総説

日耳鼻 124: 849-855, 2021

假谷 伸

**「第121回日本耳鼻咽喉科学会総会手術手技セミナー」
耳科手術解剖の基礎知識—側頭骨病理組織標本—**岡山大学医歯薬学総合研究科
耳鼻咽喉・頭頸部外科

手術を行うためには解剖の理解が非常に重要である。解剖には正常解剖と疾患の病態を反映した病的解剖がある。実際に手術を行う場合には、個々の症例の解剖構造を術前に画像検査等で確認するが、現在の優れた画像検査機器を使用しても、耳科手術に必要な微細なレベルでの画像描出は困難である場合がある。また、手術を安全に、かつ、確実に行うためには、通常の手術操作では術野に出てこない深部にどのような疾患特有の変化があるのかということをイメージしながら手術を行う必要がある。

それぞれの疾患による病的解剖を理解する上で、ヒト側頭骨病理組織標本は非常に有用である。実際に標本を手にとって、自ら顕微鏡で見てみるのが最も望ましい。しかし、ヒト側頭骨病理組織標本の作成と保管には多くの困難を伴うことから、本邦において、ヒト側頭骨病理組織標本を保有する施設は限られている。このため、自らが所属する施設にはヒト側頭骨病理組織標本がないという場合が大部分と思われる。部外者によるヒト側頭骨病理組織標本閲覧を許可している施設もあることから、近隣の保有施設に連絡を取ってみることが推奨される。次善の策としては、鍵になる標本画像を書物やインターネットなどで参照する方法がある。日本耳科学会のホームページでは、いろいろな疾患のヒト側頭骨病理組織標本画像を公開しており、日本耳科学会の会員であれば、自由にダウンロードすることが可能となっている。

本稿では、耳科手術を行う際に知っておいた方がよい組織学的な所見について、比較的頻度の高い疾患のものを中心に概説する。

キーワード：側頭骨病理組織標本，耳科手術，解剖**はじめに**

手術を行う上で解剖の理解が重要であることは、異論を挟む余地はない。手術に必要とされる解剖には、正常解剖と病変により修飾された病的解剖がある。耳鼻咽喉科・頭頸部外科領域の手術の中で、耳科手術は側頭骨という硬組織の中が主な対象領域であることが特色である。また、側頭骨内では重要な血管や神経などが互いに交差するように存在しており、かつ、それぞれが非常に近接した部位に存在していることが、解剖の理解と手術操作を困難にしている要因のひとつである。

耳科手術を安全・確実に行うためには、まずは正常解剖の理解が必要である。そのための教材として、多くの教科書や資料が紙媒体や動画などの形で提供されてお

り、近年はインターネット経由での利用が可能となっているものも多い。しかし、それらの多くは2次元での教材である。実際に手術を行うためには、解剖を立体的に3次元で理解しておく必要がある。2次元の教材を用いて、自らの頭の中に3次元の解剖構造を再構築することは難しいため、近年では3次元での教材を開発する取り組みも行われている¹⁾²⁾³⁾。

手術の対象となる患者は何らかの病変があるわけだが、例えば内耳の手術では、その病変が手術用顕微鏡や内視鏡を使っても明視できないことも多い。また、外耳・中耳の手術では、肉芽などの病変が邪魔をしてその深部が見えず、術者の手が止まってしまうこともある。安全に手術の目的を達成するためには、明視できない部

図1 正常なヒト側頭骨病理組織標本（右耳，水平断）
CT画像等と比較しやすくするため，上下逆に保持している。慣れてくれば，粗大な異常は肉眼で指摘することも可能である。（福岡大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

分がどのような解剖学的構造になっているかを疾患の病態をふまえて理解しておく必要がある。

本稿では，まず，ヒト側頭骨病理組織標本について概説する。そして，中耳・内耳手術を安全に，かつ，確実に行う上で鍵となる病理所見について，いくつかの代表的疾患を対象にヒト側頭骨病理組織標本を用いて解説する。

ヒト側頭骨病理組織標本の作成

ヒト側頭骨病理組織標本作成のための側頭骨採取は，側頭骨提供者の死後，開頭した上で脳を除去し，頭蓋内から側頭骨を切り出す方法が一般的である。切り出す方法は複数あり，目的とする部位によって使い分ける必要がある。詳しくは成書を参照されたい⁴⁾。切り出した側頭骨は固定・脱灰後に薄切切片とし，スライドグラスにのせて染色する。薄切切片の切り方や染色方法は各施設によるが，世界的には他施設との比較や汎用性を考慮し，水平断切片でヘマトキシリン・エオジン染色を施行している場合が多い（図1）。多くの施設では連続切片を作成するが，すべての切片をヘマトキシリン・エオジン染色するわけではなく，未染色の切片を用いてそのほかの染色方法を併用している場合もある。

ヒト側頭骨病理組織標本の重要性

一般に，疾患の病態を理解する上で，病理組織の検討は非常に重要である。また，疾患には動物種による違いが存在するため，モデル動物で得られた病理所見が必ずしもヒトの所見と一致するとは限らない。すなわち，真の疾患理解のためにはヒトでの病理所見を検討する必要がある。

本邦においては，死後の病理解剖があまり積極的に行

われていないこと，また，病理解剖を行う場合でも，開頭までは行わないケースが多いことなどから，ヒト側頭骨病理組織標本の作成には困難が伴う。同様のことは本邦に限らず世界的にも見られ，また，近年，倫理的な指針が厳しくなってきたこともあり，新規のヒト側頭骨病理組織標本を作成・保管することが難しくなっている。このため，ヒト側頭骨病理組織標本を保有する施設は限られており，また，統計学的な検討が可能になるほどの多くの標本を保有しているのはさらに限られた数の施設である。

ヒト側頭骨病理組織標本は病態や解剖の理解のために有用であるにもかかわらず，前述の理由などにより，一般の耳鼻咽喉科医が気軽に手にとって教材として用いることが難しい現状がある。この問題を少しでも解消するため，日本耳科学会では，ヒト側頭骨病理組織標本を保有する国内施設のうち，3施設（福岡大学，山梨大学，福島県立医科大学）の側頭骨病理組織標本の画像データベースを研究・教育目的にホームページで公開しており，日本耳科学会の会員は自由にダウンロードして利用することが可能である⁵⁾。

ヒト側頭骨病理組織標本の限界

病理学的所見は病状によって変化する。多くの耳疾患は致死的ではないため，側頭骨病理組織標本の提供者は，耳疾患以外の疾患や不慮の事故などで死亡した症例が大部分である。このため，死亡原因となった疾患や事故そのもの，また，既往歴や併存症に対する治療などにより，側頭骨病理所見が修飾されている可能性がある。また，死亡直前に聴力検査や平衡機能検査などの耳科学的検査が行われているケースはまれであり，生前の耳科学的臨床検査所見と側頭骨病理所見の間に乖離がある可能性を常に考慮しておく必要がある。

また，スライドグラスにのったヒト側頭骨病理組織標本は2次元の情報しか提供できない。近年は，画像処理ソフトウェアなどを用いた3次元の立体病理画像作成も試みられている⁶⁾。

外耳手術

外耳道は，その枠組みが骨であるか軟骨であるかによって2つの亜部位に分けられる。組織学的には，骨部外耳道と軟骨部外耳道には，皮膚の構造が異なるというもう一つの重要な差異がある。具体的には軟骨部外耳道の皮膚には，汗腺や脂腺などの皮膚付属器を含む皮下組織があるのに対して，骨部外耳道では皮膚付属器が欠如しており，皮下組織が薄い。このため，骨部外耳道の皮膚は軟骨部外耳道の皮膚に比べて薄く，手術操作により損

図2 慢性穿孔性中耳炎症例の鼓膜穿孔部（右耳，水平断）
外耳道側の重層扁平上皮と鼓室側の中耳粘膜の境界は鼓膜穿孔辺縁部にある。（*：中耳腔，矢印：鼓膜穿孔辺縁）（福岡大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

図3 慢性穿孔性中耳炎症例の鼓膜穿孔部（右耳，水平断）
外耳道側の重層扁平上皮が鼓膜穿孔辺縁を超えて中耳側に侵入している（矢頭）。*：中耳腔，矢印：鼓膜穿孔辺縁（福岡大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

傷されやすい。鼓室形成術などで，外耳道皮膚を骨から剥離する操作が要求される場合は多いが，その際に外耳道皮膚を損傷してしまうと，手術終了時に外耳道内に余計な非上皮化部が形成され，術後の外耳道内の乾燥遅延につながる。

中耳手術

正常鼓膜は3層構造をしており，外側は外耳道皮膚の続きである重層扁平上皮，中間層は線維性組織，内側は単層扁平上皮である鼓室粘膜である。鼓膜の強さと張りを担っているのは主に中間層である。鼓膜弛緩部には中間層がないため，鼓室が陰圧になることによって形成される後天性真珠腫では，弛緩部が陥凹することが多い。

鼓膜穿孔に対して穿孔閉鎖術を行う場合，通常は鼓膜穿孔の辺縁を脱上皮する。穿孔辺縁を切除して穿孔をひとまわり大きくする場合と，薬物で腐食させる場合とがある。鼓膜穿孔がある場合，外耳道側の重層扁平上皮が穿孔辺縁を回り込んで鼓室側まで伸びている場合があり，注意を要する。図2と図3はともに慢性中耳炎症例の鼓膜穿孔部分を示している。図2の症例では，外耳道側の重層扁平上皮が穿孔辺縁で鼓室側の粘膜に移行している。それに対して，図3の症例では，外耳道側の重層扁平上皮が穿孔辺縁を乗り越えて鼓室内に侵入している。図3のような症例では，鼓膜の新鮮化を行ったのちも鼓室側に重層扁平上皮が残る可能性があり，鼓膜穿孔閉鎖術の不成功につながるだけでなく，上皮の閉じ込

図4 正常なヒト側頭骨病理組織標本（左耳，水平断）
アブミ骨後脚（矢頭）の後頭側で顔面神経管の骨欠損（矢印）を認める。*：顔面神経（福岡大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

めによる医原性中耳真珠腫が形成される場合がある。Oktayらは，鼓膜穿孔症例の約40%で外耳道上皮の鼓室内侵入を認め，穿孔縁から重層扁平上皮・粘膜移行部までの距離は平均1mmであったと報告している⁷⁾。

側頭骨内の顔面神経は錐体部，水平部，垂直部の3つの亜部位に分けられる。中耳手術を行う場合，顔面神経の近傍を操作しなければならない頻度が高いのは水平部である。通常，顔面神経水平部は骨で覆われているが，

図5 真珠腫性中耳炎症例（左耳，水平断）
顔面神経水平部の骨破壊を認め，顔面神経（*）に直接真珠腫上皮（矢印）が癒着している。（福岡大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

図7 耳硬化症症例（右耳，水平断）
高度の耳硬化症を認める．蝸牛周囲の骨はほぼすべて変性しており，蝸牛の形態が崩れている．障害は蝸牛内にも及んでおり，ラセン靱帯や血管条，コルチ器の変性を認めるとともにライスネル膜の膨隆（内リンパ水腫）（矢印）を認める．（米国ミネソタ大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

図6 耳硬化症症例（右耳，水平断）
アブミ骨底板（矢印）と蝸牛との間に耳硬化症による骨変性（*）を認める．C：蝸牛，ME：中耳腔（福岡大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

顔面神経を覆う骨は生理的に一部欠損していることが珍しくない（図4）。この生理的な骨欠損は卵円窓周囲に多い。Nomiyaらは，中耳に病変を有しない正常症例の66%で卵円窓周囲の顔面神経管に骨欠損を認めたと報告している⁸⁾。

真珠腫性中耳炎などでは，骨が破壊され，顔面神経がむき出しになっている所見が術中に確認される場合も多い（図5）。その一方で，真珠腫性中耳炎に比して骨破壊傾向が少ない慢性化膿性中耳炎では，顔面神経の露出

が術中に確認されるケースは少ないと思われる。しかし，組織学的には，慢性化膿性中耳炎症例でも顔面神経管の骨欠損が多く認められる⁹⁾。露出した顔面神経の範囲が小さかったり，また，顔面神経が炎症性肉芽や肥厚した粘膜などで覆われていたりすることにより，露出した顔面神経に術者が気がついていないだけである可能性が示唆される。術後の顔面神経麻痺という不幸な合併症を避けるためには，顔面神経周囲の手術操作に際し，顔面神経は骨に覆われているはずという思い込みは捨て，手術器具の選択も含めて細心の注意を払うことが重要である。

耳硬化症では，骨が変性しアブミ骨底板が固着することにより，伝音難聴を来す。耳硬化症の骨変性は卵円窓の前方に初発することが多い（図6）。耳硬化症が進行すると，内耳にも障害がおよび，混合性難聴を経て高度感音難聴にいたる症例や，内リンパ水腫を来す症例が存在する（図7）。耳硬化症には明確な人種差があり，白人と比較して有色人種は罹患率が低いとともに重症度も軽い。このため，本邦では内耳障害を合併するほどの進行した耳硬化症の症例は少ない（図8）。

アブミ骨手術では，アブミ骨を全摘出する術式と，アブミ骨底板に穴を開ける術式があるが，いずれにしても，手術合併症として術後に感音難聴等の内耳障害を来す確率がわずかながらある。その原因のひとつとして，

図8 耳硬化症が進行し、高度感音難聴となった症例のCT画像（日本人，左耳，水平断）
重度の耳硬化症があり，蝸牛周囲の骨が変性している．変性した部分はCTでは蝸牛を取り囲むリング状の脱灰像（骨吸収像）（矢印）として描出されている．

図10 アブミ骨動脈遺残症例（左耳，水平断）
アブミ骨前脚に接して遺残したアブミ骨動脈を認める（矢頭）．矢印：アブミ骨底板，C：蝸牛，ME：中耳腔，IAC：内耳道（米国ミネソタ大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

図9 耳硬化症症例（右耳，水平断）
アブミ骨底板から球形囊・卵形囊までの距離は，前脚に近い部分（黒実線矢印）より後脚に近い部分（黒破線矢印）の方が長い．白矢印：耳硬化症による骨変性，矢頭：キヌタ骨長脚（福岡大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

手術操作による球形囊・卵形囊の損傷が考えられている．内耳の状態が正常である場合，卵円窓を顔面側と後頭側に分けると，アブミ骨底板から膜迷路までの距離が近いのは顔面側である（図9）．このため，アブミ骨底板に穴を開ける場合は，十分に顔面神経窩を開放し，アブミ骨後脚により近い部分で開窓したほうが膜迷路損傷

の可能性が低くなる．また，内リンパ水腫はメニエール病に特徴的な病理所見であるが，メニエール病以外でも見られることがある．内リンパ水腫を合併した耳硬化症症例では，球形囊・卵形囊とアブミ骨底板が通常より近接しており，アブミ骨手術を行う際の術後の内耳障害発生リスクが高くなる可能性がある．

アブミ骨動脈は，通常は胎生10週頃に退縮するとされているが，まれに出生後も遺残している場合がある（図10）．中耳では，岬角上を走行したのちにアブミ骨を經由して匙状突起の後方から顔面神経管内に流入する^{10）}．微細な血管ではあるが，動脈であるため，術中に損傷すると少なからず出血が見られ，中耳手術を行う上で支障となる．

アブミ骨動脈がアブミ骨を貫通していると，アブミ骨の可動性低下や耳小骨の連鎖離断による伝音難聴を来し，術前には鼓室硬化症や耳硬化症などと鑑別が困難な場合がある．極端に太いアブミ骨動脈でない限り，術前に画像検査等でアブミ骨動脈を指摘することは現時点では不可能である．アブミ骨動脈からの出血は，特にアブミ骨手術では大きな支障となり，アブミ骨手術後の内耳障害の誘因になり得る．アブミ骨周囲に索状物が確認された場合は注意が必要である．

内耳手術

内リンパ水腫はメニエール病で認められる重要な病理学的所見である．メニエール病に対する外科的治療法は

図11 人工内耳症例（左耳，水平断）

鼓室階の外側部に人工内耳電極が入っていた内腔（*）を認める。電極を抜去してから標本作成するため、標本内に電極はない。電極は巨細胞などの異物反応細胞を含む線維性組織で覆われ、電極が入っていたスペースは、トンネル状になっている。（米国ミネソタ大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

図12 人工内耳症例（左耳，水平断）

鼓室階の外側部に人工内耳電極が入っていた内腔（*）を認める。電極が入っていた部分以外の鼓室階は線維性組織と新生骨（B）で埋め尽くされている。内リンパ水腫により、ライスネル膜の膨隆を認め、蝸牛管（C）の内腔は拡大している。（米国ミネソタ大学耳鼻咽喉科所蔵標本，ヘマトキシリン・エオジン染色）

複数あり、内リンパ嚢開放術はそのうちのひとつである。術前の画像検査で内リンパ嚢の位置と大きさを正確に把握することは困難である。メニエール病症例では、正常例と比較して、内リンパ嚢が小さいと報告されており、内リンパ嚢開放術を行う際には髄液の漏出を来さないよう内リンパ嚢壁を切開する際に注意が必要である¹¹⁾。

人工内耳手術においては、蝸牛内の損傷をできるだけ回避するため、電極は蝸牛の鼓室階に挿入することが推奨されている。正円窓膜は鼓室階につながっているため、確実に鼓室階に電極を挿入するためには正円窓膜経由での電極挿入が望ましい。また、蝸牛に挿入した人工内耳電極が刺激する対象は蝸牛軸に位置しているラセン神経節細胞であるため、蝸牛軸に近接するタイプの電極は蝸牛の外周側に入るタイプの電極に比べて、短い電極長で同等の範囲のラセン神経節細胞をカバーすることが可能である。

人工内耳の電極材料としては生体親和性の良いものがあるが、ある程度の異物反応は避けることができない（図11）。電極が挿入されている部分の蝸牛内は、異物反応などによる組織学的な変化が発見される¹²⁾。蝸牛内に挿入された電極は線維性組織で覆われ、周囲組織の変性を認める。また、異物反応の一環として、蝸牛内に新生骨が形成される場合もある（図12）。

近年、人工内耳医療の発展とともに、人工内耳の長期ユーザーが増加している。人工内耳は、機械である以

上、破損や故障のリスクをゼロにすることは不可能で、長期ユーザーの増加に伴い、人工内耳入れ替え手術の頻度も増してきている。人工内耳入れ替え手術を行う際、古い電極を蝸牛から抜去すると、電極が入っていた穴の内腔が視認できる場合が多い。古い電極周囲の線維組織によって形成されたこの穴の内腔の中に新しい電極を挿入する方法が一般的である。このため、新しい電極は、線維組織のトンネルに沿って入っていくようなしなやかで、かつ、古い電極より電極径が同等か、より細い電極を使うことが望ましい。特に蝸牛内に新生骨が形成されている場合は、太い電極や蝸牛内の別ルートを通る電極は挿入困難である可能性があり注意が必要である。

おわりに

耳科手術を行うに際して、多くの場合、術前にCTなどの画像検査を行う。個々の症例の解剖については、それらの画像検査で把握して手術に臨む必要がある。近年の画像検査装置の性能は向上しているが、細胞レベルでの画像描出は困難である。実際の耳科手術を安全・確実に行うためには、側頭骨病理組織標本で得られた知識を参考に、一般の画像検査装置では分からない微細な解剖がどのようになっているかもイメージしながら手術を行うことが重要である。

文 献

- 1) 鈴木 衛, 小川恭生, 河口幸江, 他: 側頭骨立体モデルによる耳科手術指導. 頭頸部外科 2013; 23: 15-20.
 - 2) 平賀良彦: 側頭骨 3D レイヤー解剖および側頭骨 CT・MRI に関するアプリ教材. Otol Jpn 2020; 30: 67-73.
 - 3) 假谷 伸, 小野田友男, 岡野光博, 他: 3D 画像技術を用いた側頭骨臨床解剖トレーニングシステム構築の試み. 頭頸部外科 2014; 24: 39-43.
 - 4) Merchant SN: Methods of removal, preparation and study. Schuknect's Pathology of the Ear. 3rd ed. Merchant SN, Nadol JB Jr (eds). People's Medical Publishing House (Pmph)-USA Ltd; 2010: pp 3-51.
 - 5) 日本耳科学会: 側頭骨組織病理標本データベース. https://www.otology.gr.jp/member/specimen/info_data_base.php 参照 (2021-01-24).
 - 6) Monsanto RD, Pauna HF, Kwon G, et al: A three-dimensional analysis of the endolymph drainage system in Meniere disease. Laryngoscope 2017; 127: E170-E175.
 - 7) Oktay MF, Cureoglu S, Schachern PA, et al: Tympanic membrane changes in central tympanic membrane perforations. Am J Otolaryngol 2005; 26: 393-397.
 - 8) Nomiya S, Cureoglu S, Kariya S, et al: Histopathological incidence of facial canal dehiscence in otosclerosis. Eur Arch Otorhinolaryngol 2011; 268: 1267-1271.
 - 9) Nomiya S, Kariya S, Nomiya R, et al: Facial nerve canal dehiscence in chronic otitis media without cholesteatoma. Eur Arch Otorhinolaryngol 2014; 271: 455-458.
 - 10) Goderie TPM, Alkhateeb WHF, Smit CF, et al: Surgical management of a persistent stapedia artery: a review. Otol Neurotol 2017; 38: 788-791.
 - 11) Brinson GM, Chen DA, Arriaga MA: Endolymphatic mastoid shunt versus endolymphatic sac decompression for Meniere's disease. Otolaryngol Head Neck Surg 2007; 136: 415-421.
 - 12) Ishiyama A, Ishiyama G, Lopez IA, et al: Temporal bone histopathology of first-generation cochlear implant electrode translocation. Otol Neurotol 2019; 40: e581-e591.
-
- 本稿の作成にあたり, 多大なるご支援をいただいた福岡大学耳鼻咽喉科 森園哲夫先生, 坂田俊文先生, 福岡歯科大学耳鼻咽喉科 山野貴史先生, および米国ミネソタ大学耳鼻咽喉科 Sebahattin Cureoglu 先生に深甚なる感謝の意を表します.
-
- 本稿の一部は第121回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会の手術手技セミナーで発表した.
-
- 連絡先 〒700-8558 岡山市北区鹿田町 2-5-1
岡山大学医歯薬学総合研究科耳鼻咽喉・頭頸部外科
假谷 伸