



Title	MRIによる内耳の描出-人工内耳術の適応決定への応用-
Author(s)	煎本, 正博
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(5), p. 529-537
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15861
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

MRIによる内耳の描出 —人工内耳術の適応決定への応用—

虎の門病院放射線診断学科

煎 本 正 博

（平成3年1月28日受付）

（平成3年3月12日最終原稿受付特別掲載）

Magnetic Resonance Imaging of the Inner Ear and its Application to Cochlear Implant Candidates

Masahiro Irimoto

Department of Diagnostic Radiology, Toranomon Hospital

Research Code No. : 504.9

Key Words : MR imaging, Inner ear, Cochlear implant

Magnetic resonance (MR) images of normal and abnormal inner ears obtained with a 1.5T unit without the use of a surface coil were analyzed to evaluate the effectiveness of this method in the screening of cochlear implant candidates.

In a series with sixteen normal adult volunteers, 22 to 45 years in age, 100% of the cochlea, vestibules, and lateral and posterior semicircular canals were clearly demonstrated in T_2 weighted images. Satisfactory images were not obtained for 22% of the superior semicircular canals, 22% of the cochlear aqueduct, and 81% of the vestibular aqueduct in axial images, but coronal and sagittal reconstructed images by use of a three-dimensional Fourier transformation sequence provided better detectability of these structures.

In five ear surgery patients with proven obliteration of the labyrinth, decreased signal intensity was observed in the T_2 weighted images. Ten cochlear implant candidates were examined by MRI prior to implantation, and the results were compared with the surgical findings. In two ears in which the cochlea showed a decrease in signal intensity, the cochlea had been obliterated by inflammatory granulations. On the other hand, the lumens of all nine cochlea which were clearly visualized by MRI were found to be patent.

緒 言

蝸牛をはじめとする内耳諸器官の画像診断は単純 X 線検査によるものにはじまり、多軌道 X 線断層撮影（以下断層撮影）、高分解能コンピューター断層撮影（以下 CT）と発達するにつれ詳細な報告がなされるようになってきた。しかし、これらの X 線を使用した画像診断法で描出可能な内耳は側頭骨内の骨性の管（骨迷路）で、本来の内耳器官である膜迷路の状態を描出することはでき

ない。磁気共鳴画像法：Magnetic Resonance Imaging（以下 MRI）は膜迷路内のリンパを直接描出することができ、内耳器官の病変に対し新たな情報を供給することが示唆されている。筆者は側頭骨部の高分解能 MRI を行ない、内耳諸器官の MR 像を解析するとともに、近年内耳性難聴の治療に用いられるようになった人工内耳術の適応決定に応用し、その有用性について検討した。

方法・対象

使用したMRIはMRT200(静磁場強度1.5T・東芝)である。検出コイルは頭部用コイルを用い、表面コイル(以下サーフェイスコイル)は使用しなかった。パルス系列は初期にはSpin Echo法(以下SE法):2000/80/2(TR/TE/excitations)・スライス厚2.5mm・スライスギャップなし・Field of view 15cm・撮像時間17分を用いていたが、後にField Echo法(以下FE法)による3次元フーリエ変換法:3-dimensional Fourier transformation(以下3DFT法):50/9/8°/2(TR/TE/Flip angle/excitations)・スライス厚1.0mm・スライスギャップなし・Field of view 15cm・撮像時間13.6分を用いた。断層面はCTと比較でき、解剖学的位置関係を把握しやすい、外眼角外耳道線に平行な面(以下水平断)を用いたが、3DFT法では他の断層面についても再構成した。CTはCT9800(General Electric)で、スライス厚1.5mm・スライスピッチ1.5mmで撮影し、Review機能を用い、マトリックス512×512・Bone関数で再構成した。(なお本稿ではMR像との対比を容易にするため、CT画像を白黒反転し表示している。)

16例32耳の健聴成人ボランティア(22~45歳)の撮像を行ない、内耳諸器官のMR像を検討した。うち10耳では3DFT法による矢状断・冠状断再構成を行ない、前庭水管・蝸牛小管のMR像についても検討した。蝸牛・前庭・三半規管はその全体が、また前庭水管・蝸牛小管はその後頭蓋窩側が脳脊髄液とほぼ等信号に認められるものを描出可能とし、その数を母数で除し描出率(rate of visualization)とした。手術的に内耳を破壊・充填し、正常な内耳器官が存在しないことが確実な4症例につきMRIを行ない、所見を健常例と比較した。また手術時に内耳のリンパが喪失し、肉芽化が認められた1例のMR像も検討に加えた。蝸牛、前庭、三半規管につき正常の形態が脳脊髄液とほぼ等信号に認められるものをWell visualized:W、これらの一部または全部が観察できるが脳脊髄液より明らかに信号が低下しているものをPoorly visualized:P、全く認められないものを

をNot visualized:Nとし、Wのみを描出可能とした。人工内耳術:Cochlear Implant(以下CI)予定者10例につき術前にMRIを行ない、手術結果と対比した。蝸牛が基底回転から蝸牛頂まで脳脊髄液とほぼ等信号に認められるものをTotal visualization:T、蝸牛の一部が認められるものをPartial visualization:P、蝸牛が全く認められないか信号が著しく低下しているものをNon visualization:Nとした。手術結果は手術時の肉眼所見、および挿入が可能であったCI電極の数を用いた。なおCI装置はNucleus 22channel Cochlear Implant System(Cochlear Corp. Englewood CO.)で、埋め込みは当院耳鼻咽喉科で行なった。

統計学的推定にはYatesの補正を行なった χ^2 検定を用い、 $p < 0.05$ の場合に有意差があるとした。

結果

正常内耳像

Fig. 1に健聴ボランティア(38歳男性)の内耳MR水平断像をCTと対比して示す。

水平断像では、蝸牛は高信号の内耳道の鼻側に、回転軸に平行な断面像として認められ、X線CTと同様に、基底回転から蝸牛頂までの描出が可能である。蝸牛の外側には球形嚢・卵形嚢を入れた前庭と、輪状の外側半規管が描出される。上半規管や後半規管はon-end像としての点状高信号域、またはprofile像としての管状高信号域として描出される。内耳と後頭蓋窩を連絡している2本の骨性の小管、すなわち蝸牛小管と前庭水管はその一部が高信号に描出される。

顔面神経や蝸牛前庭神経などの神経組織は、検討の対象としたパルス系列では、内耳道内やくも膜下腔では脳脊髄液の高信号に埋没し、描出が困難なことがあるが、側頭骨内では高信号域として描出される。X線CTで認められる乳突巣や耳小骨は無信号で描出されない。

正常ボランティア32耳における内耳諸器官のMR水平断像による描出能(描出率)をTable 1に示す。(SE法14耳、FE法18耳)

蝸牛(C)、前庭(V)、外側半規管(LSC)、後

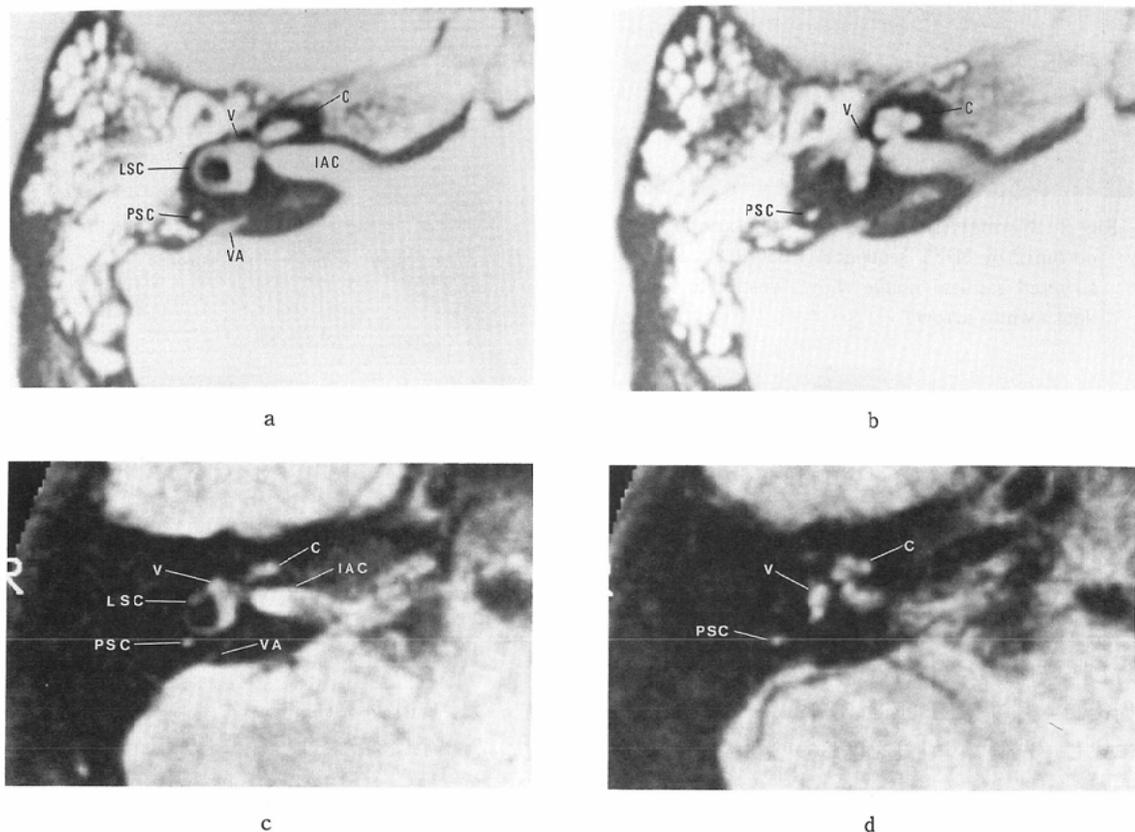


Fig. 1 Axial images of inner ear of normal volunteer.

a)b) CT scans, c)d) MR images (SE2000/80). Cochlea(C), Vestibule (V), Posterior Semicircular Canal (PSC), Lateral Semicircular Canal (LSC), Internal Auditory Canal (IAC), Vestibular Aqueduct (VA)

Table 1 Rate of visualization of inner ear structures of normal volunteers in axial MR images

Pulse sequence	C	LSC	PSC	SSC	V	CA	VA
SE(n=14)	14 100	14 100	14 100	11 78.5	14 100	12 85.7	2 14.3%
FE(n=18)	18 100	18 100	18 100	14 77.7	18 100	13 72.2	4 22.2%
total(n=32)	32 100	32 100	32 100	25 78.1	32 100	25 78.1	6 18.8%

Note.

SE: Spin Echo sequence

(TR: 2000 msec. TE: 80 msec.)

FE: Field Echo sequence

(TR: 50 msec. TE: 9 msec. Flip angle: 8°)

C: Cochlea, LSC: Lateral Semicircular Canal, PSC: Posterior Semicircular Canal, SSC: Superior Semicircular Canal, V: Vestibule, CA: Cochlear Aqueduct, VA: Vestibular Aqueduct

半規管 (PSC) は SE, FE いずれの方法によっても全例において描出された。上半規管 (SSC) は SE 法14耳中 3 耳 (21.4%), FE 法18耳中 4 耳 (22.2%) において描出が困難であった。

蝸牛小管 (CA) は全32耳中25耳 (78.1%) で描出されたが、前庭水管 (VA) は6 耳 (18.8%) に描出されるにとどまった。3DFT 法による再構成像による検討が可能であった10耳では蝸牛小管は冠状断再構成像により10耳 (100%) で、前庭水管は矢状断再構成像により7 耳 (70%) で描出可能であった (Fig. 2)。前庭水管については水平断像に比し有意の差で描出率の向上が認められた。

異常内耳像

手術で内耳器官を破壊したり、リンパ液が喪失

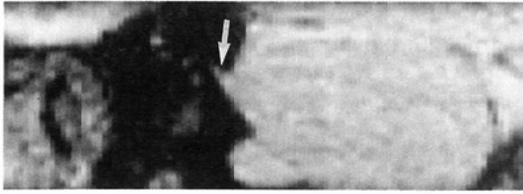


Fig. 2 Normal MR images of vestibular aqueduct obtained by 3DFT sequence (FE50/9/8'). Reconstructed sagittal image shows vestibular aqueduct (white arrow).

し、軟部組織により置き換えられていることが判明した異常内耳は5例6耳で、内耳各器官のMRI所見をTable 2に示す。全耳において内耳器官の信号の低下が認められ、各内耳器官の描出率が正常ボランティア群に比し有意に低下していた。

症例3. 42歳男性

左 Mondini 奇形に伴う髄液漏・反復性髄膜炎に対し、筋肉片などによる迷路充填術を施行した。術後四カ月のMRI (Fig. 3)において健常な右側に比し、左側では前庭をはじめ内耳器官が描出されない。

人工内耳術 (CI) の術前評価

CI術前に蝸牛の状態評価のため行なったMRIの所見と、手術所見をTable 3に対比して示す。蝸牛の全体が明瞭に描出された9耳(T)では、全例においてCI電極の蝸牛内への挿入が可能で



Fig. 3 42-year-old man 4 months after labyrinthectomy. MR image (SE2000/80) shows normal right labyrinth (arrow head). However, the left labyrinth was not demonstrated (arrow).

あった。描出が不良であった3耳(P, N)中2耳では、蝸牛は肉芽により閉塞し、CI電極の挿入は不可能であった。MRIにより左蝸牛の描出が不良であった1例では、本所見より蝸牛の描出良好であった右側に手術を行なった。

症例8 62歳男性

11年前発症の原因不明の後天性聾

術前のMRI (Fig. 4)において蝸牛は両側とも

Table 2 MRI findings for patients with obliterated labyrinths

Case Age/Sex	Diagnosis	Operation*	Side	Interval after operation	MRI findings of obliterated labyrinths***				
					C	V	LSC	PSC	SSC
1. 26M	Lateral semicircular canal fistula	LT	left	6 months	W	W	P	W	W
2. 42M	Meniere's disease	LT	left	34 months	W	W	N	N	N
3. 42M	Mondini's anomaly with labyrinth fistula	LT	left	4 months	P	N	N	N	N
4. 25M	Acoustic neuroma	LT	right	46 months	W	N	N	N	N
5. 61M	Labyrinthitis	CI	left	—	N	P	N	N	N
		CI	right	—	P	N	N	N	N
Rates of visualization: W/W+P+N					50	33	0	17	17%

Note.

*W: well visualized P: poorly visualized N: not visualized

**Normal labyrinths were demonstrated in all non-operated ears except for SSC in Case 3.

*LT: Labyrinthectomy, CI: Cochlear implant

Table 3 Cochlear implants examined by MRI

Case	Age/ Sex	Diagnosis	MRI findings of cochlea* (left/right)	Side of cochlear implant	Surgical finding	Number of inserted electrodes**
5.	61M	Labyrinthitis	N/P	left right	Complete obliteration Partial obliteration	0 5
6.	54M	Unknown	T/T	right	Patent	22
7.	44M	Unknown	T/T	right	Patent	22
8.	62M	Unknown	T/T	left	Patent	22
9.	45M	Labyrinthitis	N/T	right	Patent	22
10.	45M	Chronic otitis	T/T	right	Patent	22
11.	62F	Unknown	T/T	right	Patent	22
12.	59M	Labyrinthitis	T/T	right	Patent	22
13.	42F	Ototoxicity	T/T	right	Patent	22
14.	37M	Labyrinthitis	T/T	right	Patent	22

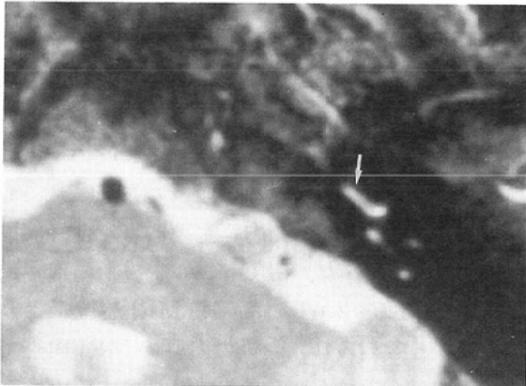
Note.

*T : Total visualization

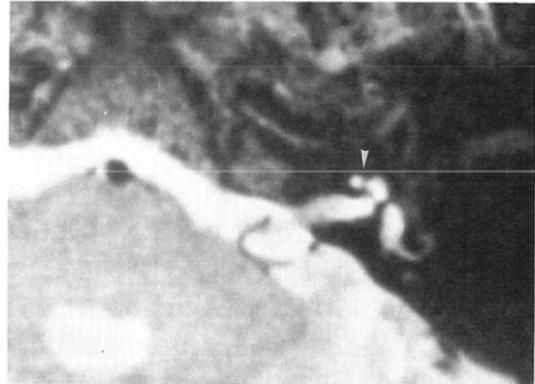
P : Partial visualization

N : Non visualization

**Number of inserted electrodes: Nucleus 22 channel cochlear implant system (Cochlear corp. Englewood CO.) has twenty-two intracochlear electrodes.



a



b

Fig. 4 a)b) Cochlear implant candidate. 62-year-old man with deafness of unknown origin. MR image (SE2000/80) clearly shows left cochlea from basal turn (arrow) to middle and apical turn (arrow head). Cochlear implant was performed for the left ear and the cochlea was patent.

全体が明瞭に描出されており、開存していると診断した。左側に CI を行ない、22個の活性電極すべてが挿入された。

症例 5 61歳男性

3年前発症の髄膜炎合併迷路炎による後天性聾 CT (Fig. 5a) では両側の蝸牛は正常であったが、MRI では左側の蝸牛の信号が著明に低下し (Fig. 5b), 右側も基底回転の一部が描出されるの

みであった。機能検査などの結果から最初左側に手術を行なった。しかし蝸牛は完全に肉芽で充満しており、電極は全く挿入できなかった。ついで右側にも手術を行なったが、やはり蝸牛内には肉芽が存在し、電極は5個しか挿入できなかった。

考 案

内耳器官の X 線解剖や異常像は断層撮影や CT により詳細に検討されている^{1)~5)}。しかし、X

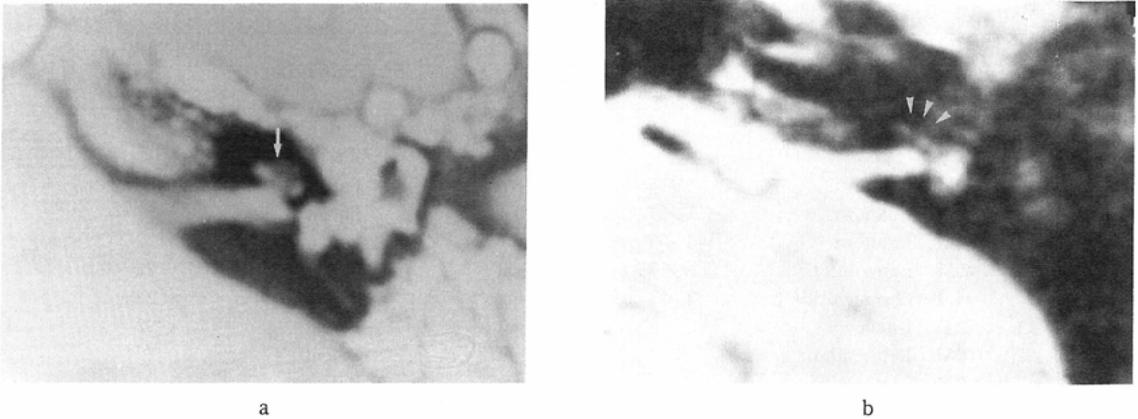


Fig. 5 Cochlear implant candidate. 61-year-old man with deafness due to labyrinthitis following meningitis 3 years previously.
 a) CT scan shows no ossification in left cochlea (arrow). b) In MR image (SE2000/80), the cochlea showed decreased signal intensity (arrow head).
 During operation, left cochlea was found to be obliterated by granulations.

線で描出される内耳像は膜迷路の格納容器である骨迷路像にすぎず、本来の聴平衡器官である膜迷路が描出されているとはいえない。骨迷路内には膜迷路内の内リンパと、膜迷路外の外リンパが存在し、蝸牛・三半規管・前庭を満たしている。リンパはMRIの T_2 画像(SE法)または T_2^* 強調画像(FE法)において高信号となるため、これら内耳器官は $T_2 \cdot T_2^*$ 強調画像(以下 T_2 強調画像)により無信号の側頭骨内に高信号の構造物として描出される⁶⁾⁷⁾。本法により描出される内耳像は純粋な膜迷路ではないが、従来観察する方法がなかった迷路内の状態が直接描出可能となった価値は大きい。迷路を構成する管の直径は0.8~1.7mmで⁸⁾、それぞれの器官を分離するには薄いスライスで、高分解能のMR像を得る必要がある。当初内耳の描出にはS/N比を向上させるためサーフェスコイルの使用が有利であるとされていた⁹⁾¹⁰⁾。しかし、サーフェスコイルは目的部位への装着や位置決めなどが煩雑であり、日常診療に用いることは現実的ではない。また、サーフェスコイルを用いた左右別々のスキャンでは両側内耳の信号強度を比較することが困難であり、CIの適応や術側決定には大きな障害となる。筆者は1.5TMRIを用い、通常の頭部用検出コイルを使用し

て、左右同時に内耳器官の描出をおこなった。当初はTR:2000msec, TE80msecのSE法で水平断像を撮像した。しかし、本法は撮像時間が約18分を要するため、後に撮像時間が約14分で済むTR:50msec, TE:9msec, Flip角:8°のFE法による3DFT法を用いた。いずれの方法においても、蝸牛をはじめとした内耳主要器官を良好に描出することができた。磁気シールド技術の進歩により今後は1.5~2.0Tの高磁場MRI装置がより普及すると考えられ、今後の内耳のMRI検査ではサーフェスコイルの必要性は減少すると考えられる。

骨迷路は内耳道のほか、前庭水管と蝸牛小管の2本の小管により後頭蓋窩と連絡している。この両者はメニエール病との関係¹¹⁾や、感染の波及経路¹²⁾として以前より注目され、画像診断の対象となってきた¹³⁾¹⁴⁾。MRIにおいても両管の描出が可能であるが¹⁵⁾、前庭水管の径は0.25~0.5mm、また蝸牛水管の径は0.05~0.125mmと迷路に比しさらに細く¹⁶⁾、これらの描出にはより良好な画像が必要である。多軌道断層やX線CTでの検討では、前庭水管の描出には矢状断層が^{17)~19)}、蝸牛小管の描出には頭蓋に対して前後方向に近い投影が適しているとされている²⁰⁾²¹⁾。本研究の正常内耳

の検討において、水平断像での前庭水管の描出率はSE法で14.3%、FE法で22.2%、全体で18.8%と他の内耳器官に比し有意に不良であった。しかし、3DFT法の再構成矢状断画像を得ることができた10耳では70%において本水管を描出することができた。また、冠状断再構成像を行なった全例において蝸牛小管が描出された。

筆者の用いたエンコード数 256×32 ・スライス厚1mmの3DFT法では、両側の側頭骨のほぼ全体を、1回の撮像でとらえることができ、事後に任意方向の断層面を得ることができる。前庭水管や蝸牛小管をはじめとし、最適描出面が複雑に交錯する内耳器官を観察するうえにおいて、本法は簡便で有用な方法であると考えられる。

本研究で内耳器官の描出に用いた T_2 強調画像はリンパ(水)を高信号に描出する。内耳内のリンパが失われ、肉芽・線維化または骨化がおこれば、 T_2 強調画像での内耳よりの信号は低下することが予想される。筆者はまず、何らかの原因のため内耳破壊術・内耳充填術が行なわれ、リンパが喪失していることが確実な症例の内耳を撮像した。その結果、これらの例では手術側の内耳器官の信号が低下し、描出率が低下していた。またCI候補症例で手術時内耳が肉芽で閉塞していた1例2耳においても、内耳の信号の低下が認められた。本例は3年前の髄膜炎に合併した化膿性迷路炎による後天性全聾であった。化膿性迷路炎は組織学的に細菌と細胞浸潤の見られるacute stage、線維芽細胞と肉芽の増殖が認められるfibrous stage、最後のossification stageに分類されるとされ²²⁾、CTではossification stageのみが診断される²³⁾。本症例はCTでは迷路の骨化が認められず、fibrous stageの迷路炎をMRIが診断したと考えられる。

以上より筆者の用いた方法で信号の低下が認められる場合には、内耳のリンパが喪失し、肉芽などに置換している可能性が高いと判断してよいと考える。

近年、迷路炎などを原因とする後天性内耳性難聴症例に対し、CIによる聴力回復が行なわれるようになった²⁴⁾²⁵⁾。現在多く行なわれている多チャ

ネル方式のCIでは、蝸牛神経を直接刺激する細い電極を蝸牛内に深く挿入する必要がある。術前に内耳の状態を診断しておくことは重要である。CIのよい適応となる迷路炎による後天性難聴では前述のようにしばしば迷路の骨化がおこり(labyrinthine ossification)、電極の挿入を不可能にする²⁶⁾。CIの適応や施行側を決定するうえにおいて、本症の存在の有無は重要な因子となる。従来はX線断層法²⁶⁾やCT²⁷⁾²⁸⁾を用い石灰化の有無により蝸牛の開存の状態を推測してきた。しかし、これらの方法では微細な骨化や、骨化の前段階である肉芽・線維組織による蝸牛の閉塞の診断はできない。Jacklerら²⁷⁾はCI手術時に異常の認められた13例の蝸牛のうち、6例46%でCTのfalse negativeがあり、うち4例は部分的骨化で2例は軟部組織による蝸牛閉塞であったとしている。Harnsbergerら²⁸⁾はこのような例へのMRIの応用の可能性を示唆し、筆者の施設ではCIの手術前検査としてMRIをroutineに行なってきた⁶⁾²⁹⁾。その結果、 T_2 強調画像で蝸牛の描出が不良であった症例では、手術時蝸牛が閉塞しており電極の挿入が困難であった。一方、蝸牛が明瞭に描出された症例では、全例電極の挿入が可能であった。蝸牛内のリンパ液の有無が術前に判明することは、CI成功の鍵となる蝸牛内への電極挿入の可否を予測することができ、MRIはCIの適応や術側決定にさいし重要な検査法となると考える。

結 語

高分解能MRIによる正常および異常内耳器官のMR画像を解析した。くわえて、人工内耳術適応決定のための術前検査へのMRIの応用の可能性を検討した。

1) 正常ボランティア32耳の水平断像において蝸牛、前庭、外側および後半規管は全例で高信号に描出できた。

2) 水平断像において前庭水管の81%は描出できなかったが、3DFT法による矢状断再構成像はこの描出能を向上した。3DFT法は複雑に交錯する内耳器官を、後処理により最適断層面で描出することが可能で、前庭水管や蝸牛小管をはじめとし、内耳各器官の描出には簡便で有用な方法で

あった。

3) 手術により迷路を破壊充填した症例では手術側の内耳器官の信号が低下していた。また、化膿性迷路炎にともなった、骨化のない肉芽による蝸牛閉塞の診断が可能であった。

4) 人工内耳術(CI)の術前検査としてMRIを施行した。蝸牛が高信号に描出された9耳ではCIの電極が蝸牛内に容易に挿入されたが、描出が不良であった2耳では蝸牛の肉芽化のため、電極の挿入が不能であった。

MRIはCI術前に蝸牛の状態を知る方法として必須の検査法である。

5) MRIは今後種々の内耳疾患の診断や治療に際し重要な役割を果たすようになると考えられ、さらなる技術的改良および臨床的・病理学的検討が望まれる。

本研究を行なうにあたり支援して下さいました中島哲二部長をはじめとした虎の門病院放射線診断学科のスタッフ、貴重な症例をご提供いただき数々のご助言を頂いた同院耳鼻咽喉科熊川孝三医長、および研究の機会を与えて下さいました順天堂大学医学部放射線医学教室片山仁教授に謝意を表します。

本研究の内容の一部は第10回および第13回日本磁気共鳴医学会大会において発表した。本研究は沖中記念成人病研究所の助成を受けた。

文 献

- 1) Jensen J, Røvsing H: Fundamentals of ear tomography, 1971, Charles C Thomas, Springfield
- 2) Zalzal GH, Shott SR, Towbin R, et al: Value of CT scan in the diagnosis of temporal bone diseases in children. *Laryngoscope* 96: 27-32, 1986
- 3) Virapongse C, Sarwar M, Kier EL, et al: Temporal bone disease: A comparison between high resolution computed tomography and pluridirectional tomography. *Radiology* 147: 743-748, 1983
- 4) 野田正信, 前原忠行: 側頭骨の正常CT解剖, 画像診断, 6: 63-67, 1986
- 5) Olson CJE, Dortwart MRH, Brant LWE: Use of high resolution thin section CT scanning of the petrous bone in temporal bone anomalies. *Laryngoscope* 92: 1274-1278, 1982
- 6) 煎本正博, 中島哲二, 熊川孝三: 内耳のMRイメージング, 臨放, 33: 537-540, 1988
- 7) 熊川孝三: 内耳の高分解能MRイメージング, 耳喉頭頸, 60: 1001-1007, 1988
- 8) 小川鼎三, 細川 宏: 解剖学3, 第10版, p48, 1969, 金原出版, 東京
- 9) Koenig M, Lenz M, Sauter R: Temporal bone region: High-resolution MR imaging using surface coils. *Radiology* 159: 191-194, 1986
- 10) Bie B, Koltai PJ, Wood GW: Noninvasive imaging of the normal temporal bone, comparison of sagittal surface coil magnetic imaging and high-resolution computed tomography. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 114: 60-62, 1988
- 11) Clemis JD, Valvassori GE: Recent radiographic clinical observations on the vestibular aqueduct. *Otolaryngol Clin North Am* 1: 339-346, 1968
- 12) Palva T: Cochlear aqueduct in infants. *Acta Otolaryng* 70: 83-94, 1970
- 13) Arenberg IK, Dupatrocino I, Dreisbach JM, et al: Radiographic classification of the vestibular and cochlear aqueducts: The paired correlation between normal and abnormal vestibular aqueduct and cochlear aqueduct anatomy. *Laryngoscope* 94: 1325-1333, 1984
- 14) Sackett JF, Strother CM, Arenberg IK, et al: The vestibular aqueduct—Tomographic evaluation in Meniere's disease. A preliminary report. *Head Neck Surg* 2: 282-286, 1980
- 15) 谷岡久也, 町田 徹, 調所廣之: 高分解能MRIによる側頭骨部の解剖, 画像医学誌, 8: 2-8, 1989
- 16) Anson BJ, Donaldson JA, Warpeha RL, et al: The vestibular and cochlear aqueducts: Their variational anatomy in the adult human ear. *Laryngoscope* 75: 1203-1223, 1965
- 17) Wilbrand HF: Meniere's disease—Roentgenologic diagnosis. *Arch Otol-Rhinol-Laryngol* 212: 331-337, 1976
- 18) Gado MH, Arenberg IK: Radiological visualization of the vestibular aqueduct: Technique and morphological features. *Radiology* 117: 621-626, 1975
- 19) 平松慶博, 松野博志, 館沢 堯: CT(Review)による前庭水管撮影の試み, 断層撮影研究会雑誌, 10: 23-27, 1982
- 20) Rask-Anderson H, Stahle J, Wilbrand H: Human cochlear aqueduct and its accessory canals. *Ann Oto Rhinol Laryngol (Suppl)* 42: 1-16, 1977
- 21) Hemmingsson A, Lindgren PG: The cochlear aqueduct. *Acta Radiol [Diagn] (Stockh)* 15: 612-618, 1974
- 22) Paparella MM, Sugiura S: The pathology of

- suppurative labyrinthitis. *Ann Oto Rhinol Laryngol* 76 : 554—586, 1967
- 23) Swartz JD, Mandell DM, Faerber EN, et al : Labyrinthine ossification : Etiologies and CT findings. *Radiology* 157 : 395—398, 1985
- 24) Parkin JL, Eddington DK, Orth JL : Speech recognition experience with multichannel cochlear implants. *Otolaryngol Head Neck Surg* 93 : 639—645, 1985
- 25) 船坂宗太郎, 細谷 睦, 林原成子, 他 : 22 チャンネル Cochlear Implant—そのシステム紹介と本格的言語訓練前の話声聴取能について—, *日耳鼻*, 89 : 1070—1076, 1986
- 26) Ibrahim RAA, Linthicum FH : Labyrinthine ossifications and cochlear implants. *Arch Otolaryngol* 106 : 111—113, 1980
- 27) Jackler RK, Luxford WM, Schindler RA : Cochlear patency problems in cochlear implantation. *Laryngoscope* 97 : 801—805, 1987
- 28) Harnsberger HR, Dart DJ, Parkins JL : Cochlear implant candidates : Assessment with CT and MR imaging. *Radiology* 164 : 53—57, 1987
- 29) 熊川孝三 : MRI のコクレアインプラントへの応用, *耳鼻臨床*, 81 : 1277—1284, 1988
-