

原著 3D-Fast Spin Echo法による内耳の微細構造の観察と臨床応用

田中 淳司・塩野 孝博・根岸 邦夫

中島 正弘・平間 正彦・岩崎 尚彌

獨協医科大学越谷病院 放射線科

MR Imaging of the minute structures of the inner ear using the 3D-Fast Spin Echo technique, and its clinical applications.

Junji Tanaka, Takahiro Shiono, Kunio Negishi,

Masahiro Nakajima, Masahiko Hirama, Naoya Iwasaki

Department of Radiology, Dokkyo University School of Medicine, Koshigaya Hospital

Abstract

The inner ears of five volunteers and five patients were imaged with a 1.5 Tesla MR scanner using a high resolution 3D-Fast Spin Echo technique. Original 0.5-1mm thickness axial T2-weighted images were obtained in 16 minutes using a head coil, and the original images and target maximum intensity projection (MIP) images were evaluated. On the MIP images of normal volunteers, the semicircular canals and ampulla, sacculus, utriculus and two cochlear turns were stereoscopically visualized in 100% of the subjects. On the original images of volunteers, the three neural bundles of the internal auditory canals were separately visualized in 100% of the subjects. The lamina spiralis ossea was also clearly visualized in 100% of the subjects. Therefore, the cochlear canaliculus was observed separately. The endolymphatic duct was visualized in 60%. The orifice of the cochlear aqueduct was visualized in 100%, but none of the volunteers showed its continuity to the cochlea. In two of five patients who were suspected of having inner ear anomaly, existence and the type of anomaly were confirmed by the additional information obtained using this high-resolution MR imaging technique.

One patient was precisely diagnosed as "Mondini-type" anomaly because of the existence of a rudimentary cochlea which was confirmed only by this MRI technique. The other patient was diagnosed as "Michel-type" anomaly in the same way using the detailed anatomical information acquired by this MRI technique.

High-resolution 3D-FSE MRI technique can provide considerable useful information regarding the detailed anatomical structures of the inner ear and is useful in diagnosing inner ear anomalies.

抄録

3D-Fast SE法による内耳器官の微細構造の描出能について検討し、あわせて内耳奇形の症例に応用して有用な結果を得た。対象は健常者5名10耳、臨床的に内耳の器質的異常が疑われる患者5名10耳である。使用した装置はGE/横河 Sierra Ver.4 (1.5T) である。撮像条件はhead coilによる水平断3D-FSE, TR/TE 2500/250, excitations 2, echo train length 28, FOV 10cm, 0.5-1.0mm thickness, 256×192 matrix, 撮像時間約16分である。画像の検討は原画像およびTarget MIP (Maximum Intensity Projection) 像について行った。健常者では、MIP画像上全例で三半規管とその膨大部、蝸牛管、卵形嚢および球形嚢が立体視に

より明瞭に同定された。原画像では蝸牛は全例で2.5回転が完全に描出され、蝸牛内腔のら旋板により前庭階と鼓室階とが分離して観察可能であった。内耳道内の各神経束も明瞭に分離同定された。前庭水管の同定率は60%であった。蝸牛水管は後頭蓋窩への開口部から蝸牛へ向かう途中までは全例で同定されたが蝸牛への連続性を証明できたものはなかった。臨床症例は5例中有所見のものが2例あり、1例では内耳形成不全の所見が明瞭に捉えられたのに加え、CTでは発見できなかった痕跡的な蝸牛をMRIで識別できたことにより、Mondini型の内耳奇形と確定診断し得た。他の1例においても、正常な発達を欠如した内耳の状態がより詳しくわかりやすい形で観察され、

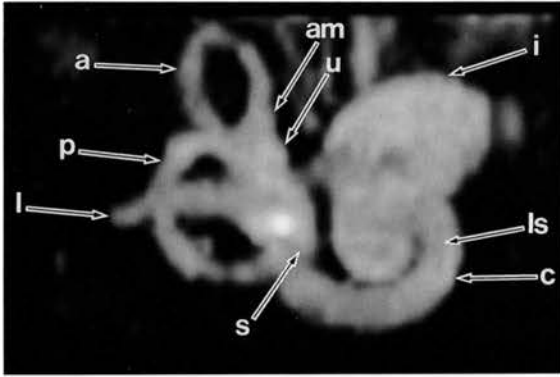


図1 健常ボランティア右内耳MIP像。右内耳を右前方、蝸牛頂方向より見る。後方に内耳道。
 a:前半規管 p:後半規管 l:外側半規管 c:蝸牛
 ls:蝸牛ら旋板 u:卵形囊 i:内耳道 am:膨大部
 s:球形囊

内耳奇形の鑑別診断上有用であった。高性能なMRI装置で適切な撮像法を用いれば、従来の検査法では得られない内耳の構造の詳細な情報を得ることが可能であり、器質的疾患や奇形の検出および鑑別診断上有用と考えられる。

はじめに

MRI装置の進歩はめざましく、解像度の向上に加えて撮像に要する時間も大幅に短縮され、MRIによる精査の対象領域も大きくひろがった。今回我々は、3D-Fast SE法による内耳器官の微細構造の描出能について検討し、あわせて内耳奇形の2症例に応用し有用な結果を得たので報告する。

対象および方法

対象は、1995年2月から同年10月までの間に当院で施行された内耳高解像MRI 10名20耳であり、その内訳は健常ボランティア5名(31-40歳、平均34歳)10耳、臨床的に内耳の器質的異常が疑われた患者5名(12-50歳、平均32歳)10耳である。MRI装置はGE/横河 Sierra Ver.4 (1.5T) を使用し、以下の条件で撮像した。

Head coilによる3D-Fast SE, TR/TE 2500/250, excitations 2, echo train length 28, FOV 10cm, 水平断 0.5-1.0mm thickness, 256×192 matrix, 撮像時間約16分。これらについて、原画像およびTarget MIP (Maximum Intensity Projection) 像について検討を加えた。なお、0.5mmを用いた方が原画像・MIP画像いずれにおいても優れた描出能を示したため、

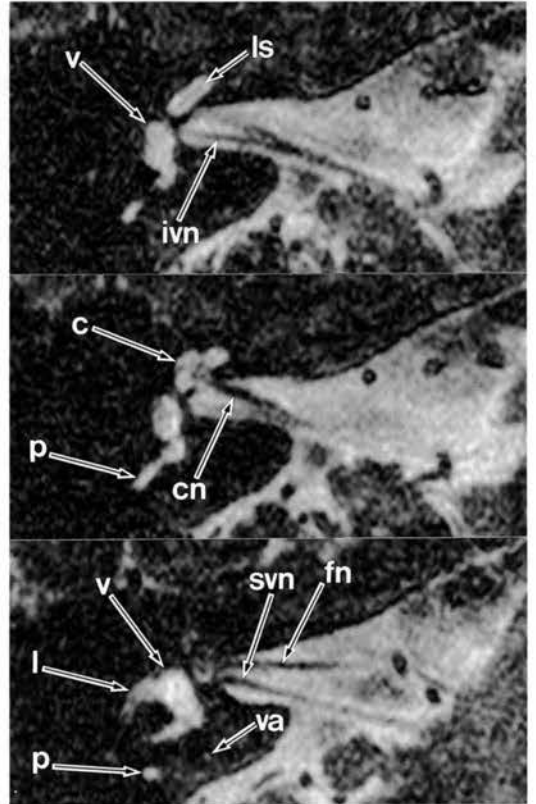


図2 同、原画像の一部 (0.5mm thickness, 上より尾側→頭側へ)。蝸牛内腔の前庭階と鼓室階とが骨ら旋板により分離して観察される。
 c:蝸牛 ls:蝸牛ら旋板 l:内耳道 v:前庭
 l:外側半規管 p:後半規管 am:膨大部 f:顔面神経
 cn:蝸牛神経 svn:上前庭神経 ivn:下前庭神経
 va:前庭水管

1.0mm厚みは正常ボランティアの最初の1例のみで、以後はすべて0.5mm厚みを用いた。以下に呈示する画像はすべて0.5mm厚みによるものである。画像の検討項目としては、MIP画像では蝸牛の回転数、各三半規管とその膨大部、卵形囊、球形囊の描出率、原画像系では内耳道内の各神経束、蝸牛内骨ら旋板、前庭水管、蝸牛水管の分離同定率について検討した。

結果1: 正常ボランティア

正常ボランティアの全例においてTarget MIP画像上半規管とその膨大部、卵形囊、球形囊、蝸牛管が明瞭に同定され(図1)、適切な角度をつけたdouble displayを用いることによりこれらの構造を立体視することも可能であった。原画像上では内耳道内の各神経束も全例で明瞭に分離して観察され、前

庭神経、蝸牛神経および顔面神経を同定することができた(図2)。蝸牛はMIP、原画像のいずれにおいても2.5回転が完全に描出され、特に原画像上では蝸牛内腔の前庭階と鼓室階とが骨ら旋板により分離して観察可能であった(図2)。前庭水管は全例では確認しえなかったが10耳中6耳で原画像上同定された(図2)。蝸牛水管は後頭蓋窩への開口部は全例で確認できたが、文献¹⁾に記載されているような蝸牛管へのリンパの交通を画像上証明しえた例はなかった。

結果2：臨床症例

5症例中、MRI上内耳の異常所見をとらえたと思われたものは2症例であった。これらについて提示する。

・症例1 13歳男性、生下時よりの左全聾。CT像を図3に示す。右側では内耳の構造に明らかな異常は認められなかった。左側では、内耳道が狭いのに加え、前庭から外側半規管にかけて正常な構造が認められず、ひとつながりの洞状のものがあるように見えた。内部に特別な構造は見あたらず、内容物の性状も不明であった。CT上、左の蝸牛は発見し得なかった。MRI、Target MIP画像の全体像を頭側より観察した

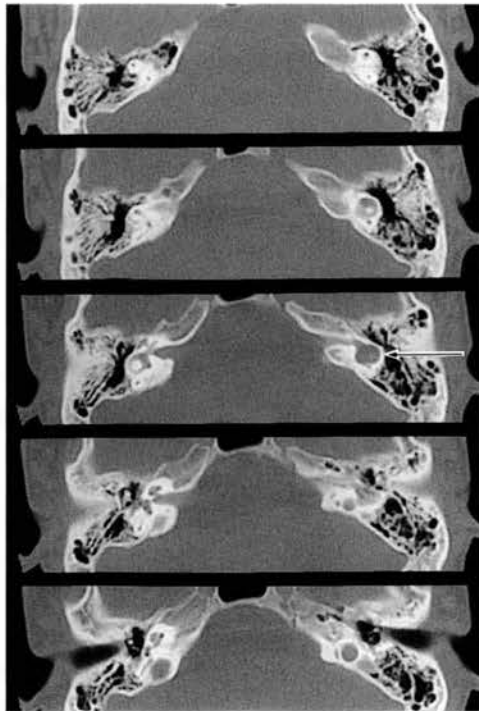


図3 症例1のCT像。右側は正常、左側では内耳道が狭いのに加え、前庭から外側半規管にかけて正常な構造が認められず、ひとつながりの無構造な洞状のものが見られる(矢印)。内容物の性状は不明である。左の蝸牛は発見し得ない。

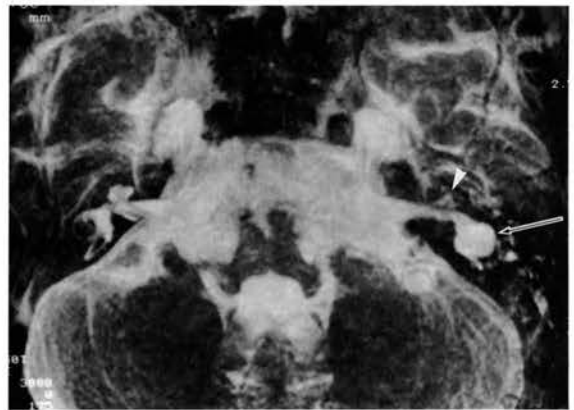


図4 MRI、Target MIP画像の全体像を頭側より観察した画像を示す。CTで見られた洞状の部分(矢印)は均一無構造な高信号を呈し、水様のもの(おそらくはリンパ)を満たした腔と考えられる。CTでは発見できなかった痕跡的な蝸牛の存在が確認される(矢頭)。

画像を図4に示す。CTで見られた洞状の部分は均一無構造な高信号を呈し、水様のもの(おそらくはリンパ)を満たした腔と考えられ、さらに、CTでは発見できなかった痕跡的な蝸牛の存在を確認することができた。左右のMIP像をそれぞれ拡大して見やすい角度で観察すると、右側は正常と思われたのに対し、左側では、前庭はリンパを満たした囊状原基から不完全な半規管の突起を出した状態であることがよく把握された(図5)。左内耳におけるこれらの所見はMondini型の内耳形成不全に一致する所見と考えられた。Mondini型内耳形成不全とは、種々の程度の前庭・半規管の異形成を示し、蝸牛は存在するが未発達で、回転間の隔壁や蝸牛軸、ら旋板の発育不全があるものをいう²⁾。

・症例2 33歳女性 生来の両側全聾。初診時両側で耳介、外耳道、鼓膜の形成に異常を認めない。

前額断CT像を図6に示す。両側で内耳道はきわめて狭く、蝸牛・前庭・半規管等の正常な構造を欠いているようであった。前庭から蝸牛・半規管にかけて囊状原基らしい構造のみが観察できたが内容物の性状は不明であった。耳小骨および中耳・外耳には明らかな異常を認めなかった。

左側内耳のMRI像(Target MIP画像を頭側より観察)を図7に示す。症例1と同様に、前庭部に囊状原基らしい洞状の構造が見られ、特別な内部構造はなく、内容物は均一な高信号を呈し、リンパを満たしているものと思われた。半規管の原基らしいわずか

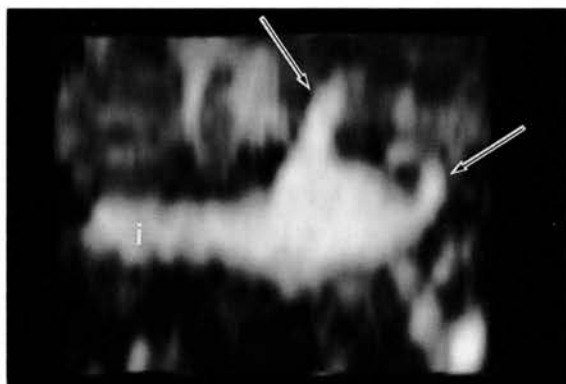


図5 患側（左）のMIP像を拡大して前方からの見やすい角度で観察する。前庭はリンパを満たした囊状原基から不完全な半規管の突起（矢印）を出した状態であることがよく把握される。i:内耳道

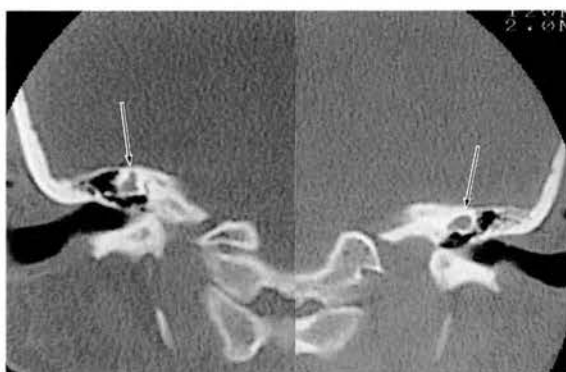


図6 症例2の前額面CT像。両側で内耳道はきわめて狭く、内耳の正常な構造が見られない。両側で前庭から蝸牛・半規管にかけて囊状原基らしい構造のみが観察できる（矢印）が詳細や内容物の性状は不明である。

な突起状のものが見られた以外に特別な構造は認められなかった。内耳道は狭く、内耳の原基部分との交通を欠き、症例1とは異なり蝸牛は全く発見し得なかった。右側も同様の所見であった。これらはMichel型の内耳形成不全に一致する所見と考えられた。

Michel型内耳形成不全とは、内耳の正常な構造の発達を欠如し、かつ中耳および外耳の発達は正常であるものをいい、きわめて稀とされる²⁾。

症例1では、前庭はリンパを満たした囊状原基から不完全な半規管の突起を出した発育不全状態であることが明瞭に観察され、かつCTでは発見できなかった痕跡的な蝸牛の存在を識別できたことにより、Mondini型の内耳奇形と確定診断することができた。

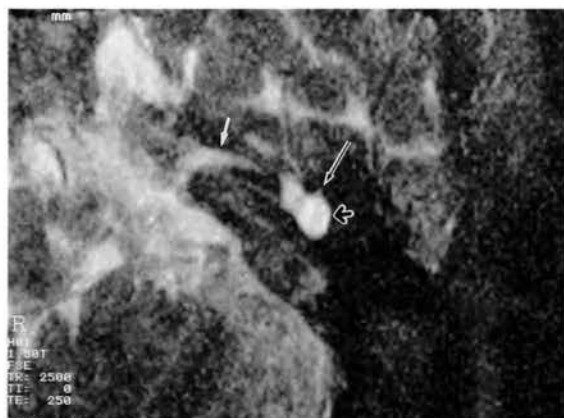


図7 同、Target MIP画像、左側を示す。症例1と同様に、前庭部に囊状原基らしい洞状の構造（太矢印）が見られ、特別な内部構造は認められず、内容物は均一な高信号を呈し、リンパを満たしているものと思われる。半規管の原基らしいわずかな突起状のもの（細矢印）が見られる以外に特別な構造は認められない。内耳道（白矢印）は狭く、内耳の原基部分との交通を欠き、症例1とは異なり蝸牛は全く発見し得ない。

症例2でも同様に、正常な発達を欠如した内耳の状態がよりわかりやすい形で観察され、内耳奇形の鑑別診断における高解像MRIの有用性が明らかであった。

考察

最近のMRI装置の著しい性能向上により、耳科領域におけるMRIの適応範囲は大きく広がった。従来なされてきたMRIによる内耳器官の観察法は様々であるが³⁾⁷⁾、大きく2D法と3D法に分けることができる。3D法は理論的に2D法よりも空間分解能において優れるとされるが、従来行われていたGRE法はS/N比が低く、必ずしも良好な画像を得ることができなかった⁷⁾。今回我々はS/N比において有利であり、現時点での最良の方法と考えられている3D-FSE法を用い、健常例と臨床症例の両者での検討を行った。従来の報告では原画像系のslice thicknessは0.9mmが限界であった⁷⁾が、今回われわれが使用したMRI装置では、原画像系に0.5mm thicknessを使用することができ、内耳の微細な構造の観察にはより好都合であると思われた。

耳科領域の画像診断は、従来単純X線写真と断層写真によって行われてきた。これにHigh-resolution CTが加わり、より精密な画像診断が可能となった。しかしながら、これらの画像診断で得られる形態的

情報は、「骨と空気とそれ以外」からなるものであって、「それ以外」の部分については、リンパであるのか肉芽であるのか、あるいは線維性の結合組織であるのか、等の判別は困難であった。この部分に関して付加情報を与えてくれるMRIの価値は大きい。今回のわれわれの検討は、ルーチン検査の中での内耳リンパ路の形態的・構造的異常のより高精度な判定の可能性を確認した上で、実際の症例に応用することで臨床的有用性を実証したものであり、これは治療法を模索する聴覚障害患者にとっての福音であると考えられる。

結 語

高性能なMRI装置で適切な撮像法と画像処理を行えば、従来の検査法では得られない内耳の構造の詳細な情報を得ることが可能であり、各種の奇形や器質的疾患の検出と性質判定、さらに治療法の選択上有用と考えられる。

参考文献

- 1) Palva T, Dammert K.: Human cochlear aqueduct, Acta Otolaryngol (Stockh), Suppl, 246 : 1-58, 1969
- 2) 切替 一郎, 野村 恭也 : 新耳鼻咽喉科学, 206, 南山堂, 1989
- 3) Tanioka H, Shirakawa T, Machida T, et al.: Three dimensional reconstructed MR imaging of the inner ear, Radiology 178 : 141-144, 1991
- 4) 竹原 康雄, 一条 勝利, 遠山 典宏, 他 : Long echo train length fast spin echo法を用いたMR cisternographyによる内耳解剖観察, 日医放会誌 53 : 859-861, 1993
- 5) Cassleman JW, Kuhweide R, Deimling M, et al.: Constructive interference in steady state-3DFT MR imaging of the inner ear and cerebellopontine angle, AJNR 14 : 47-57, 1993
- 6) Stillman AE, Remley K, Loes DJ, et al.: Steadystate free precession imaging of the inner ear, AJNR 15 : 348-350, 1994
- 7) 長縄 慎二, 仙田 宏平, 山川 耕二, 他 : 3D-Fast Spin Echo法を用いた内耳器官微細構造の観察, 日医放会誌 55 : 81-82, 1995

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619