



# STUDIO RM DELLE ROCHE PETROSE: NUOVE SEQUENZE DI ACQUISIZIONE

■ Dott.ssa Corvaglia Martina<sup>1</sup>, Dott. Cuccaro Francesco<sup>1</sup>, Dott. Assirelli Angela<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TSRM tirocinante presso UOSD Neuroradiologia della AORN "S. Anna e S. Sebastiano" CE

<sup>2</sup> TSRM Dott. presso UOSD Neuroradiologia della AORN "S. Anna e S. Sebastiano" CE

■ **KEYWORDS:** rocche petrose, DWI Single-Shot EPI, DWI Multi-Shot TSE, colesteatoma

## ABSTRACT

*La Riabilitazione si è affacciata nel mondo della Realtà Virtuale e si sono sviluppati dei protocolli riabilitativi alternativi che si integrano alla terapia "convenzionale". Con questo nuovo mezzo il soggetto non è più semplice spettatore di ciò che accade sullo schermo, ma vive la sensazione di un coinvolgimento e di una partecipazione, nonostante quegli oggetti e quegli spazi esistano solo nella memoria del computer e nella mente del soggetto stesso. Tutto ciò è in grado di aumentare il coinvolgimento e la motivazione del paziente, elementi critici soprattutto nella riabilitazione pediatrica e neurologica. Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare l'efficacia terapeutica della Nintendo Wii balance board in nove pazienti con diversi tipi di disturbi dell'equilibrio. Si sono avuti risultati positivi in termini di efficacia di integrazione delle afferenze propriocettive, piacevolezza, miglioramento delle strategie sensoriali, dati che ci suggeriscono l'importanza della prescrizione di questo tipo di esercizio come integrazione dei protocolli di riabilitazione standard anche a domicilio. Non risentono di tali effetti positivi i pazienti con disturbo cerebellare ed esiti di trauma cranico, nei quali anzi si può avere un peggioramento.*

## INTRODUZIONE

Nello studio delle rocche petrose la risonanza magnetica (RM) ha assunto un ruolo sempre più importante grazie al progresso tecnologico delle apparecchiature che consentono oggi una precisa valutazione delle strutture anatomiche e dei processi patologici che interessano questo distretto anatomico.

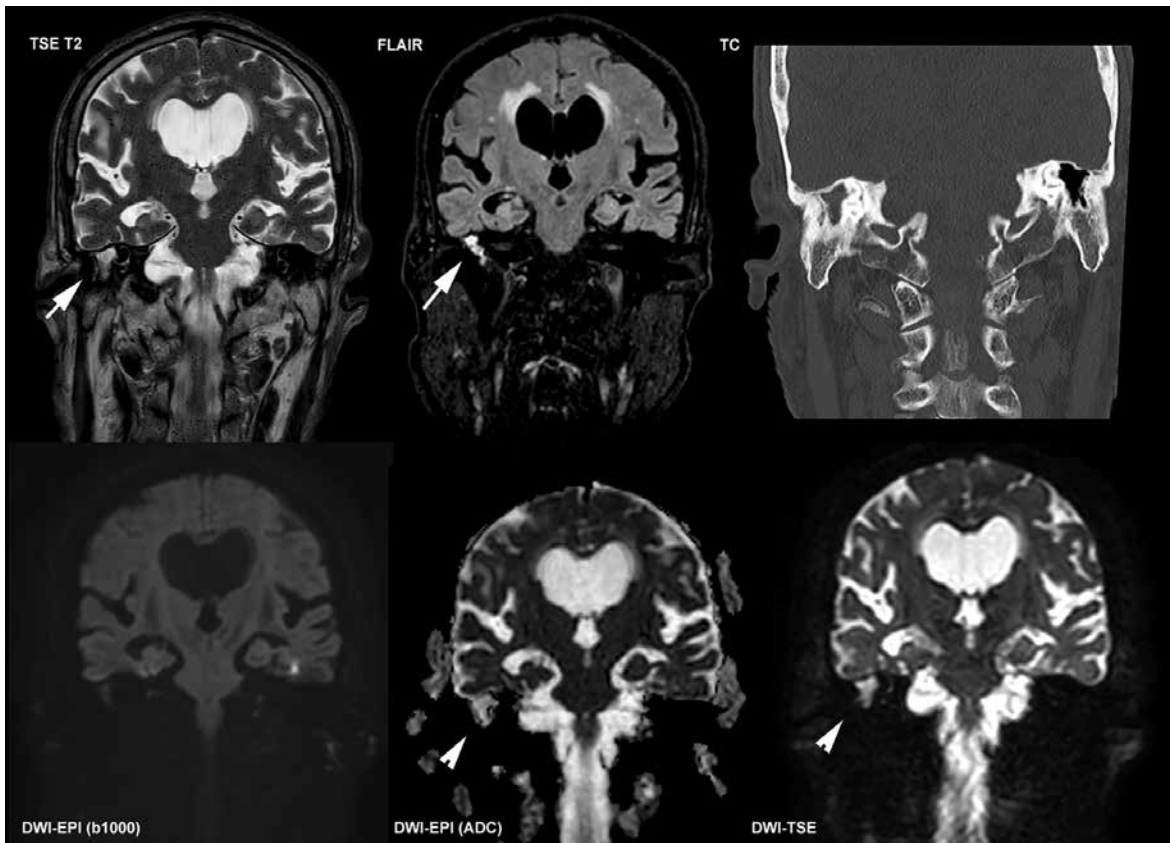
Grazie all'alta risoluzione tissutale, alla possibilità di valutare le strutture anatomiche secondo piani multipli e alla relativa innocuità delle onde a radio-frequenza utilizzate per generare l'immagine, è la metodica che oggi meglio si presta nello studio di questo distretto anatomico specie nella diagnosi differenziale di alcune delle più comuni patologie ed in particolare nell'otite cronica colesteatomatosa, processo flogistico cronico caratterizzato dalla presenza di epitelio malpighiano cheratinizzante e desquamante nell'orecchio medio o, più raramente, in altre regioni pneumatizzate dell'osso temporale. Il colesteatoma si presenta come una massa biancastra, che risulta essere una cisti rivestita da epitelio malpighiano (detto matrice) che va incontro a continua desquamazione con conseguente accumulo al suo interno di lamelle di cheratina (nucleo): queste, accumulandosi in strati concentrici, avvolgono a cipolla un nucleo centrale di detriti cellulari. Nella maggior parte dei casi insorge a seguito di ripetute stimolazioni flogistiche, complicando otiti purulente croniche, in presenza di perforazioni o tasche di retrazione della membrana del timpano. La massa colesteatomatosa si accresce, seppure lentamente, a spese delle strutture ossee circostanti, comportando il rischio di complicanze anche gravi. La diagnosi si avvale, oltre che dell'anamnesi e dell'esame obiettivo specialistico, dello studio tomografico di rocche petrose e mastoidi e di risonanza magnetica dell'orecchio. La chirurgia rappresenta l'unica strategia terapeutica adeguata.

## TECNICHE DI STUDIO IN RMN

La diffusione (DWI) è il risultato del movimento di traslazione termica delle molecole d'acqua: il movimento è casuale, ovvero *browniano*, e le distanze in questione sono microscopiche; queste distanze sono dello stesso ordine di grandezza delle dimensioni cellulari, per cui la misura della diffusione protonica può consentire di valutare l'integrità e la funzionalità cellulare sia in condizioni normali che patologiche. Infatti, le interazioni tra ambiente intra- ed extracellulare influiscono sulla diffusione di molecole di acqua determinando quindi perturbazioni del loro flusso diffusivo. Nei tessuti biologici organizzati la direzione della diffusione è "obbligata" dalla presenza di strutture cellulari ed extracellulari e ciò indica che è presente una certa *restrizione fisiologica* della diffusione.

Lo studio della diffusione in RM si basa sulla rilevazione della alterazione della diffusività delle molecole d'acqua nel tessuto osservato in alcune situazioni patologiche; per esempio in una massa neoplastica ipercellulata con spazi intra- ed extracellulari ridotti o "compatati", le molecole d'acqua hanno movimenti browniani ridotti rispetto al tessuto sano. Altro esempio è nel caso di ischemia cerebrale: nelle cellule colpite, per carenza di substrato energetico e ridotta funzione della pompa protonica Na/K ATPasi si osserva un passaggio di molecole d'acqua dal compartimento extra- a quello intracellulare, ove per la presenza dei vari organelli cellulari si verifica un ostacolo ai movimenti casuali delle molecole d'acqua e quindi una restrizione della loro diffusività.

Anche all'interno della lesione del colesteatoma si ritrova una marcata restrizione della diffusività delle molecole d'acqua, da riferire, per attuali ipotesi riscontrate in letteratura, alla presenza al suo interno di prodotti di desquamazione che ne impediscono il movimento libero.



**Figura 1.** Sono riportate le immagini tutte in sezione coronale di un paziente di aa. 74 con reperto di colesteatoma a destra (freccie). Nella sequenza DWI-TSE la lesione appare spiccatamente iperintensa (teste di freccia) mentre nella sequenza DWI-EPI (ADC) si osserva piccola areola di iperintensità corrispondente alla massa, a cui si associa una stria di natura artefattuale all'interfaccia aria-osso da suscettibilità magnetica.

Le molecole d'acqua nei tessuti sono costantemente in movimento e spostandosi attraverso campi magnetici disomogenei come quelli generati dai gradienti di risonanza, accumulano un cambiamento di fase (phase shift) responsabile dell'attenuazione del segnale. Per rendere una sequenza di impulsi sensibile alla diffusione, si aggiungono due ampi gradienti di campo magnetico oscillanti (gradienti di diffusione), della stessa polarità, prima e dopo l'impulso di RF a  $180^\circ$ , al fine di aumentare la perdita di segnale legata al movimento di diffusione. Al tempo di eco TE, alla creazione del segnale RM contribuiscono quei nuclei che risentono dello stesso campo magnetico locale, dopo l'applicazione dell'impulso a  $180^\circ$ . Se i nuclei non sono in movimento lungo la direzione di applicazione del gradiente durante il tempo TE, l'effetto di defasamento del II impulso di gradiente cancella quello creato dal primo e non c'è attenuazione del segnale. Se invece i nuclei si muovono con moto traslazionale casuale ogni spin nucleare è sottoposto a un campo magnetico di intensità diversa durante il II impulso di gradiente rispetto al precedente e subisce un defasamento netto. La sensibilità delle sequenze RM al fenomeno della diffusione è direttamente correlata alla durata ed intensità di questi gradienti.

Nel caso di spin statici il defasamento di questi dovuto al primo impulso del gradiente di diffusione è seguito da un preciso rifasamento per mezzo dell'impulso del secondo gradiente. I protoni in movimento ricevono solo una porzione dei due impulsi e quindi non sono rifasati per cui il risultato sarà una perdita di segnale entro un dato voxel in aggiunta agli effetti T1 e T2.

In RM esistono però diversi tipi di sequenze DWI che hanno parametri e caratteristiche diversi tra loro; le principali sono la Single Shot DWI e la Multi Shot DWI.

La *DWI Single-Shot EPI*, presenta alcuni vantaggi quali la velocità di acquisizione (tra i 20s e il minuto), la sensibilità al movimento lento della diffusione protonica e ridotta quantità di artefatti da movimento. Questi vantaggi rendono questo metodo molto adatto alla valutazione di pazienti con TIA acuti e pazienti agitati in generale. Il limite di questa sequenza resta comunque la risoluzione spaziale relativamente bassa e l'alta suscettibilità magnetica (sensibilità alla distorsione dell'immagine specie periferica). Non è necessario l'uso di alcun trigger.

La *DWI Multi-Shot TSE* presenta come vantaggi la possibilità di avere immagini a migliore risoluzione spaziale e con una minore sensibilità agli artefatti da distorsione del campo (soprattutto nella regione di interfaccia aria-osso tipici della regione dell'osso temporale). Il limite è il maggior tempo necessario per effettuare l'esame, e la maggiore sensibilità ai movimenti irregolari del corpo, e per questo vengono utilizzati alcuni meccanismi di correzione dell'immagine per ridurre questi errori; il triggering cardiaco con PPU per ridurre al minimo gli effetti della pulsazione delle strutture encefaliche si rende necessario in ragione del tomografo in uso e della potenza dei gradienti. La più alta risoluzione e la minore distorsione dell'immagine rendono questa sequenza la migliore per evidenziare piccole lesioni collocate in vicinanza della base del cranio e del peduncolo (che normalmente appaiono distorte con sequenze Ssh).

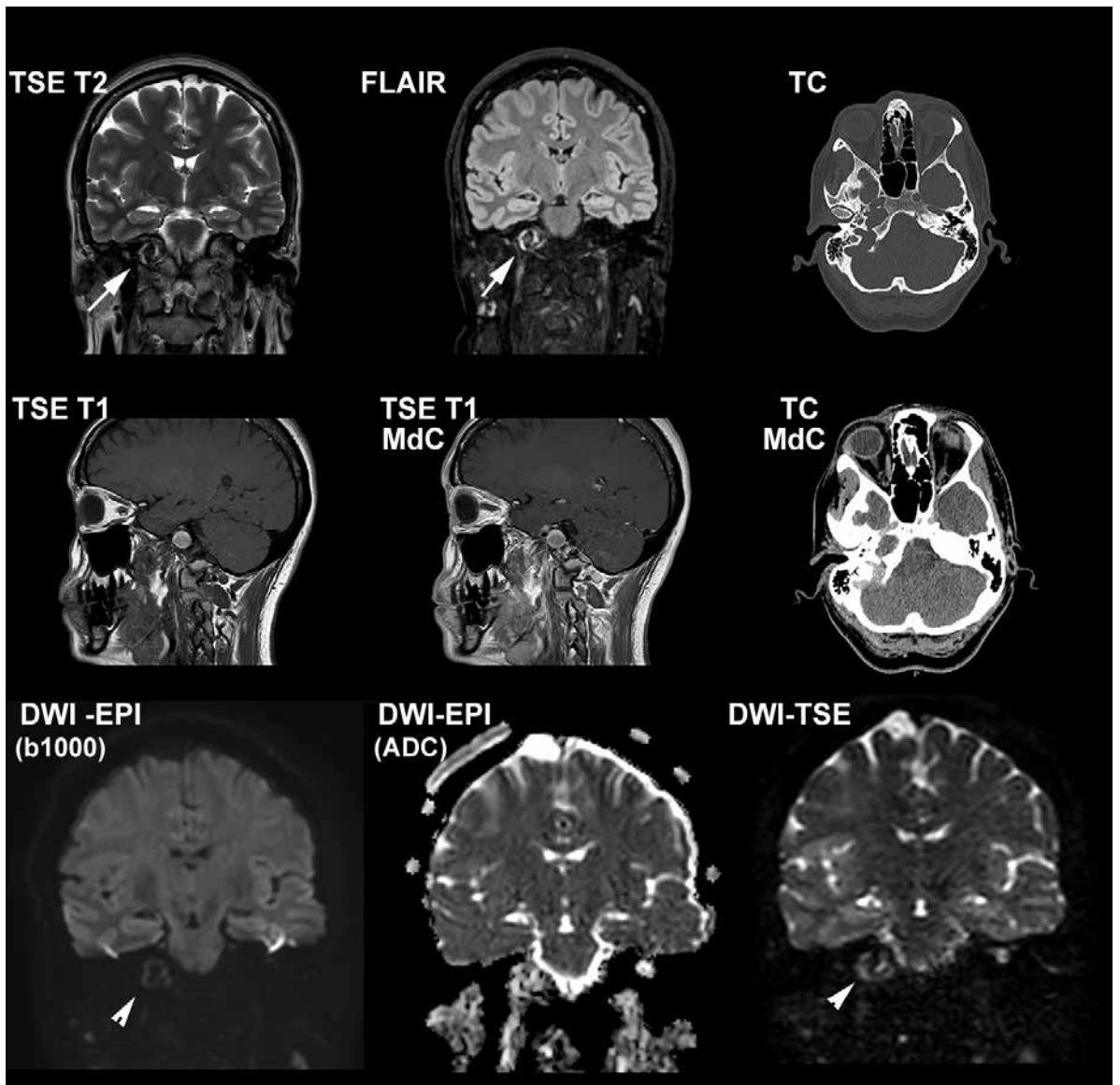
## ■ MATERIALI E METODI

Nel periodo settembre 2017 / settembre 2018 presso il servizio di RMN della UOSD di Neuroradiologia della AORN "S. Anna e S. Sebastiano" (CE) sono stati eseguiti 13 esami mirati per lo studio delle rocche petrose con quesito clinico di sospetto colesteatoma. Tutti i pazienti (8M, 5F, età media 51aa) sono stati sottoposti allo stesso protocollo, composto da acquisizioni assiali e coronali TSE T1W sul piano assiale, TSE T2w sul piano coronale, MSH TSE DWI sul piano coronale (3 mm di spessore; TE 80,672 ms, TR 3000 ms, FOV 230 x 230 millimetri, average 2, b : 0-1000 ), SSh SE- EPI DWI sul piano coronale (spessore 2mm; TE 88,364 ms; TR 3774 ms; FOV 230 x 230 mm, average 4; b : 0-800), 3D-T2w DRIVE assiale; le immagini post-contrastografiche con sequenze T1W sui piani assiale e coronale. Per ogni sequenza DWI sono state calcolate in automatico le mappe di diffusione (ADC). L'apparecchio utilizzato per l'esecuzione dell'indagine è un tomografo RMN da 1.5 T Full-Digital (Philips Ingenia, Philips Medical Systems, Best, Olanda) con gradienti 33-45 Tesla/mt (Slew Rate 200 T/mt/sec) e una bobina *head coil* a 16 canali.

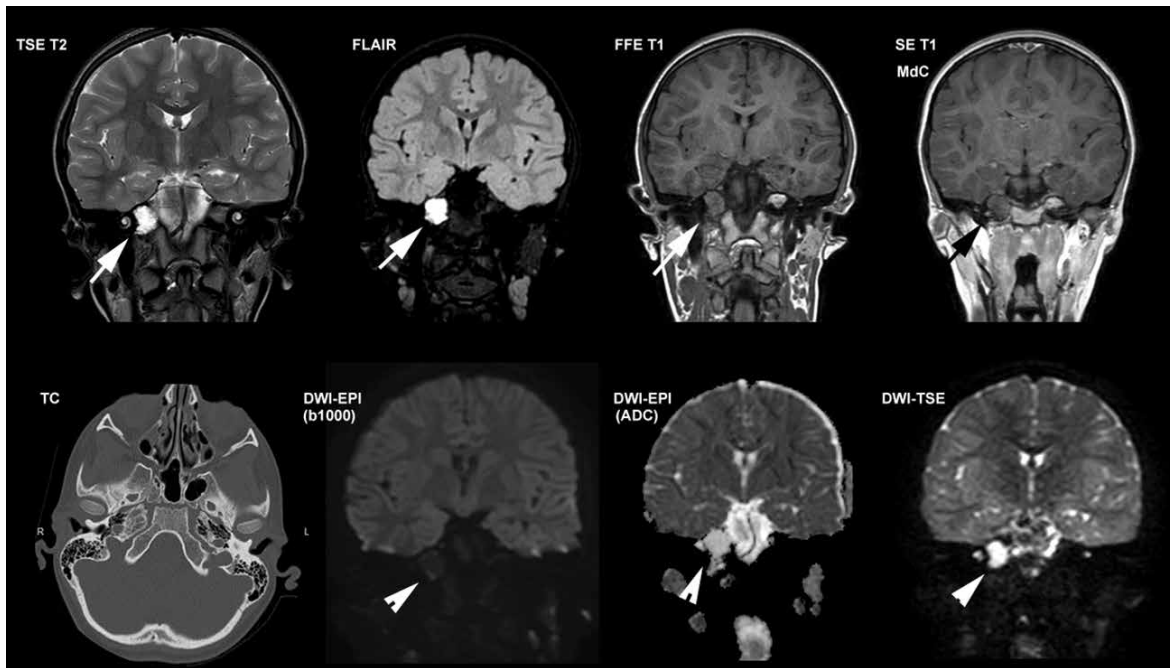
Cinque pazienti hanno effettuato la RM dopo uno studio TC senza mezzo di contrasto (MdC) eseguito con uno tomografo Toshiba Aquilion™ 320 slice, gli altri tre pazienti avevano eseguito già una TC in altra sede.

## ■ DISCUSSIONI

È stato eseguito retrospettivamente un confronto fra le diverse tecniche DWI poi comparate con la diagnosi finale dello specialista otorino. La diagnosi di colesteatoma è stata proposta quando si è riscontrato una notevole iperintensità della lesione rispetto al tessuto cerebrale. La presunta presenza della lesione è stata considerata come un risultato positivo mentre l'assenza della lesione come risultato negativo, in accordo con le caratteristiche di segnale sopra descritte. La diagnosi di colesteatoma dell'orecchio medio individuata mediante la MSH-TSE ed è stata poi confermata all'intervento. La MSH-TSE ha mostrato quindi un netto incremento dell'accuratezza diagnostica con un valore predittivo negativo inferiore rispetto alla tradizionale SSh SE-EPI, ed una sostanziale riduzione di diagnosi errate.



**Figura 2.** Sono riportate le immagini di una paziente di aa. 44 con reperto di Granuloma Colesternico a destra (freccie). Nella sequenza DWI-TSE la lesione appare visibile come un cerchio di iperintensità con porzione centrale ipointensa (teste di freccia) mentre nella sequenza DWI-EPI (ADC) la lesione appare scarsamente visibile e confondibile come artefatto.

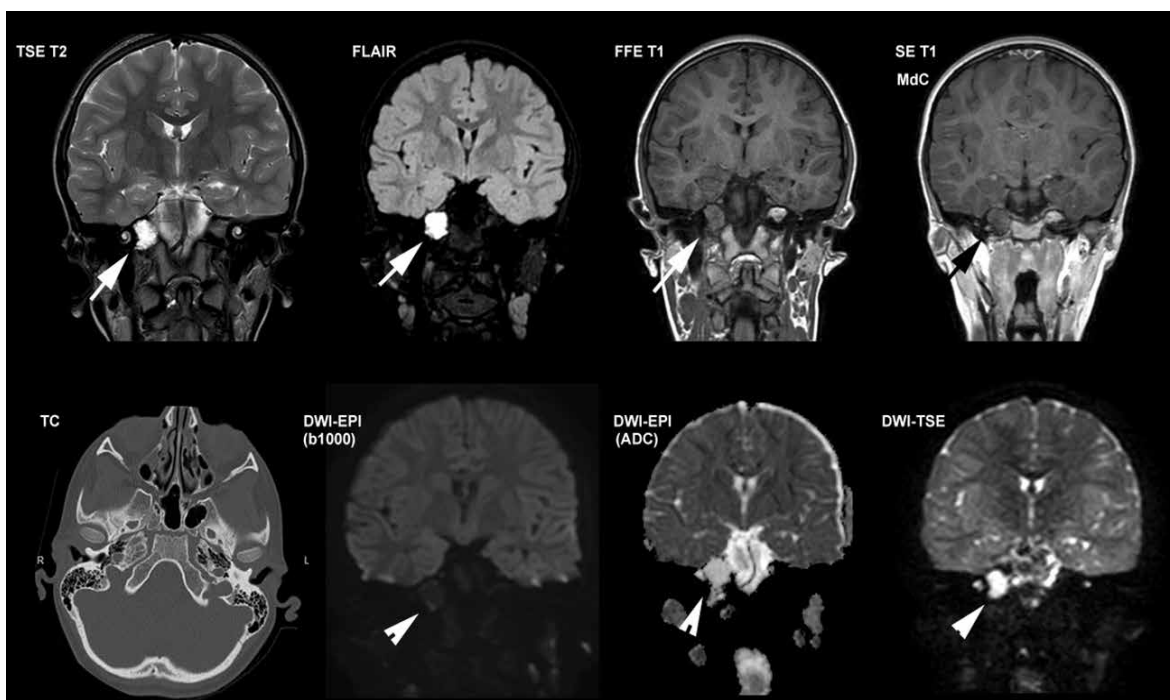


**Figura 2.** Sono riportate le immagini di una paziente di aa. 44 con reperto di Granuloma Colestermico a destra (freccie). Nella sequenza DWI-TSE la lesione appare visibile come un cerchione di iperintensità con porzione centrale ipointensa (teste di freccia) mentre nella sequenza DWI-EPI (ADC) la lesione appare scarsamente visibile e confondibile come artefatto.

## CONCLUSIONI

Recenti studi scientifici hanno evidenziato la capacità delle nuove sequenze RM pesate in diffusione (DWI) di differenziare il colesteatoma da altre malattie infiammatorie dell'orecchio medio. Il principale campo di applicazione di questa tecnica è lo screening dei pazienti dopo il primo tempo chirurgico, dove può contribuire a distinguere la malattia ricorrente/residua (che devono essere sottoposte ad intervento chirurgico

di revisione della cavità) dalla fibrosi post-operatoria in cui la revisione chirurgica può essere evitata. Infatti, la DWI ha dimostrato di avere alta sensibilità e specificità nel rilevare il colesteatoma, e ciò è possibile in virtù della particolare composizione di questa lesione, il cui contenuto molto elevato in cheratina determina un segnale fortemente iperintenso nelle suddette sequenze. I colesteatomi sono iperintensi nelle immagini DWI rispetto al CSF e al tessuto cerebrale, come le cisti epi-



**Figura 3.** Sono riportate le immagini di una paziente di aa. 19 con reperto di colesteatoma della rocca petrosa destra (freccie); questa è una lesione a lento accrescimento che tende ad erodere le strutture circostanti e ad estendersi in profondità nell'osso temporale. Nella sequenza DWI-TSE la lesione appare spiccatamente iperintensa mentre nella sequenza DWI-EPI (ADC) si osserva piccola areola di tenue iperintensità corrispondente alla massa, a cui si associano strie di natura artefattuale da suscettibilità magnetica.

dermoidi, che sono istologicamente identiche.

Sulla base di questi risultati, intendiamo sottolineare come la MSH non-EPI possa facilitare la diagnosi corretta per neuroradiologi più o meno esperti nell'interpretazione delle immagini per lo studio dell'orecchio medio.

Queste tecniche MSH non-EPI hanno il vantaggio di avere un ridotto spessore ed una maggiore risoluzione e sono meno deteriorate da artefatti di suscettibilità magnetica; il tutto si traduce in una maggiore sensibilità ed una maggiore specificità.

In conclusione, al confronto tra le due sequenze di acquisizione si apprezza la superiorità della MSH non-EPI rispetto alle tradizionali SSh EPI per lo studio del colesteatoma. Si suggerisce, pertanto, di considerare la possibilità di sostituire la SSh EPI con la MSH non-EPI nello studio RM di routine nel sospetto clinico di colesteatoma dell'orecchio medio primario e ricorrente, in ragione della maggiore accuratezza diagnostica.

Parametro / artefatti di imaging	DWI-EPI	DWI-HASTE
Tempo di scansione <sup>a</sup>	0: 40-3: 40	04:00
Risoluzione / contrasto	Basso	Moderato <sup>b</sup>
T2 sfocatura <sup>b</sup>	Nessun effetto	↑
Sensibilità al movimento	↓	↓
Effetti off-risonanza	↑	↓
Effetti di suscettibilità	↑	↓
ghosting	↑	↓
Distorsione geometrica	↑	↓

**Tabella 1.** Caratteristiche e artefatti in DWI relativi all'imaging del basicranio (Da: K.Barath A.M.Huber P.Stampfli Z.Varga S.Kollias *Neuroradiology of Cholesteatomas*, AJNR, Feb 2011 *Colesteatoma del sinus*).

## BIBLIOGRAFIA

1. Sobotta. *Vol. 3: Atlante di anatomia umana. Testa, collo e neuroanatomia*. Traduttore: A. Agneletti; Curatore: P. Soldani; Editore: Elsevier; Edizione: 23 - Anno 2012.
2. Aikele P, Kittner T, Offergeld C et al. *Diffusion-weighted MR imaging of cholesteatoma in pediatric and adult patients who have undergone middle ear surgery*. AJR Am J Roentgenol 2000.
3. Balboni G C et al. *Anatomia Umana*. Edi. Ermes, Milano, Terza Edizione, 2000.
4. Barath K., Huber A.M., Stampfli P., et al. *Neuroradiology of Cholesteatomas* AJNR Feb 2011.
5. Cimsit NC, Cimsit C, Baysal B et al. *Diffusion-weighted MR imaging in postoperative follow-up: reliability for detection of recurrent cholesteatoma*. Eur J Radiol 2010.
6. De Foer B, Vercrucy JP, Pilet B et al. *Single-shot, turbo spin-echo, diffusion weighted imaging versus spin-echo-planar, diffusion-weighted imaging in the detection of acquired middle ear cholesteatoma*. AJNR Am J Neuroradiol 2006.
7. De Foer B, Vercrucy JP, Bernaerts A et al. *The value of single-shot turbo spin echo diffusion-weighted MR imaging in the detection of middle ear cholesteatoma*. Neuroradiology 2007.
8. Del Pozzo G. *RMN: cranio e rachide* - UTET 2001.
9. Dhepnorrarat RC, Wood B, Rajan GP. *Postoperative non-echo-planar diffusion weighted magnetic resonance imaging changes after cholesteatoma surgery implications or cholesteatoma screening*. Otol Neurotol 2009.
10. Di Egidio M. *L'Orecchio, Diagnostica per Immagini*. Ed. Verduci, Roma, 2008.
11. Dubrulle F, Souillard R, Chechin D et al. *Diffusion-weighted MR imaging sequence in the detection of postoperative recurrent cholesteatoma*. Radiology. 2006.
12. Hildmann H, Sudhoff H. *Middle ear Surgery*. Springer-Verlag, Berlin, 2006.
13. Jeunen G, Desloovere C, Hermans R et al. *The value of magnetic resonance imaging in the diagnosis of residual or recurrent acquired cholesteatoma after canal wall-up tympanoplasty*. Otol Neurotol 2007.
14. Jindal M, Doshi J, Srivastav M et al. *Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the management of cholesteatoma*. Eur Arch Otorhinolaryngol 2010.
15. Karhuketo T S et al. *Visualization of the middle ear with high resolution computed tomography and superfine fiberoptic videomicroendoscopy*. Eur Arch Otorhinolaryngol 1998.
16. Leone C A, Mosca F. *Le timpanoplastiche*. Quaderni Monografici di Aggiornamento dell'A.O.O.I, 2004.
17. Lesinskas E, Vainutiene V. *Closed tympanoplasty in middle ear cholesteatoma surgery*. Medicina (Kaunas), 2004.
18. Maheshwari S, Mukherji SK. *Diffusion-weighted imaging for differentiating recurrent cholesteatoma from granulation tissue after mastoidectomy: case report*. AJNR Am J Neuroradiol 2002.
19. Olszewska E et al. *Etiopathogenesis of cholesteatoma*. Eur Arch Otorhinolaryngol 2004.
20. Park MH, Rah YC, Kim YH et al. *Usefulness of computed tomography Hounsfield unit density in preoperative detection of cholesteatoma in mastoid ad antrum*. Am J Otolaryngol 2011.
21. Saleh HA, Millis RP. *Classification and staging of cholesteatoma*. Clin Otolaryngol Allied Sci, 1999.
22. Sanna M, Zini C, Scandellari R, Jemmi G. *Residual and recurrent cholesteatoma in closed tympanoplasty*. Am J Otol. 1984.
23. Schwartz KM, Lane JI, Bolster BD Jr, et al. *The utility of diffusion-weighted imaging for cholesteatoma evaluation*. AJNR Am J Neuroradiol 2011.
24. Stasolla A, Magliulo G, Parrotto D et al. *Detection of postoperative relapsing/ residual cholesteatomas with diffusion-weighted echo-planar magnetic resonance imaging*. Otol Neurotol 2004.
25. Thiriat S, Riehm S, Kremer S, et al. *Apparent diffusion coefficient values of middle ear cholesteatoma differ from abscess and cholesteatoma admixed infection*. AJNR Am J Neuroradiol 2009.
26. Turan Ilca, Yusuf Hidir, Nail Bulakbaşı, et al. *HASTE diffusion-weighted MRI for the reliable detection of cholesteatoma*, Diagn Interv Radiol 2012.
27. Vanden Abeele D, Coen E, Parizel PM et al. *Can MRI replace a second look operation in cholesteatoma surgery?* Acta Otolaryngol 1999.
28. Venail F, Bonafe A, Poirrier V et al. *Comparison of echo-planar diffusion weighted imaging and delayed postcontrast T1-weighted MR imaging for detection of residual cholesteatoma*. AJNR Am J Neuroradiol 2008.