



Title	側頭骨の画像診断
Author(s)	小玉, 隆男
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2000, 60(11), p. 549-559
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15950
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

側頭骨の画像診断

小玉 隆男

宮崎医科大学放射線医学講座

Temporal Bone Imaging

Takao Kodama

With the advent of high-resolution computed tomography (HRCT), diagnostic imaging has played important roles in the evaluation and management of diseases in the temporal bone. Recent advanced technology such as, multi detector-row, sub-millimeter slice thickness (0.5 mm), high-speed rotation (0.5 sec/rot), can make more accurate and rapid examination possible. Magnetic resonance imaging (MRI) can provide additional information because of its high contrast of soft tissues. In this article, characteristic findings of several diseases in the temporal bone, such as, anomaly, cholesteatoma, cholesterol granuloma, glomus tumor and other tumors, are presented.

Research Code No.: 504

Key words: Temporal bone, High resolution CT, MR imaging

Received July 5, 2000

Department of Radiology, Miyazaki Medical College

本論文は第59回日本医学放射線学会学術発表会(2000年4月)の一般教育講演において、「側頭骨の画像診断」の演題で発表されたもので、日本医学放射線学会誌編集委員会より執筆依頼した。

別刷り請求先

〒889-1692 宮崎県宮崎郡清武町大字木原 5200

宮崎医科大学放射線医学講座

小玉 隆男

はじめに

高分解能CT(HRCT)の普及に伴って、側頭骨領域においても画像診断の有用性が広く認識されてきている。本稿では、HRCTおよびMRIを中心に、それぞれの検査の特性、最近の動向、代表的疾患(先天奇形および腫瘍・腫瘍類似疾患)の画像所見についてレビューした。

画像診断法

1. CT, 特にHRCT

正常側頭骨の大部分は含気腔と骨構造で構成されており、耳小骨などの微小骨構造の評価が診断上重要なため、HRCTが画像診断の中心を担ってきた。軸位断を基本とし、1mm程度のスライス厚で撮像する。基準線は施設により異なると思われるが、眼球への被曝軽減と耳管の観察を十分に行う目的で、当院では眼窩外耳道線(OM line)から約25°前方に傾けた断面を採用している。鼓室天盖・Prussak腔およびscutum(後述)・耳小骨・顔面神経・三半規管などの評価には冠状断が有用であり、可能な限り冠状断を追加することが好ましい。

Helical CTによって連続性の高い画像が短時間で得られるようになり、小児例での検査やmultiplanar reconstruction(MPR)、耳小骨などの三次元画像表示に応用されてきた^{1),2)}。近年、多検出器列を有するCT(multidetector-row CT: MDCT)が普及し始め、ガントリー回転の高速化(0.5秒/回転)とより薄いスライス厚(0.5mm)も実現されて来ている。これに伴い、スライス方向の分解能がより高い画像を短時間で撮像することが可能となり、isovoxelに近い画像を得ることで、従来よりも良好なMPR像・三次元画像を作成することが可能となってきた(Fig. 1, 2)。

2. MRI

耳小骨などの骨構造を評価するのは困難であるが、組織コントラストに優れ、感音性難聴や腫瘍性病変の診断に重要な役割を果たしている。側頭骨領域のMRIで注意を要するのは、磁化率アーチファクトの影響を受けやすいことである³⁾。静磁場強度、撮像シーケンス、ボクセルサイズ、周

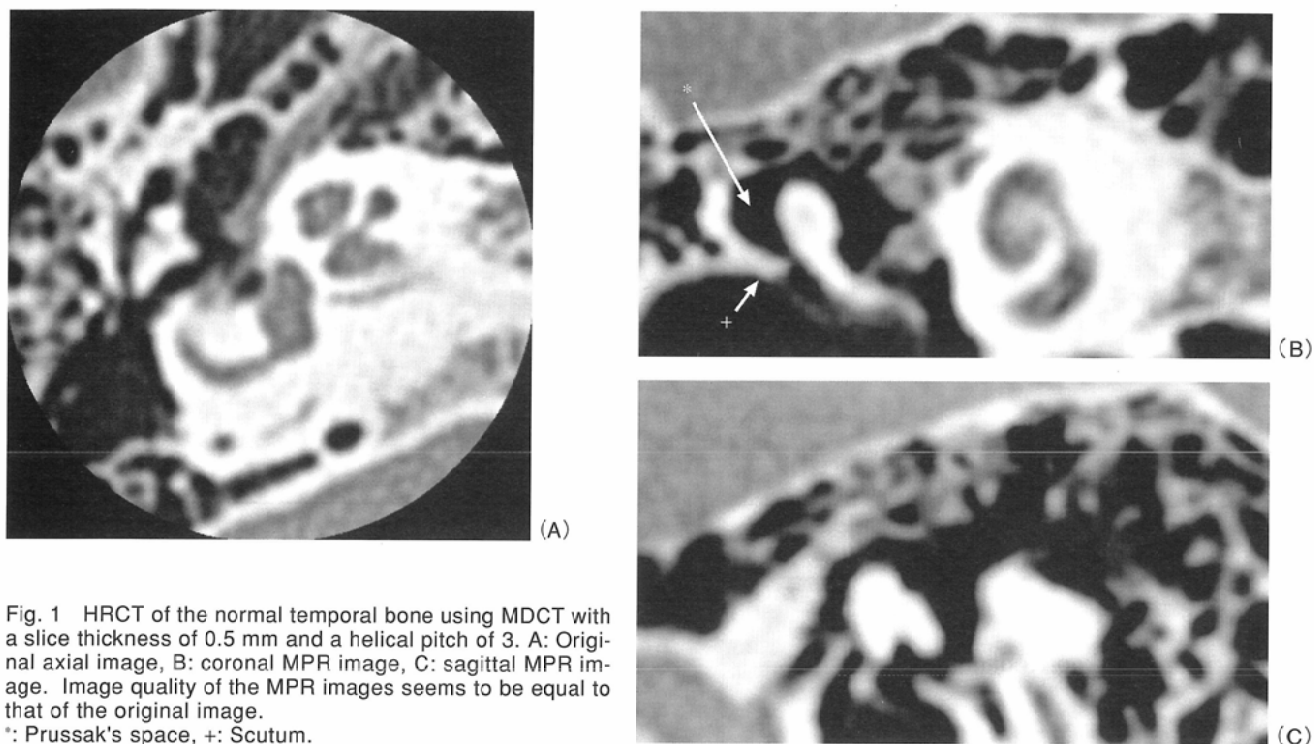


Fig. 1 HRCT of the normal temporal bone using MDCT with a slice thickness of 0.5 mm and a helical pitch of 3. A: Original axial image, B: coronal MPR image, C: sagittal MPR image. Image quality of the MPR images seems to be equal to that of the original image.

*: Prussak's space, +: Scutum.

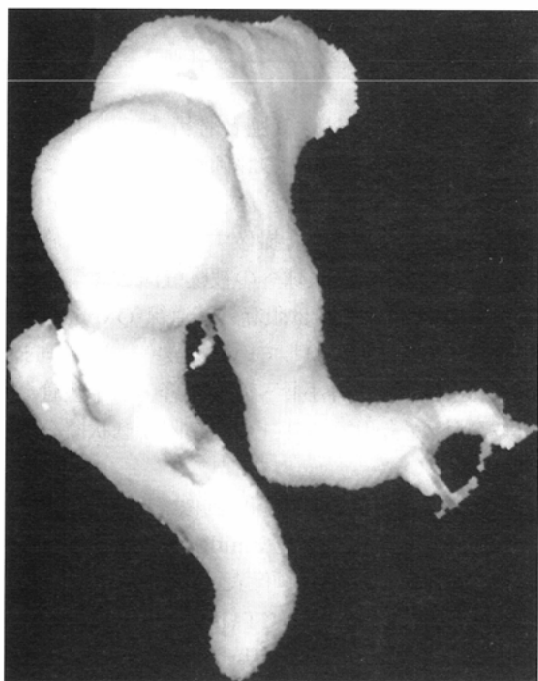


Fig. 2 Three dimensional image of the normal ossicles obtained from MDCT.

波数エンコードのバンド幅に影響されるので、これらを考慮に入れて撮像パラメータを決める必要がある。撮像法は、装置・施設および対象疾患によって異なるが、可能な限り高分解の画像を撮像する必要がある。当院ではスピネコー(SE)もしくは高速スピネコー(FSE)法による造影前のT1およびT2強調軸位断像、造影後のT1強調軸位断および冠状断像を基本としている。T1強調画像として、より空間分解能の高い3D gradient echo(GE)法を使用している施

設も多く、この場合はMPRによって多方向の断面を作成することが可能である。

近年、3D Fourier transformation(3DFT)を用いたCISS(constructive interference in the steady state)、FSE、FASE(fast asymmetric spin echo)法などの高分解能heavily T2強調画像(いわゆるMR hydrography)が普及し、内耳迷路や内耳道内～小脳橋角部の評価にも応用されている^{4)~6)}。内耳迷路は高信号を示し、maximum intensity projection(MIP)やsurface/volume renderingなどの画像処理によって立体的な評価が容易となる(Fig. 3)。蝸牛の前庭階と鼓室階の分離も可能であり、人工内耳の術前検査としても有用である⁶⁾。内耳道内や小脳橋角部では、高信号を示す脳脊髄液を造影剤として脳神経および血管が明瞭に描出され、聴神経腫瘍や神経血管圧迫の診断に有用である⁷⁾。当施設では、half Fourierを併用したFSEである3D-FASE法による高分解能T2強調画像を撮像している。

中耳を主目的とする場合は、感度の高い表面コイルもしくはphased array coilの使用が好ましい。しかし、表面コイルは深部の感度が低く、感音性難聴や眩暈などを主訴とし脳幹部の評価も必要な場合には、頭部用のQDコイル(送受信用)を用いている。

解 剖

正常側頭骨は大部分が含気腔と骨によっての構成されており、その解剖はHRCTを基本として理解しておくといいますが、ここでは割愛させて頂く。なお、Prussak腔とは、鼓膜弛緩部、ツチ骨外側突起、外側ツチ骨靱帯、ツチ骨頸によ

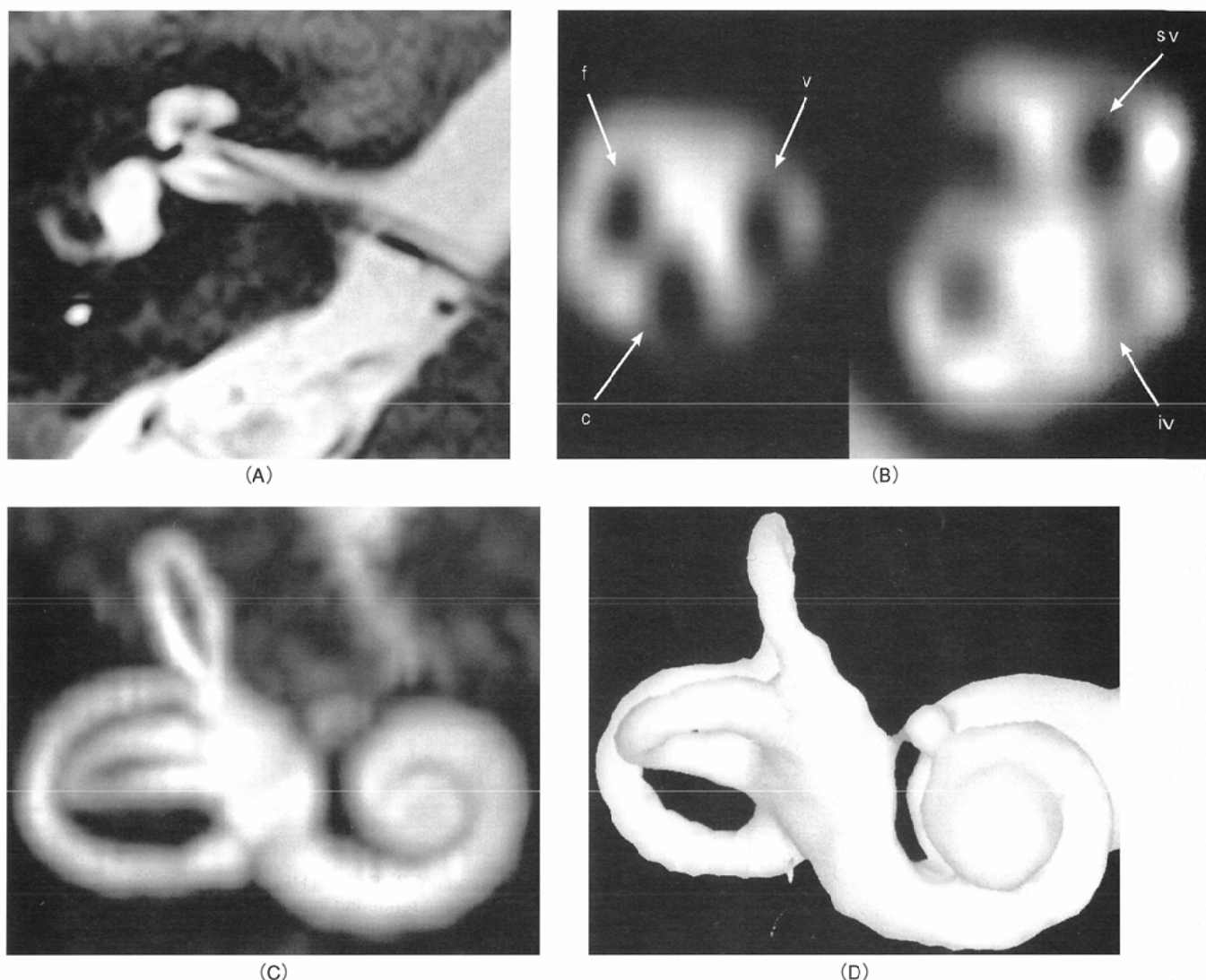


Fig. 3 High-resolution heavily T2-weighted images obtained with a 3D FASE sequence. (A) Original axial image, and (B) MPR images perpendicular to the internal auditory canal (IAC) clearly show the facial and vestibulocochlear nerves. Three and four nerves can be identified in the mid portion (left image of B) and bottom (right image of B) of the IAC, respectively. (C) MIP image and (D) surface rendering image of the labyrinth.
c: cochlear nerve, f: facial nerve, iv: inferior vestibular nerve, sv: superior vestibular nerve, v: vestibular nerve.

って囲まれた領域で、上鼓室型真珠腫の発生部位として重要である。Scutumとは、棘状に突出する外耳道上壁から鼓室壁への移行部を指す(Fig. 1)。

内耳迷路、内耳道内および小脳橋角部の脳神経や血管の解剖に関してはMRIが有用である。小脳橋角部では、顔面神経と聴神経が分離可能であり、内耳口付近で蝸牛神経と前庭神経が明瞭に分離可能となることが多い。さらに、上前庭神経と下前庭神経は内耳道の底部付近で分離可能となる(Fig. 3)。しかし、これらの神経の分離に関しては個人差も多い⁸⁾。

頸静脈孔は、左右差を認めることが多い(右側が大きい場合が多い)。MRIでは、撮像法や血流速度によって静脈がさまざまな信号強度・増強効果を呈しうることも理解しておかなければならない⁹⁾。

先天奇形

先天性の難聴・聾を主訴とすることが多く、言語機能の発達を考慮すれば、早期の診断と治療が望まれる。近年、比較的早い時期に人工内耳手術を行う試みもなされ、画像診断の重要性が再認識されている。

1. 外耳・中耳奇形

外耳および中耳(耳小骨)はともに中胚葉の第1および第2鰓弓より発生するため、両者の奇形はしばしば合併し、外耳奇形の98%に耳小骨奇形を伴うと報告されている¹⁰⁾。小耳症や外耳道閉鎖などの外耳奇形および先天性伝音難聴の患者では、HRCTによる評価が必要である。年長的に冠状断の撮像は困難な場合が多く、helical CTやMDCTを用いたMPR・三次元表示が有用である^{1),2)}(Fig. 4)。

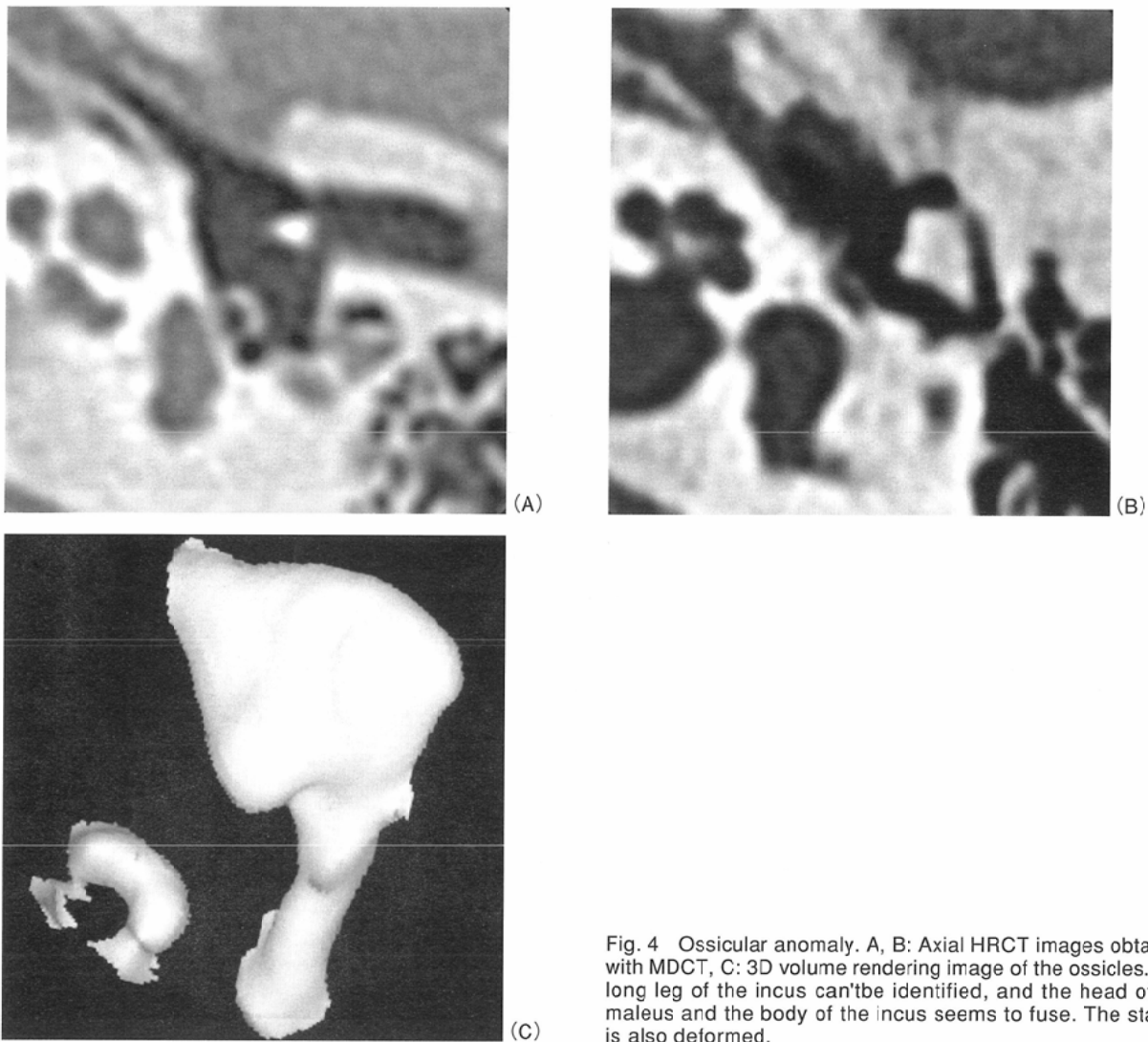


Fig. 4 Ossicular anomaly. A, B: Axial HRCT images obtained with MDCT, C: 3D volume rendering image of the ossicles. The long leg of the incus can't be identified, and the head of the malleus and the body of the incus seems to fuse. The stapes is also deformed.

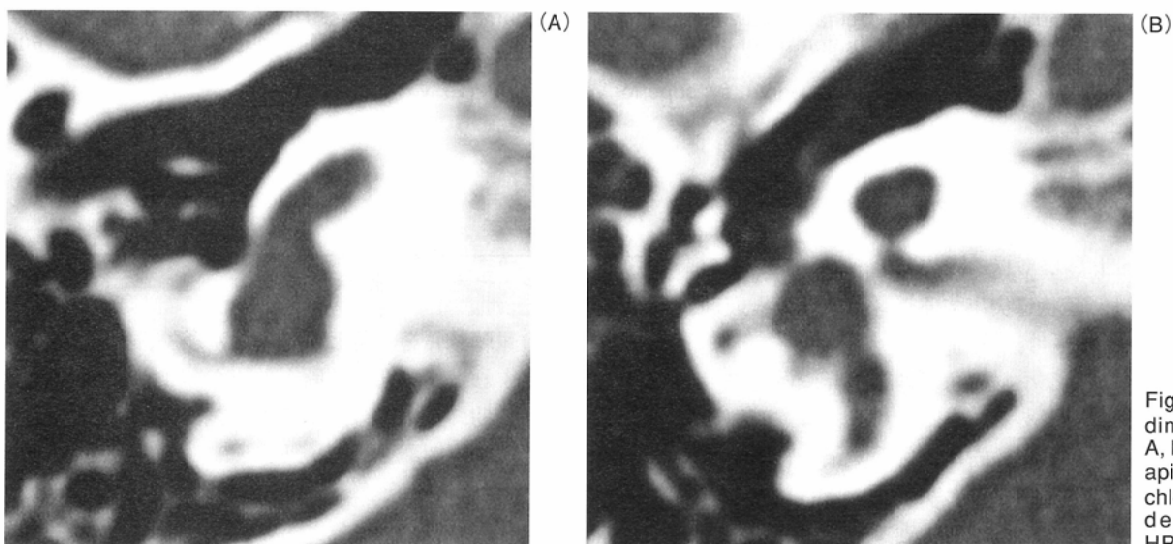


Fig. 5 Severe Mondini's malformation. A, B: The second and apical turn of the cochlea can't be clearly demonstrated on HRCT.

2. 内耳奇形

小児の感音性難聴・聾の評価に際して遭遇することが多いが、髄液耳瘻や繰り返す髄膜炎を主訴とすることもある¹¹⁾。Mondini奇形が有名だが、古典的には蝸牛回転が不十分なものをMondini奇形と呼ぶ¹²⁾。内耳構造全体の無形性(Michel

奇形), common cavity, 蝸牛低形成, Mondini奇形など, 発生のどの段階で障害されたかによって一連のspectrumとして捉えられる¹³⁾(Fig. 5, 6)。内耳奇形で最も頻度が高いのは、拡張した前庭と外側半規管の分離が困難となった状況(lateral semicircular canal-vestibular dysplasia)であり、

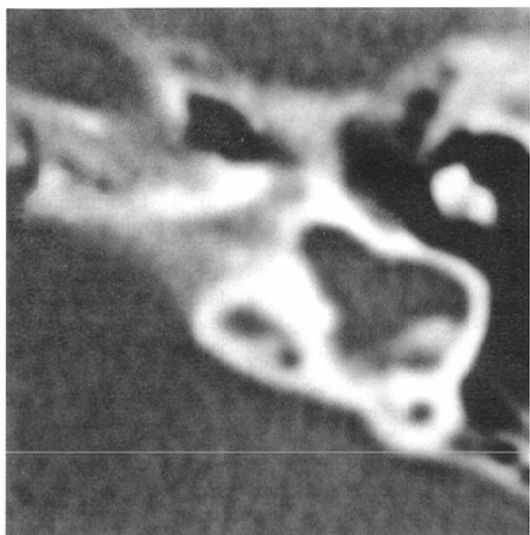


Fig. 6 Cochlear aplasia. Only a dilated vestibule can be detected in the inner ear on HRCT.

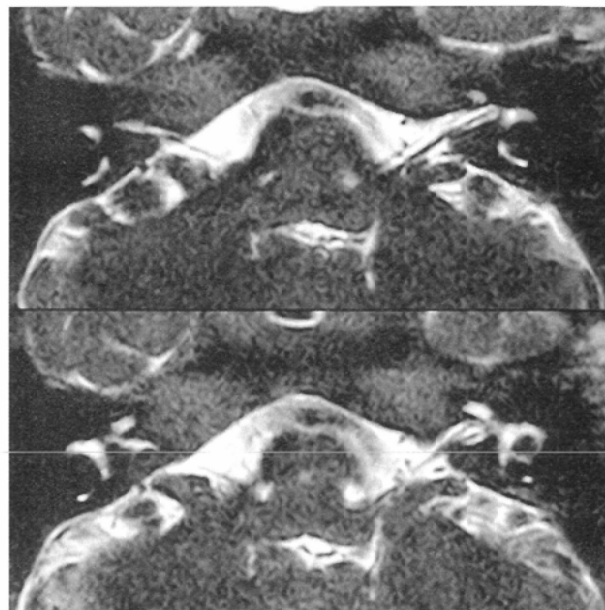


Fig. 7 Stenosis of the right internal auditory canal. The right vestibulocochlear nerve can't be detected on 3D FASE images.

他疾患の検索中に偶然発見されることもある。

内耳奇形の画像診断においては、蝸牛・前庭・三半規管・内耳道・前庭蝸牛神経の状況をそれぞれ評価する必要がある。画像診断の対象になるのは骨迷路の異常であるためHRCTで評価可能であるが、感音性難聴の画像診断としてMRIが第一選択とされ、MRIで最初に検出される場合も稀ではない。また、前庭蝸牛神経の評価にはMRIが必須である¹⁴⁾(Fig. 7)。

3. 前庭水管拡張症(Large vestibular aqueduct syndrome)

前庭水管の内リンパ管・囊(endolymphatic duct/sac)が拡張する病態で、両側性もしくは片側性の感音性難聴を主訴とすることが多い。先天性のことが多いが発症年齢はさまざまで、突発性難聴として発症することもある。

CTでは前庭水管の拡張が認められる。MRIでは、内リンパ管・囊の状況をより直接観察することが可能である。内耳奇形を合併することが多く、蝸牛奇形を76%、前庭奇形を40%に認めたと報告されている¹⁵⁾。蝸牛軸(modiolus)の

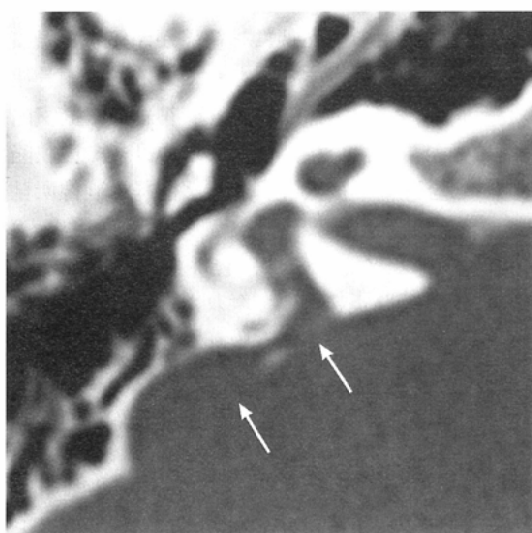
欠損が特徴的である¹⁶⁾(Fig. 8)。

腫瘍および腫瘍類似疾患

代表的な疾患における画像所見の特徴について触れた。

1. 真珠腫(cholesteatoma)

中耳真珠腫は、角化重層扁平上皮の落屑(ケラチン)が蓄積した病態で、組織学的には類上皮腫である。先天性真珠腫と、鼓膜陥凹に伴って発生するとされる後天性真珠腫に分類され、後者が約98%を占める。後天性真珠腫は、発生部位によって上鼓室型(弛緩部)と癒着型(緊張部)に分類される。上鼓室型真珠腫は、鼓膜弛緩部の陥凹に伴って発生すると考えられており、Prussak腔にまず形成される(Fig. 9)。癒着型真珠腫は鼓膜緊張部が鼓室の蝸牛岬角に癒着



(A)



(B)

Fig. 8 Large vestibular aqueduct syndrome. A: HRCT shows a dilated right vestibular aqueduct (arrows). B: MIP image of 3D FASE shows a dilated endolymphatic duct and sac. The modiolus of the cochlea is absent on both images.

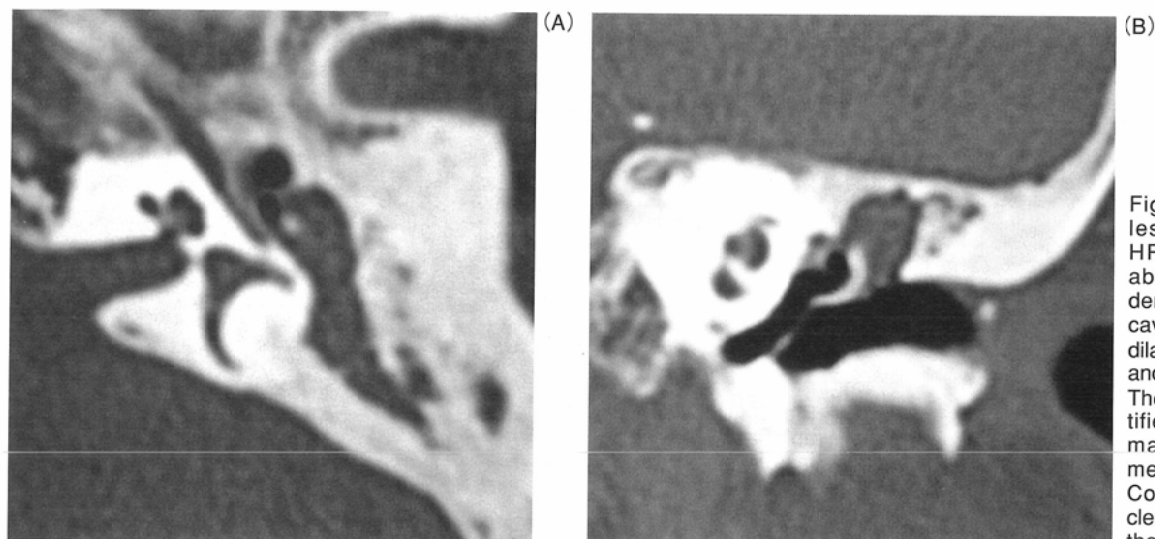


Fig. 9 Left attic cholesteatoma. A: Axial HRCT image shows abnormal soft tissue density in the tympanic cavity, especially in the dilated Prussak's space, and the mastoid antrum. The incus can't be identified. The head of the malleus is small and medially displaced. B: Coronal HRCT image clearly shows erosion of the scutum.



Fig. 10 Left adhesive cholesteatoma. Abnormal soft tissue in the posterior tympanic cavity displace the handle of the malleus laterally. The long leg of the incus is not detected.

Table 1 Complications of middle ear cholesteatoma

Erosion of ossicles
Labyrinthine fistula
Labyrinthitis
Facial nerve palsy
Intracranial complications
meningitis
subdural and epidural abscess
brain abscess
thrombophlebitis of sigmoid sinus

し、後鼓室の顔面神経陥凹近傍にまず形成されることが多い(Fig. 10)。

HRCTでは、鼓室内の軟部組織として認められるが非特異的であり、鼓室壁や耳小骨の変化を捉えることが重要である。上鼓室型ではPrussak腔の拡大やscutumの鈍化が認められ、後方進展すれば乳突口の拡大が認められる。鼓室天盖やsigmoid sinus plateの破壊は、頭蓋内合併症の危険性があり重要である。耳小骨は、上鼓室型では内側に、癒着型では外側に偏位する。耳小骨の脱灰は、上鼓室型ではツチ骨頭部やキヌタ骨体部、癒着型ではキヌタ骨長脚や匙状突起にまず起こることが多い。

MRIは小病変の評価には適さないが、真珠腫と肉芽組織やコレステリン肉芽腫などとの鑑別・分離には有用である。T2強調画像で低信号を示す場合は、真珠腫の可能性が高いとされるが、信号変化自体は非特異的である。内容の主体が落屑した上皮であるため、原則的に内部の増強効果

は認められず、良好な増強効果を示す肉芽組織との鑑別に有用である(Fig. 11)。特に、遺残・再発真珠腫の診断においては骨変化などが鑑別点となりにくいいため、MRIが有用である¹⁷⁾。

先天性真珠腫は、胎生の3～5週に神経溝が閉鎖する際に遺残した異所性上皮より発生するとされている。側頭骨領域では、小脳橋角部、錐体尖、顔面神経膝神経節、鼓室内(特に前上部)に好発する。発生部位および中耳炎や鼓膜陥凹を伴わないことを除いて後天性真珠腫と同様の画像所見を呈する。

真珠腫の画像診断で重要なのは、合併症の診断である(Table 1)。ここでは迷路炎について触れたい。迷路炎はウイルス性のものと真珠腫などに伴う中耳からの炎症波及によるものがある。迷路瘻孔が無い場合、急性期の迷路炎をCTで診断するのは困難である。MRIでは迷路部の異常増強効果として認められるが、迷路神経鞘腫・神経線維腫との鑑別が必要である⁴⁾。慢性化すると迷路の線維化が起こり、石灰沈着を来すと骨化性迷路炎(labyrinthitis ossificans)と

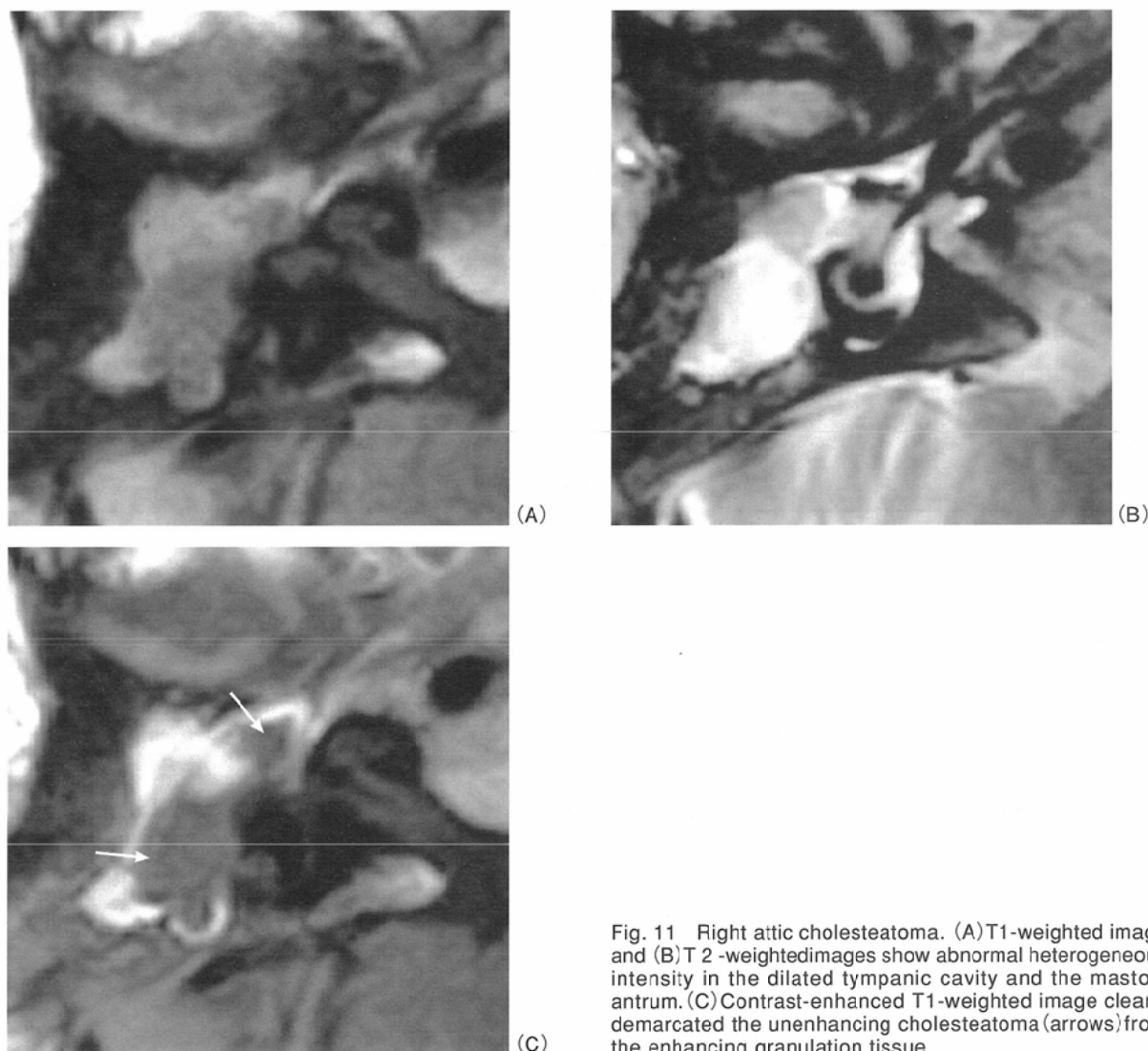


Fig. 11 Right attic cholesteatoma. (A) T1-weighted image and (B) T2-weighted images show abnormal heterogeneous intensity in the dilated tympanic cavity and the mastoid antrum. (C) Contrast-enhanced T1-weighted image clearly demarcated the unenhancing cholesteatoma (arrows) from the enhancing granulation tissue.

呼ばれる。骨化性迷路炎はHRCTによる診断が可能であるが、線維化のみの状況ではMRI(特に、高分解能T2強調画像)による評価が必要である¹⁸⁾(Fig. 12)。蝸牛の石灰化・線維化の有無は、最近普及しつつある人工内耳の手術に際して重要な情報である。

2. コレステリン肉芽腫(Cholesterol granuloma)

コレステリン結晶を中心とした肉芽組織である。含気腔の換気不全に伴う陰圧化によって粘膜浮腫・出血が起こり、形成されたコレステリン結晶に対して異物反応としての肉芽腫が形成されるという説が有力である¹⁹⁾。鼓室内、乳突洞、乳突蜂巣、錐体骨尖端部のいずれの部位にも発生しうる。鼓膜所見では青色を示し、後述するグロムス腫瘍やdehiscent jugular bulb、内頸動脈走行異常などの異常血管との鑑別が問題となる。

CTでは膨隆性の病変として認められる。MRIでは血液成分(主としてメトヘモグロビン)を反映してT1およびT2強調画像で高信号を示し¹⁹⁾、比較的容易に診断できる(Fig. 13)。内部信号は均一な場合が多いが、不均一な信号を呈する場合や経時的に信号変化を来す場合がある。

3. グロムス腫瘍(Glomus tumor)、傍神経節腫瘍(Paraganglioma)

側頭骨領域では、鼓室内(glomus tympanicum tumor)および頸静脈孔(glomus jugulare tumor)に好発する。両者の区別が困難な場合にはglomus jugulotympanic tumorと呼ばれる。舌咽神経のnerve of Jacobson、迷走神経のnerve of Arnold、あるいは頸静脈球の外膜より発生し、glomus tympanicumは蝸牛岬角近傍に認められることが多い。症状は局在と大きさによって異なるが、拍動性耳鳴や難聴を主訴とすることが多い。

Glomus jugulareは周囲の骨破壊を伴う辺縁不整な腫瘍として認められることが多く、glomus tympanicumは鼓室内に限局した腫瘍として認められることが多い。非常に血管の豊富な腫瘍であり、MRIで腫瘍内の異常なflow voidを認めることがある(Fig. 14)。内頸静脈の評価にはMR venographyが有用である²⁰⁾。MRAを併用することによって栄養血管をある程度同定することも可能であるが、循環動態の正確な把握には、血管造影が必要である。

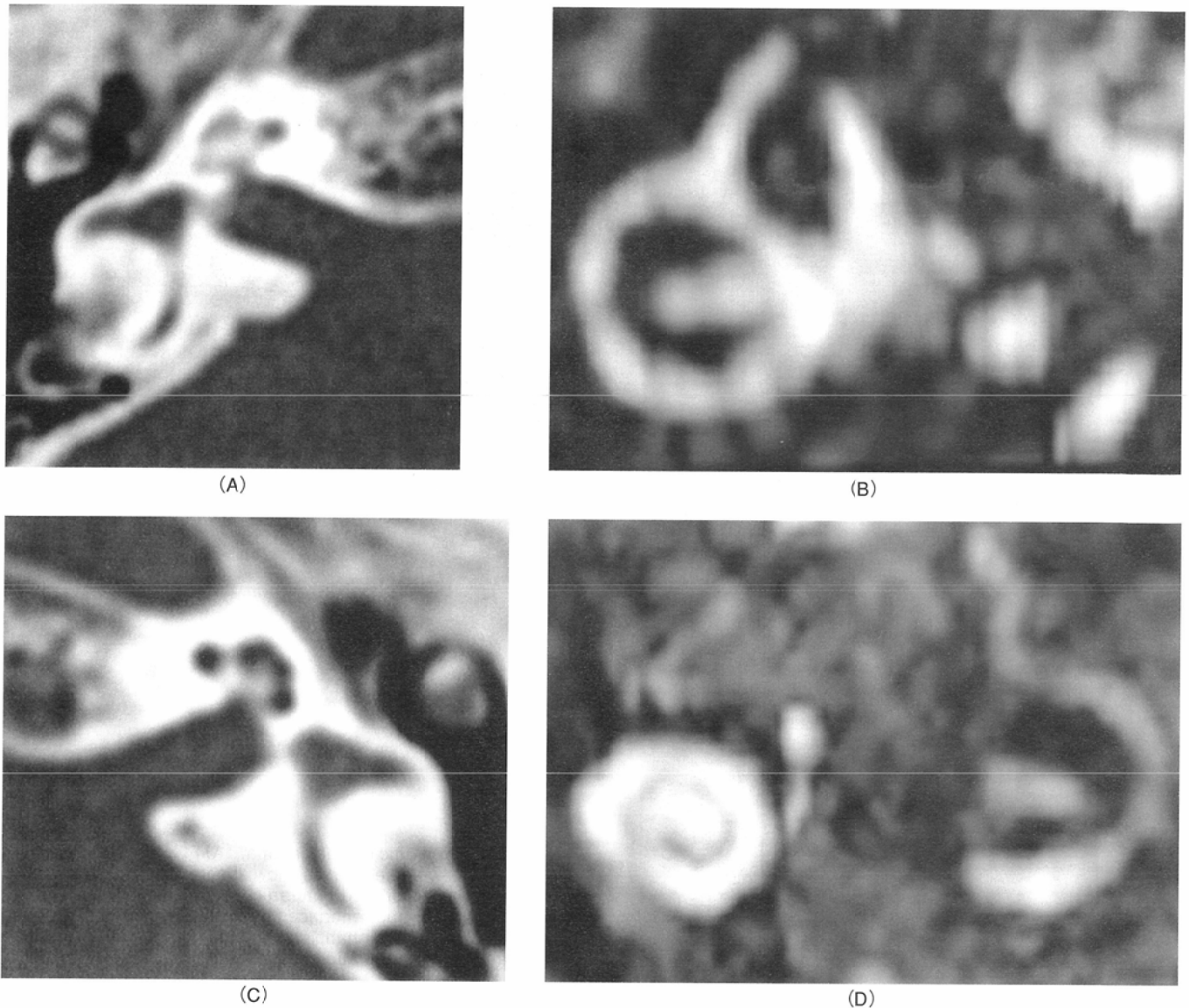


Fig. 12 Bilateral chronic labyrinthitis. A: Attenuation of the right cochlea is slightly increased on HRCT. B: The right cochlea is not detected on a partial MIP image obtained from 3D FASE images. Segmental defect is also observed in the superior semicircular canal. C: The left inner ear seems to be normal on HRCT. D: The basal turn of the cochlea, vestibule and some portion of the semicircular canals are not visualized on a 3D FASE MIP image.

4. 鼓室内異常血管 (Table 2)

鼓膜所見で“vascular mass”を示し、コレステリン肉芽腫やグロムス腫瘍の鑑別として問題となる。内頸動脈の部分的欠損では内頸動脈の近位部が欠損し、側副血行路として外頸動脈枝であるinferior tympanic arteryとhyoid arteryが拡張して鼓室内を走行する。頸動脈管の垂直部が認められず、鼓室内の軟部組織が頸動脈管遠位部に連続しているのが特徴的であるが、その診断にはMRAやCTAが有用である²¹⁾ (Fig. 15)。

5. 聴神経腫瘍 (Acoustic neurinoma, schwannoma)

前庭神経から発生することが圧倒的に多いため、前庭神経鞘腫 (vestibular schwannoma) とも呼ばれるが、蝸牛神経から発生する神経鞘腫 (cochlear schwannoma) も稀ながら報告されている。近年の画像診断法の発達に伴って、内耳道内に限局した小腫瘍が検出可能となり、より非侵襲な手術

の一助となっている。

内耳道内に限局した聴神経腫瘍の診断に関しては造影MRI検査がgolden standardであり、3DFT法を用いた高分解能T1強調画像が特に有用である。3D heavily T2強調画像も高い検出能を示し、造影剤を使用しないという利点があり、周囲の脳神経や血管との関係もより明瞭に評価できる²²⁾ (Fig. 16)。なお、造影MRIや3D heavily T2強調画像で小病変が認められても、必ずしも聴神経腫瘍とは診断できないことを念頭に入れ、炎症性疾患等との鑑別が困難な場合は、経過観察のMRIで評価する必要がある²³⁾。

6. 顔面神経腫瘍 (Facial neurinoma)

顔面神経の走行に沿って、いずれの部位にも発生しうるが、膝神経節近傍の頻度が高い。顔面神経麻痺を認めるのは半数以下で、伝音性あるいは感音性の難聴を主訴とすることも多い。また、併発する中耳炎を契機として発見され

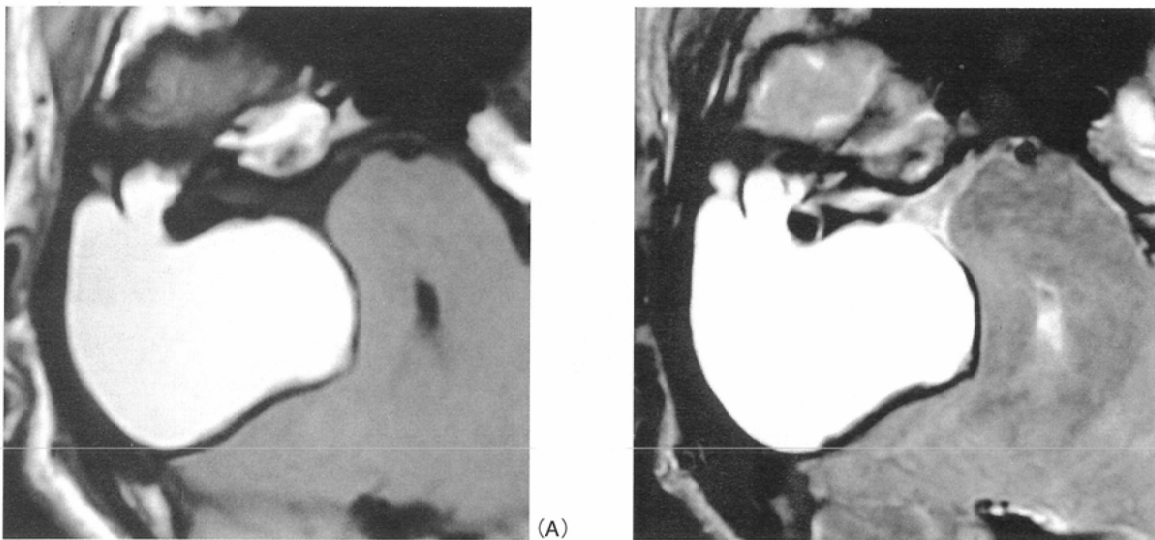


Fig. 13 Large cholesterol granuloma. A mass lesion in the right tympanic cavity, mastoid antrum and posterior fossa displays hyperintensity on T1-weighted (A) and T2-weighted (B) images.

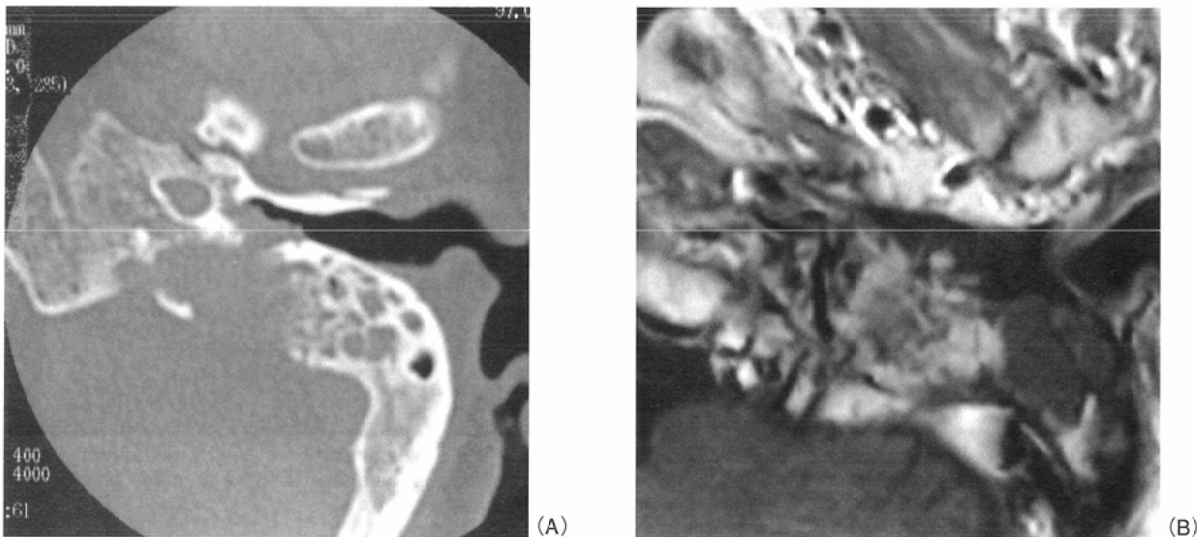


Fig. 14 Left glomus jugulare tumor. A: Destruction of the temporal bone around the jugular foramen is observed on HRCT. B: Post-contrast T1-weighted image shows heterogeneous enhancing mass with signal void suggesting abnormal vasculature.

Table 2 Vascular abnormality in the tympanic cavity

Aberrant internal carotid artery Partial absence of internal carotid artery Internal carotid artery aneurysm Dehiscent jugular bulb
--

ることもある。

HRCTでは顔面神経管の拡大や不明瞭化を伴う軟部組織として認められる。しかし、鼓室部の顔面神経管の壁は正常者でも欠損していることがあり²⁴⁾、中耳炎の合併によって鼓室内の軟部組織を伴うと診断が困難な場合がある。MRIでは、顔面神経の走行に沿った良好な増強効果を示す腫瘍性病変として認められる (Fig. 17)。神経に沿った進展を示すため、ソーセージ状の形態を示すことが多い。信号

強度は非特異的であるが、炎症病巣と比較するとT2強調画像での信号が低い場合が多い。

7. Endolymphatic sac tumor

錐体骨背側の骨破壊を伴う papillary, lowgrade adenocarcinoma。前庭水管部を中心とした病変であり、内リンパ嚢由来と考えられている。片側性の感音難聴を主症状とすることが多く、耳鳴・めまい、顔面神経麻痺を認めることもある。また、von-Hippel Lindau病に合併することが知ら

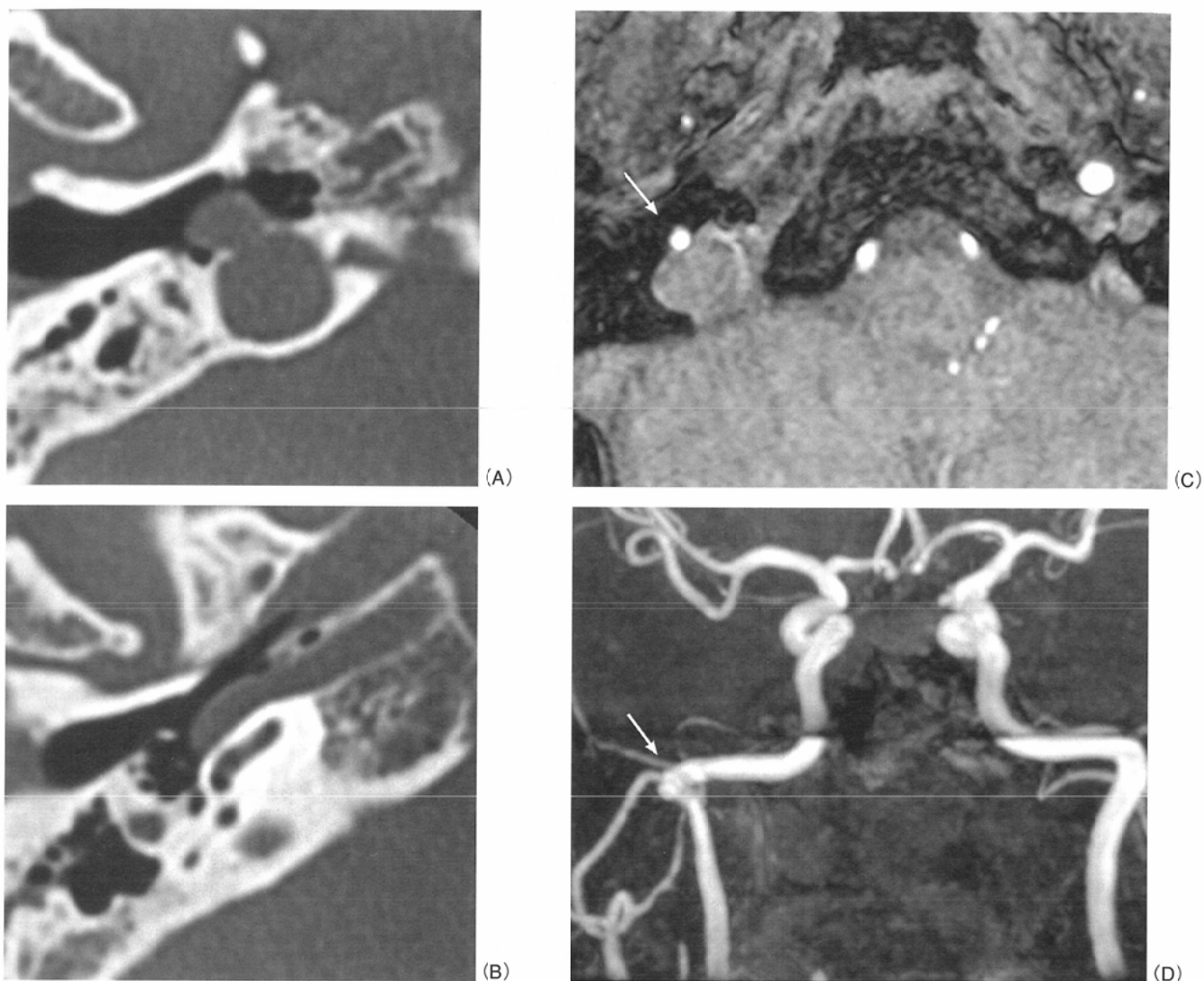


Fig. 15 Partial absence of the right internal carotid artery. A, B: Axial HRCT. The proximal portion of the carotid canal is absent, and abnormal soft tissue in the tympanic cavity connects with the distal portion of the carotid canal. (C) Source image and (D) MIP image of the 3D time-of-flight MRA shows abnormal course of the right internal carotid artery (arrow).



Fig. 16 Left intracanalicular vestibular schwannoma. A very small mass lesion of the vestibular nerve is detected on a 3D FASE image (arrow). The cochlear nerve can be clearly demarcated from the lesion.

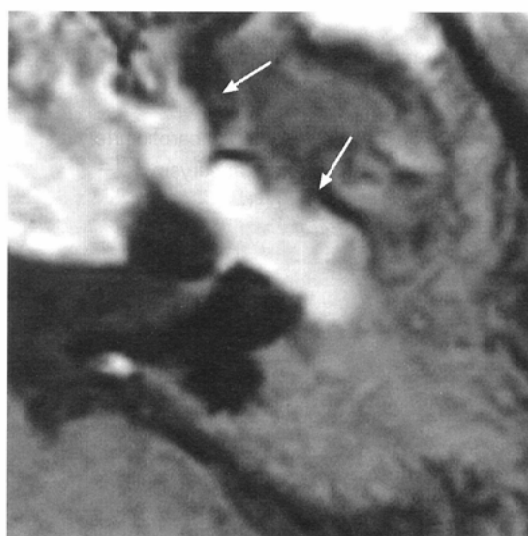


Fig. 17 Left facial schwannoma complicated with otitis media. A "sausage"-like enhancing mass is visualized along the tract of the facial nerve (arrows).

れている。

HRCTでは、前庭水管に相当する部位を中心とした骨破壊が認められるのが特徴的である。石灰化をしばしば伴うが、破壊された骨構造の一部と考えられる。血流豊富な腫瘍であり、血管造影では外頸動脈からの栄養血管と腫瘍濃染が認められる。MRIでは、T1強調画像で出血を示唆する高信号域を認めることが多い。良好な増強効果を示し、内部にflow voidを認めることもある²⁵⁾。

おわりに

MDCTや高分解能MRIの普及に伴い、側頭骨領域においても三次元画像処理やそれを用いたナビゲーションのニーズが高まってくるものと思われる。また、人工内耳の術前検査としてfunctional MRIを用いるとの報告もみられ²⁶⁾、形態診断のみならず機能診断の領域も側頭骨(特に難聴)に応用されてくるものと思われる。

文 献

- 1) Luker GD, Lee BC, Erickson-KK: Spiral CT of the temporal bone in unsedated pediatric patients. *AJNR* 14: 1145-1150, 1993
- 2) Reisser C, Schubert O, Forsting M, Sartor K: Anatomy of the temporal bone: detailed three-dimensional display based on image data from high-resolution helical CT: a preliminary report. *Am J Otol* 17: 473-479, 1996
- 3) Oehler MC, Schmalbroch P, Chakeres D, et al: Magnetic susceptibility artifacts on high-resolution MR of the temporal bone. *AJNR* 16: 1135-1143, 1995
- 4) Casselman JW, Kuhweide R, Ampe W, et al: Pathology of the membranous labyrinth: comparison of T1- and T2-weighted and gadolinium-enhanced spin-echo and 3DFT-CISS imaging. *AJNR* 14: 59-69, 1993
- 5) Naganawa S, Ito T, Fukatsu H, et al: MR imaging of the inner ear: comparison of a three-dimensional fast spin-echo sequence with use of a dedicated quadrature-surface coil with a gadolinium-enhanced spoiled gradient-recalled sequence. *Radiology* 208: 679-685, 1998
- 6) Schmalbroch P, Chakeres DW, Monroe JW, et al: Comparison of three-dimensional visualization techniques for the scala vestibuli and scala tympani of the cochlea by using high-resolution MR imaging. *AJNR* 20: 1197-1206, 1999
- 7) 小玉隆男, 矢野貴徳, 宮本浩仁, 他: 片側顔面痙攣・三叉神経痛の画像診断. *臨床放射線* 44: 1405-1411, 1999
- 8) Kim HS, Kim DI, Dhung IH, et al: Topographical relationships of the facial and vestibulocochlear nerves in the subarachnoid space and internal auditory canal. *AJNR* 19: 1155-1161, 1998
- 9) Caldemeyer KS, Mathews VP, Azzarelli B, et al: The jugular foramen: a review of anatomy, masses, and imaging characteristics. *Radiographics* 17: 1123-1139, 1997
- 10) Mayer TE, Brueckmann H, Siegert R, et al: High-resolution CT of the temporal bone in dysplasia of the auricle and external auditory canal. *AJNR* 18: 53-65, 1997
- 11) Phelps PD, Proops D, Sellars S, et al: Congenital cerebrospinal fluid fistula through the inner ear and meningitis. *J Laryngol otol* 107: 492-495, 1993
- 12) Lo WWM: What is a Mondini and what difference does a name make? (commentary). *ALNR* 20: 1442-1444, 1999
- 13) Urman SM, Talbot JM, et al: Otic capsule dysplasia: clinical and CT findings. *Radiographics* 10: 823-838, 1990
- 14) Casselman JW, Offeciers FE, Govaerts PJ, et al: Aplasia and hypoplasia of the vestibulocochlear nerve: diagnosis with MR imaging. *Radiology* 202: 773-781, 1997
- 15) Davidson HC, Harnsberger HR, Lemmerling MM, et al: MR evaluation of vestibulocochlear anomalies associated with large endolymphatic duct and sac. *AJNR* 20: 1435-1441, 1999
- 16) Lemmerling MM, Mancuso AA, Antonelli PJ, et al: Normal modiolus: CT appearance in patients with a large vestibular aqueduct. *Radiology* 204: 213-219, 1997
- 17) Yang D, Kodama T, Tong X, et al: Usefulness of contrast-enhanced magnetic resonance imaging in the evaluation of recurrent and residual cholesteatoma. *Int J neuroradiol* 4: 190-198, 1998
- 18) Casselman JW: Temporal bone imaging. *Neuroimaging Clin N Am* 6: 265-289, 1996
- 19) Martin N, Sterkers O, Mompont D, et al: Cholesterol granuloma of the middle ear cavities: MR imaging. *Radiology* 172: 521-525, 1989
- 20) Vogl TJ, Juergens M, Balzer-JO, et al: Glomus tumors of the skull base: combined use of MR angiography and spin-echo imaging. *Radiology* 192: 103-110, 1994
- 21) Bold EL, Wanamaker HH, Hughes GB, et al: Magnetic resonance angiography of vascular anomalies of the middle ear. *Laryngoscope* 104: 1404-1411, 1994
- 22) Schmalbrock P, Chakeres DW, Monroe JW, et al: Assessment of internal auditory canal tumors: a comparison of contrast-enhanced T1-weighted and steady-state T2-weighted gradient echo MR imaging. *AJNR* 20: 1207-1213, 1999
- 23) Arriaga MA, Carrier D, Houston GD: False-positive magnetic resonance imaging of small internal auditory canal tumors: a clinical, radiologic, and pathologic correlation study. *Otolaryngol Head Neck Surg* 113: 61-70, 1995
- 24) Dimopoulos PA, Muren C, Smedby O, et al: Anatomical variations of the tympanic and mastoid portion of the facial nerve canal. *Acta Radiol suppl* 403: 49-59, 1996
- 25) Mukherji SK, Albernaz VS, Lo WW, et al: Papillary endolymphatic sac tumors: CT, MR imaging, and angiographic findings in 20 patients. *Radiology* 202: 801-808, 1997
- 26) Hofmann E, Preibisch C, Knaus C, et al: Noninvasive direct stimulation of the cochlear nerve for functional MR imaging of the auditory cortex. *AJNR* 20: 1970-1972, 1999