パネルディスカッション2 「めまいの画像診断—中枢性めまいと末梢性めまい」

大阪大学における General Electric 製 3 テスラ MRI 装置を用いた
内耳造影撮影

大崎 康宏

Visualization of endolymphatic hydrops using magnetic resonance imaging
at 3 tesla in Osaka University

Yasuhiro Osaki

*Department of Otorhinolaryngology, Osaka Medical Center and Research Institute
for Maternal and Child Health*

Visualization of endolymphatic hydrops (EH) by magnetic resonance imaging (MRI) is becoming increasingly important and popular for the diagnosis of various inner ear diseases, such as Meniere's disease. However, most studies have been performed using Siemens scanners. At Osaka University, we have been using General Electric (GE) scanners at 3 Tesla for imaging EH since 2007. Both the scanning protocols of 24 h after intratympanic administration of gadolinium (Gd) and 4 h after intravenous injection of Gd are used. In contrast to the Siemens system, in which MRI sequences specific for EH imaging are available, we use the conventional two-dimensional fluid-attenuated inversion-recovery (2 D-FLAIR) and three-dimensional fast imaging sequences employing steady state acquisition (FIESTA, also known as "cisternography") to acquire axial images of the inner ear of 2-mm and 0.5-mm thickness, respectively. Written informed consent is obtained from the patients before the imagings. The examinations are performed in compliance with the Declaration of Helsinki and are approved by the institutional ethics committee. In total, 76 patients have undergone MRI under various clinical situations, such as before and after sac surgery, and before intratympanic administration of gentamycin to treat Meniere's disease. The presence of hydrops is clearly detected by T2-FLAIR images in most patients with clinical EH. Unlike the MRI sequences obtained using the Siemens system, it is currently difficult to distinguish the area of the inner ear with no enhancement (either perilymph with no contrast or endolymph) from bony areas surrounding the inner ear in our T2-FLAIR images obtained using the GE system. Comparison between T2-FLAIR and FIESTA sections at the same level is recommended. Three-dimensional volumetric co-registration of FIESTA images to T2-FLAIR images is also helpful when the patient's head movements during the MRI scanning are not negligible.

Key words: endolymphatic hydrops, MRI, General Electric

はじめに

1938年に Yamakawa¹⁾, Hallpike ら²⁾ によってメニエール病患者に内リンパ水腫がみられることが報告された。Koizuka らは高磁場 MRI を用いてヒト側頭骨を撮影し内リンパ腔の画像化を試みたが³⁾, 従来は生体内で実際に内リンパ水腫が生じているかを画像診断することは困難であった。2007年に Nakashima らは鼓室内に希釈造影剤を投与し外リンパ腔を造影することで内リンパ水腫を画像化できることを報告し⁴⁾, 以降内耳 MRI 撮影が普及しつつある。大阪大学医学部附属病院では2007年から General Electric 製 3 テスラ MRI 装置を用い, メニエール病等を対象とした内耳造影 MRI 撮影を行ってきた。2010年までは生理食塩水で8倍希釈したガドリニウム造影剤を鼓室内投与し1時間静置, 24時間後に撮影を行った。2011年以降は倍量のガドリニウム造影剤を静注し, 4時間後に撮影した。本稿では GE 製 MRI 装置で内耳造影 MRI 撮影する際の方法, 注意点について述べる。

方 法

メニエール病症例, 突発性難聴症例を中心に76例で MRI 撮影を行った。臨床的に一側メニエール病や遅発性内リンパ水腫と診断された症例は61例で, 男性26人・女性35人, 年齢は13~77歳(中央値53歳), 16例は患側のみの鼓室内投与法・45例は倍量静注法で検査を施行した。突発性難聴群は8例で, 男性3人・女性5人, 年齢は26~64歳(中央値36歳), 全員患側への鼓室内投与法で施行した。その他, 一側高度難聴・対側型遅発性内リンパ水腫症例, 両側メニエール病と診断されたものの現在のめまい症状の責任耳を診断できなかった症例など7例には両側鼓室内投与法で施行した(男性3人・女性4人, 32~73歳)。なお本検査はヘルシンキ宣言を遵守し, 大阪大学医学部附属病院臨床研究倫理審査委員会の承認を得, 書面による同意を各患者から取得して行った。

Siemens 製 MRI 装置では 3 D-real-IR 法など専用の撮像シーケンスを用いることで, 内リンパ腔(造影なし: 低信号), 外リンパ腔(造影あり: 高信号), 骨などの他の領域, の3段階で明瞭に描出することができるが, GE 製 MRI 装置では

同様のシーケンスが使えないため, 従来から用いられている T2 FLAIR (fluid attenuated inversion recovery) 法を用いて axial 像として撮影した。FOV (field of view) は 160×160 mm と設定し, axial 面内では各 voxel は 0.3125×0.3125 mm の解像度であった。スライス厚 2 mm の画像を 14 枚撮影することで, 内耳(蝸牛・前庭・三半規管)の範囲を余裕をもってカバーすることができた。なお, 撮影範囲を体軸方向に 1 mm ずらして再度撮影することで, 擬似的に 1 mm ごとの画像を得ることも可能である。

撮影した FLAIR 画像(図 1 A, B)では内耳周囲の骨組織が描出されないため, 低信号の部分が内耳外なのか, 造影されていない内耳なのか判断しづらい場合が多い。われわれは FLAIR 画像と同じ撮影範囲で引き続き fast imaging employing steady state acquisition (FIESTA, 他機種の CISS) 像を撮影し(図 1 C), FLAIR 画像と FIESTA 画像を見比べて読影した。なお FIESTA 像はスライス厚 0.5 mm のもので 56 枚であった。

撮影時の工夫として, 撮影範囲を最小限に絞るなど撮影時間を極力短くすることが挙げられる。当初は T2 FLAIR 像 14 枚の撮影に十数分を要し, 2 回の FLAIR 像および FIESTA 像の撮影を合わせて 30 分超の撮影となっていた。比較的高齢の患者が多く, 撮影中に患者の体動が生じるなどし, 同じ撮影範囲とはいえ FLAIR 像と FIESTA 像で断面や画像の傾きが異なる場合があり, 同一スライスの FLAIR 像と FIESTA 像を単に並べただけでは内耳範囲の決定に苦慮する場合があった(図 2 A-B)。われわれは脳機能画像解析で用いられる Statistical Parametric Mapping (SPM) ソフトウェア⁵⁾を用いて FIESTA 像を FLAIR 像に重ね合わせる (coregister) ことで, 患者の体動による影響をなくし読影の助けとした(図 2 B-C)。SPM でなくても 2 つの画像を融合 (fusion) する機能をもったソフトウェアであれば同様の処理は可能と考えられる。

結果・考察

一側性メニエール病 9 例, 突発性難聴 8 例の患側に希釈ガドリニウムを鼓室内投与して撮影したところ, メニエール病群は 9 耳中 9 耳, 突発性難聴群は 8 耳中 2 耳で前庭・蝸牛に内リンパ水腫を認めた。突発性難聴患側の一部でも水腫を認め,

図1 (A) 66歳男性, 左高度感音難聴・右遅発性内リンパ水腫症例に対し, 8倍希釈ガドリニウムを両鼓室内投与して24時間後に撮影したT2 FLAIR画像。右蝸牛・前庭に水腫が観察され, 左内耳は強く造影されている。(B) 61歳男性, 臨床的に右メニエール病と診断された症例に対し, ガドリニウムを倍量静注して4時間後に撮影したT2 FLAIR画像。右蝸牛・前庭に水腫が観察される。(C) Bと同一症例のFIESTA画像。A, B, Cとも, 内耳部分の拡大図を右方に示す。

二次的に内リンパ水腫が生じた可能性が考えられた⁶⁾。

メニエール病患者7例に内リンパ嚢開放術を施行する前後で内耳造影MRIを撮影したところ, 全員めまい発作頻度は術後に低下していたが, 画像的には3例で蝸牛・前庭の内リンパ水腫が消失, 1例で水腫が軽減, 3例で水腫に変化を認めないという結果であった⁷⁾。

一側性メニエール病や遅発性内リンパ水腫症例で, 鼓室内投与・倍量静注法の両者を用いて内耳造影MRIを施行したところ, 鼓室内投与法17例中15例で, 倍量静注法10例中9例で画像的な内リンパ水腫を検出できた。蝸電図やグリセロールテストは難聴進行例では施行が困難な場合がある

が, そのような場合でも内耳造影MRIは内リンパ水腫診断に有用と考えられた⁸⁾。

一側高度感音難聴・対側型遅発性内リンパ水腫の3例に対して両側鼓室内投与法でMRI撮影を行ったが, 全員聾側の外リンパ腔が非常に強く造影される結果となった。高度感音難聴が長期継続すると, 正円窓膜の透過性や内外リンパ液の動態に変化が生じている可能性が示唆された⁹⁾。

現時点では内リンパ水腫の程度は定性的に評価している。前庭などに用手的に関心領域を設定し, 内耳内で造影されない領域を半定量化する試みも行っている⁷⁾が, 2D FLAIR画像の場合はSiemens装置を用いた3D収集の場合と異なり撮影後に画像の断面(傾き・位置)を変更することは

図2 図1Aの症例の、FIESTA画像(A)、FLAIR画像(B)から右内耳部分を切り出したもの。患者の体動によって、わずかだがFIESTA画像とFLAIR画像がずれている。Coregister後のFIESTA画像(C)は、FLAIR画像(B)とのずれが最小限になっており対比しやすい。FLAIR画像(B)は1スライス(2mm)毎、FIESTA画像(A、C)は4スライス(2mm)毎に画像を提示。

できない。前述の通り FIESTA 像と FLAIR 像をうまく対比させつつ読影する必要があるものと考えられる。なお、鼓室内投与法と倍量静注法の内リンパ水腫検出率は同程度とされるが、鼓室内投与法は造影効果が正円窓膜の透過性によって変化する場合があります、倍量静注法のほうが安定して内耳を造影できる可能性がある⁸⁾。

まとめ

GE 製 3 テスラ MRI 装置にて従来の撮影シーケンス (T2 FLAIR) を用いた場合でも、鼓室内投与法・倍量静注法ともに問題なく内耳造影 MRI 画像を撮影することができ、臨床応用が可能であることが示された。内耳造影 MRI 検査は

従来の水腫推定検査と比較しても遜色なく内リンパ水腫を検出できており、さらなる検査の普及のためには、多く報告されている Siemens 製装置以外の MRI 装置でも引き続き撮影を進めていく必要があると考えられた。

謝 辞

本発表で用いた内耳造影 MRI 画像は、大阪大学医学部附属病院にて撮影されたものです。撮影をご指導いただきました土井勝美先生、堀井新先生、北原紘先生、宇野敦彦先生、今井貴夫先生、画像の使用を許可頂きました猪原秀典先生、また大阪大学にて各種検査を担当された先生方に感謝申し上げます。

文 献

- 1) Yamakawa K: Uber die Pathologische Veranderung bei einem Meniere-Kranken. Zeitschrift fur Oto-Rhino-und Laryngologie (Tokyo) 44: 2310-2311, 1938
- 2) Hallpike CS, Cairns H: Observations on the pathology of Meniere's syndrome. J Laryngol Otol 53: 625-655, 1938
- 3) Koizuka I, Seo R, Sano M, et al.: High-resolution magnetic resonance imaging of the human temporal bone. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 53: 357-361, 1991
- 4) Nakashima T, Naganawa S, Sugiura M, et al.: Visualization of endolymphatic hydrops in patients with Meniere's disease. Laryngoscope 117: 415-420, 2007
- 5) Statistical Parametric Mapping. <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>
- 6) Horii A, Osaki Y, Kitahara T, et al.: Endolymphatic hydrops in Meniere's disease detected by MRI after intratympanic administration of gadolinium: comparison with sudden deafness. Acta Otolaryngol 131: 602-609, 2011
- 7) Uno A, Imai T, Watanabe Y, et al.: Changes in endolymphatic hydrops after sac surgery examined by Gd-enhanced MRI. Acta Otolaryngol 133: 924-929, 2013
- 8) 宇野敦彦, 堀井 新, 今井貴夫, 他: 内リンパ水腫診断における内耳造影MRIの有用性—造影剤投与方法による比較と蝸電図・グリースロールテストとの比較—. 日耳鼻会報 116: 960-968, 2013
- 9) 土井勝美, 大崎康宏, 久保 武: メニエール病および遅発性内リンパ水腫症例への両側鼓室内 Gd 注入 MRI 検査. Equilibrium Res 67: 390, 2008

利益相反に該当する事項はない。