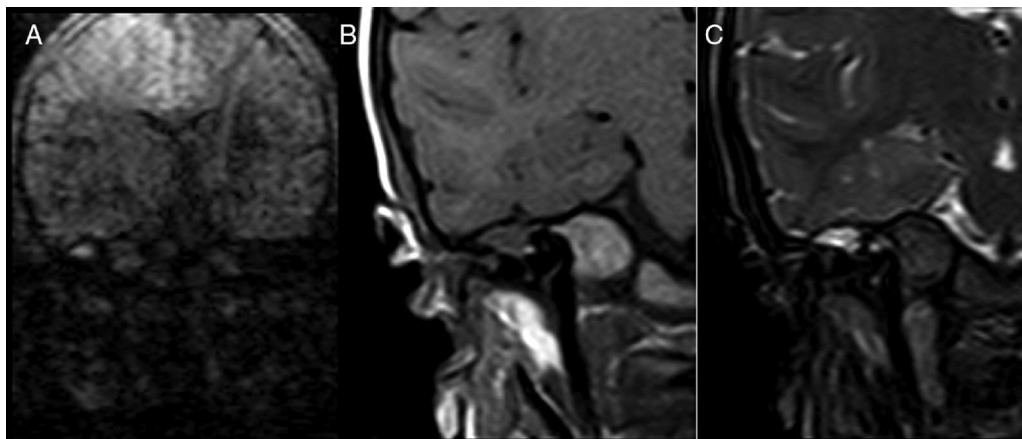


Figura 1 Estudio de RM positiva para colesteatoma de oído medio derecho. A) Imagen coronal de RM DW con lesión que muestra clara hiperintensidad del oído medio derecho. B) RM coronal T1 con hipo-intensidad. C) RM coronal T2 con lesión nodular hiperintensa de 8 mm en el oído medio derecho.

Tabla 1 Resultados de la prueba de RM DW

PA	RM DW			RM DWI casos primarios			Casos de revisión		
	–	+	Total	–	+	Total	–	+	Total
–	11	9	20	7	7	14	4	2	6
+	3	52	55	3	31	34	0	21	21
Total	14	61	75	10	38	48	4	23	27

PA: patología; –: negativo; +: positivo.

una validez diferente y estadísticamente significativa para ambos grupos.

Discusión

El colesteatoma es una enfermedad con un alto índice de recurrencia. Por tanto, sería valioso encontrar un método preciso de diagnóstico para una correcta confirmación, previa a la revisión quirúrgica. La TC es incapaz de determinar la presencia de colesteatoma y diferenciarlo de otros trastornos inflamatorios, con una débil sensibilidad y especificidad (el 42 y el 48%, respectivamente)¹². La secuencia EPI y la RM posgadolinio fueron de ayuda previa en aquellos casos en los que existía alguna duda, pero presentaron dificultades técnicas importantes, tales como una débil resolución espacial y la presencia de artefactos en la interfaz aire-hueso de la base del cráneo¹⁰. La RM non-EPI DW ha superado estas dificultades técnicas, constituyendo hoy en día un modo altamente sensible y específico de detección del colesteatoma (tabla 2).

Sin embargo, la capacidad de la RM non-EPI DW para detectar el colesteatoma podría ser diferente en pacientes con colesteatoma primario^{3,13,14} y con colesteatoma recurrente^{3,14,15}. La RM non-EPI DW ha resultado útil en la evitación de la cirugía de segunda opinión, o la cirugía posterior al colesteatoma previo, cuando los métodos tradicionales de imagen no son capaces de detectar la recurrencia del colesteatoma², aunque en el colesteatoma primario algunos protocolos clínicos seleccionan la TC como método de elección¹, dejando a la RM non-EPI DW como una prueba de imagen adicional en algunos casos. Pizzini et al. demostraron valores de SS, SP, VPP y NPP del 100% en 17 pacientes con colesteatoma primario y 13 pacientes con colesteatoma recidivante³. Profant et al. reportaron a 33 pacientes, 16 de ellos diagnosticados de colesteatoma primario y 17 pacientes con colesteatoma recurrente, indicando que es preferible utilizar la RM non-EPI DW en la cirugía de revisión, ya que los falsos positivos (2 casos) y los falsos negativos (un caso), se produjeron en el grupo diagnóstico de colesteatoma primario¹⁴. Nosotros consideramos útil la RM non-EPI DW, con una elevada sensibilidad en ambas situaciones, es decir los colesteatomas primarios y recurrentes (el 91,2 y el 100%, respectivamente).

Reportamos una menor SP en los grupos de colesteatomas primarios y recurrentes (el 50 y el 66,7, respectivamente) al compararlo con otros estudios (tabla 2). La baja especificidad se debe al elevado número de falsos positivos que describimos en nuestro estudio. Describimos 9 falsos positivos debido a polvo óseo en un caso, según publicó Dubrulle

et al. en 2006¹⁵, un absceso en un caso, según lo publicado por Kasbekar et al. en su estudio¹⁶, y 6 pacientes sin presencia de colesteatoma en la cirugía. Un caso falso positivo fue el de un paciente de 57 años, con sospecha clínica de colesteatoma, en el que la RM se interpretó como lesión intensificada en el oído derecho. No se halló colesteatoma durante la intervención, confirmando el diagnóstico de carcinoma de célula escamosa en el canal auditivo mediante análisis patológico. También se obtuvieron en nuestro estudio 3 falsos negativos debido a 2 lesiones cuestionables con hipersensibilidad dudosa en la RM non-EPI DW, y una falso negativo de una pequeña perla de colesteatoma que no pudo detectar la RM non-EPI DW previa a la cirugía.

Algunos autores han revisado la capacidad diagnóstica de la RM non-EPI DW^{17,18}. Existe una revisión sistemática de Jindal et al., con estudios de RM non-EPI DW que incluyen a un total de 207 pacientes¹⁸ de diversos estudios^{3,10,15,19-23}, y también un metaanálisis de Li et al.¹⁷ que incluye a un total de 342 pacientes de 10 estudios^{3,10,14,15,19-24}. Jindal et al. reportaron una SS del 91%, una SP del 96%, un VPP del 97% y un VPN del 85%¹⁸, y Li et al. reportaron una SS de 0,94 (IC del 95%, confianza, 0,80-0,98) y una SP de 0,94 (IC del 95%, 0,85-0,98)¹⁷. Estos artículos presentan un elevado número de casos, pero ambos tienen la misma limitación al reunir diferentes estudios, cada uno de ellos con pequeños números de pacientes, en los que no todos los pacientes presentaban confirmación quirúrgica. También, cada estudio tenía sus propios centros técnicos para estudios de RM. En nuestra opinión, esto compromete la validez de los resultados del metaanálisis. Nosotros presentamos una comparación entre los grupos de colesteatoma primario y recurrente, con un protocolo uniforme, y confirmación patológica en todos los casos, lo que podría aportar más fiabilidad a nuestros datos.

La comparación entre los grupos de colesteatoma primario y recurrente concluyó que las diferencias no eran estadísticamente significativas en nuestro estudio, quizás debido a que los grupos no incluían un número similar de casos (el grupo de colesteatoma primario casi duplicó al número de pacientes del grupo de colesteatoma recurrente). Por ello, los estudios adicionales con un mayor número de pacientes podrían aportar más información en el futuro.

Otras limitaciones de nuestro estudio fueron la no determinación del tamaño del colesteatoma en la RM non-EPI DW, como en el caso de de Foer⁹. No utilizamos el valor ADC en nuestra secuencia de RM non-EPI DW. Lingam et al. describieron que el uso del valor del coeficiente de difusión aparente (ADC) mejora la ya elevada especificidad, lo que permite la correcta identificación de 2 de entre 3 casos falsos positivos²⁵. Nosotros no estimamos la localización del

Tabla 2 Estudios de RM non-EPI DW

Autores	N.º	RM DW	SS	SP	VPP	VPN	Límite de tamaño (mm)
Dubrule et al. (2006)	24	Non-EPI	100	91	93	100	5
De Foer et al. (2010)	63	Non-EPI	83	87	96	57	ND
Dhepnorrarat et al. (2009)	22	Non-EPI	100	100	100	100	3
Huins et al. (2010)	18	Non-EPI	86	100	100	67	3
Pizzini et al. (2010)	11	Non-EPI	100	100	100	100	2
Rajan et al. (2010)	15	Non-EPI	100	100	100	100	3
Plouin-Gaudon et al. (2010)	17	Non-EPI	62	88	89	58	4
Lehman et al. (2009)	10	Non-EPI	100	100	100	100	3
Khemani et al. (2011)	36	Non-EPI	82	90	96	64	3
Profant et al. (2012)	33	Non-EPI	96,15	71,43	92,59	83,33	3
Lingam et al. (2013)	72 episodios (56 pacientes)	Non-EPI	91	88	–	–	3
Kasbekar et al. (2011)	19	Non-EPI	43–71	92–58	75–50	73–78	4

Non-EPI: imagen no eco planar; ND: no disponible; RM DW: imagen ponderada por resonancia magnética; SS: sensibilidad; SP: especificidad; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo.

colesteatoma, al igual que Khemani et al.²⁴. También el uso de una RM 1,5 T, que no es la más comúnmente utilizada en la práctica clínica, supone una limitación a considerar en este estudio.

Conclusión

El objetivo de este estudio es la comparación de la capacidad diagnóstica de la RM non-EPI DW con los hallazgos patológicos obtenidos en la cirugía. Encontramos que la RM non-EPI DW es una prueba altamente sensible para la detección del colesteatoma, tanto en el diagnóstico primario como en los casos recurrentes. Por tanto, sugerimos el uso de la RM non-EPI DW como herramienta de detección en pacientes con sospecha de colesteatoma primario y recurrente, para ayudar a obtener un diagnóstico cierto y evitar la cirugía innecesaria, en la medida de lo posible.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

1. Ayache D, Darrouzet V, Dubrule F, Vincent C, Bobin S, Williams M, et al. Imaging of non-operated cholesteatoma: Clinical practice guidelines. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2012;129:148–52.
2. Clark MP, Westerberg BD, Fenton DM. The ongoing dilemma of residual cholesteatoma detection: Are current magnetic resonance imaging techniques good enough? *J Laryngol Otol.* 2010;124:1300–4.
3. Pizzini FB, Barbieri F, Beltramello A, Alessandrini F, Fiorino F. HASTE diffusion-weighted 3-Tesla magnetic resonance imaging in the diagnosis of primary and relapsing cholesteatoma. *Otol Neurotol.* 2010;31:596–602.
4. Lin JW, Oghalai JS. Can radiologic imaging replace second-look procedures for cholesteatoma? *Laryngoscope.* 2011;121:4–5.
5. Casselman J. Diffusion weighted MRI (DW-MRI) techniques. *Foreword Neuroradiol.* 2010;52:771–2.
6. Schwartz KM, Lane JI, Bolster BD Jr, Neff BA. The utility of diffusion-weighted imaging for cholesteatoma evaluation. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011;32:430–6.
7. De Foer B. Non echo planar, diffusion-weighted magnetic resonance imaging (periodically rotated overlapping parallel lines with enhanced reconstruction sequence) compared with echo planar imaging for the detection of middle-ear cholesteatoma. *J Laryngol Otol.* 2011;125:877–8 [author reply 8].
8. Flook E, Izzat S, Ismail A. Cholesteatoma imaging using modified echo-planar diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *J Laryngol Otol.* 2011;125:10–2.
9. De Foer B, Vercruysse JP, Bernaerts A, Maes J, Deckers F, Michiels J, et al. The value of single-shot turbo spin-echo diffusion-weighted MR imaging in the detection of middle ear cholesteatoma. *Neuroradiology.* 2007;49:841–8.
10. De Foer B, Vercruysse JP, Bernaerts A, Meersschaert J, Kenis C, Pouillon M, et al. Middle ear cholesteatoma: Non-echo-planar diffusion-weighted MR imaging versus delayed gadolinium-enhanced T1-weighted MR imaging – value in detection. *Radiology.* 2010;255:866–72.
11. Migirov L, Wolf M, Greenberg G, Eyal A. Non-EPI DW MRI in planning the surgical approach to primary and recurrent cholesteatoma. *Otol Neurotol.* 2014;31:121–5.
12. Tierney PA, Pracy P, Blaney SP, Bowdler DA. An assessment of the value of the preoperative computed tomography scans prior to otoendoscopic “second look” in intact canal wall mastoid surgery. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1999;24:274–6.
13. De Foer B, Vercruysse JP, Pouillon M, Somers T, Casselman JW, Offeciers E. Value of high-resolution computed tomography and magnetic resonance imaging in the detection of residual cholesteatomas in primary bony obliterated mastoids. *Am J Otolaryngol.* 2007;28:230–4.
14. Profant M, Slavikova K, Kabatova Z, Slezak P, Waczulikova I. Predictive validity of MRI in detecting and following cholesteatoma. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2012;269:757–65.
15. Dubrule F, Souillard R, Chechin D, Vaneecloo FM, Desaulty A, Vincent C. Diffusion-weighted MR imaging sequence in the detection of postoperative recurrent cholesteatoma. *Radiology.* 2006;238:604–10.
16. Kasbekar AV, Scoffings DJ, Kenway B, Cross J, Donnelly N, Lloyd SW, et al. Non echo planar, diffusion-weighted magnetic

- resonance imaging (periodically rotated overlapping parallel lines with enhanced reconstruction sequence) compared with echo planar imaging for the detection of middle-ear cholesteatoma. *J Laryngol Otol.* 2011;125:376–80.
17. Li PM, Linos E, Gurgel RK, Fischbein NJ, Blevins NH. Evaluating the utility of non-echo-planar diffusion-weighted imaging in the preoperative evaluation of cholesteatoma: A meta-analysis. *Laryngoscope.* 2013;123:1247–50.
 18. Jindal M, Riskalla A, Jiang D, Connor S, O'Connor AF. A systematic review of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the assessment of postoperative cholesteatoma. *Otol Neurotol.* 2011;32:1243–9.
 19. Rajan GP, Ambett R, Wun L, Dhepnorarat RC, Kuthubutheen J, Chow Z, et al. Preliminary outcomes of cholesteatoma screening in children using non-echo-planar diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2010;74:297–301.
 20. Dhepnorarat RC, Wood B, Rajan GP. Postoperative non-echo-planar diffusion-weighted magnetic resonance imaging changes after cholesteatoma surgery: Implications for cholesteatoma screening. *Otol Neurotol.* 2009;30:54–8.
 21. Lehmann P, Saliou G, Brochart C, Page C, Deschepper B, Vallee JN, et al. 3 T MR imaging of postoperative recurrent middle ear cholesteatomas: Value of periodically rotated overlapping parallel lines with enhanced reconstruction diffusion-weighted MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30:423–7.
 22. Huins CT, Singh A, Lingam RK, Kalan A. Detecting cholesteatoma with non-echo planar (HASTE) diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010;143:141–6.
 23. Plouin-Gaudon I, Bossard D, Fuchsmann C, Ayari-Khalfallah S, Froehlich P. Diffusion-weighted MR imaging for evaluation of pediatric recurrent cholesteatomas. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2010;74:22–6.
 24. Khemani S, Lingam RK, Kalan A, Singh A. The value of non-echo planar HASTE diffusion-weighted MR imaging in the detection, localization and prediction of extent of postoperative cholesteatoma. *Clin Otolaryngol.* 2011;36:306–12.
 25. Lingam RK, Khatri P, Hughes J, Singh A. Apparent diffusion coefficients for detection of postoperative middle ear cholesteatoma on non-echo-planar diffusion-weighted images. *Radiology.* 2013;269:504–10.