

総 説

菊地 正弘

京都大学大学院医学研究科
耳鼻咽喉科・頭頸部外科

日耳鼻 125: 1078-1086, 2022

**「第122回日本耳鼻咽喉科学会総会シンポジウム」
前頭蓋底悪性腫瘍に対する
内視鏡下経鼻前頭蓋底手術**

前頭蓋底から鼻副鼻腔に進展する悪性腫瘍に対する標準的術式は、長らく前頭開頭と Weber Ferguson アプローチを組み合わせた craniofacial surgery であったが、2000年代に入って下垂体腫瘍をはじめとした良性前頭蓋底手術に内視鏡が使用されるようになり、その適応は病理組織型の範疇を超え、前頭蓋底悪性腫瘍にまで広がっていった。内視鏡下経鼻前頭蓋底悪性腫瘍手術は、嗅神経芽細胞腫に対して広く行われており、近年の報告では、低侵襲かつ機能的な上に外切開手術と同等以上の治療成績が得られている。内視鏡下経鼻前頭蓋底手術では、術野を拡大し明瞭な術野を得ることが可能であるため、外切開手術に比べてマージンスタディが行いやすい利点がある。内視鏡単独手術による摘出が不可能な局所進行前頭蓋底悪性腫瘍に対しても、内視鏡手術を外切開手術に併用することで手術の根治性が高まることが期待されている。高解像度の内視鏡の出現、高回転ドリリングシステム、止血デバイス、術中ナビゲーションシステムなどの手術支援システムのさらなる発展により、前頭蓋底悪性腫瘍に対する内視鏡下経鼻手術は、より安全性の高い手術として、今後さらに普及していくと思われる。本稿では、内視鏡下経鼻前頭蓋底手術の適応と基本手技について紹介する。

キーワード：前頭蓋底悪性腫瘍，内視鏡下経鼻前頭蓋底手術，併用手術**はじめに**

Ketcham らが1960年代に確立した前頭開頭と Weber Ferguson アプローチを組み合わせた craniofacial surgery¹⁾ は、その後長らく前頭蓋底から鼻副鼻腔に進展する悪性腫瘍に対する標準的術式であった²⁾。

2000年代に入って前頭蓋底手術に内視鏡が使用されるようになり、その適応は病理組織型の範疇を超え、鼻副鼻腔悪性腫瘍の前頭蓋底進展例といった advanced stage 例にまで適応が広がっていった³⁾⁴⁾。

本邦においても、経鼻内視鏡を用いた下垂体腫瘍摘出術の普及に伴い、ようやく嗅神経芽細胞腫をはじめとした前頭蓋底悪性腫瘍に対する内視鏡下経鼻手術が広く行われるようになってきた^{5)~9)}。

鼻副鼻腔悪性腫瘍に対する内視鏡下経鼻手術は、craniofacial surgery に代表される外切開手術に比べ審美面に優れるだけでなく、手術時間や出血量の点で低侵襲であり¹⁰⁾、術後合併症率が低く¹¹⁾、機能温存が図れ⁹⁾¹²⁾、入院期間が短い^{10)11)13)~16)} という利点がある。術後合併症率

が低く早期の退院が図れるため、術後放射線治療が早期に開始可能で、腫瘍制御の面でも利点がある¹⁰⁾。さらに、内視鏡手術の総生存率をはじめとした治療成績は、外切開手術の成績と比較し遜色ない、むしろ病理組織型によっては良好な結果が得られており¹¹⁾¹⁷⁾¹⁸⁾、今後より発展していく術式と思われる。

本稿では、内視鏡下経鼻前頭蓋底手術に焦点をあて、内視鏡下経鼻手術単独で行う前頭蓋底悪性腫瘍手術（内視鏡単独手術）の適応とその基本手技、そして、外切開手術に内視鏡下経鼻手術を併用する前頭蓋底悪性腫瘍手術（併用手術）につき述べる。

前頭蓋底悪性腫瘍に対する内視鏡下経鼻前頭蓋底手術

前頭蓋底悪性腫瘍に対する内視鏡手術は、内視鏡単独手術と併用手術の二つに分けられる。

前頭蓋底悪性腫瘍は、低悪性度の嗅神経芽細胞腫と、扁平上皮癌・腺癌・粘膜メラノーマをはじめとする鼻副鼻腔悪性腫瘍¹⁹⁾ の前頭蓋底進展の二つに大きく分けられ

る。前者では発生母地が嗅神経であることから、病変の主体は篩板を中心とする前頭蓋底であり、大きな頭蓋内進展がない場合は内視鏡単独手術で対応可能なことが多い。一方後者では、発生母地が前頭蓋底であることは少なく、病変の主体は前頭蓋底以外の鼻腔や副鼻腔にあることが多いため、手術は鼻副鼻腔悪性腫瘍摘出に前頭蓋底合併切除を伴うものとなる。病理組織型も高悪性度のものが多く、十分な安全域をつけるためにも外切開手術か併用手術が行われることが多い。

前頭蓋底および鼻副鼻腔の解剖は複雑で、周囲に脳・眼窩・内頸動脈などの重要構造物が位置し十分な安全域の確保が困難であるため、鼻副鼻腔悪性腫瘍手術の約3分の1で切除断端陽性になると言われている²⁰⁾。

一方で、前頭蓋底悪性腫瘍を含む鼻副鼻腔悪性腫瘍手術においては、手術アプローチ法（外切開手術か内視鏡手術か）や、腫瘍切除法（一塊切除か分割切除か）を問わず、切除断端陰性で取り切れるかが独立した生命予後因子と言われており¹⁷⁾²¹⁾²²⁾²³⁾、いかに切除断端陰性の治癒切除を行うかが手術のポイントとなる。

内視鏡下経鼻前頭蓋底手術では、術野を拡大し明瞭な術野を得ることが可能であるため、外切開手術に比べてマージンスタディが行いやすく、切除断端陰性が得られる率が高くなる可能性があると言われている¹⁸⁾。

内視鏡単独手術の適応

内視鏡単独手術で切除可能な前頭蓋底悪性腫瘍手術は、1) 手術器具が届く解剖学的限界内にあること、2) 一塊切除が可能か分割切除が許容される低悪性度の病理組織型であること、が最低条件となる。

1. 解剖学的限界

内視鏡単独手術でアプローチ可能なおよその解剖学的限界を図1に示す。

左右方向は眼窩骨膜まで、前方は前頭洞後壁後端まで、後方は蝶形骨平面まで、上方は硬膜までが、切除かつ切除後の頭蓋底再建が安全に行える切除限界と考えている。骨膜を越えた眼窩内進展、硬膜を越えた脳実質への進展、前頭洞前壁、鼻骨、皮膚、上顎洞底部、上顎洞外側（眼窩下神経より外側）への進展例は適応外で、外切開手術との併用手術が必要となる²⁴⁾。

経鼻内視鏡下で悪性腫瘍を扱うには、直視鏡の視野中央で直の手術器具を用いて操作をすることが基本である。斜視鏡や曲がった鉗子を用いた操作は難易度が高く、“確認できるが器具が届かない”事例があることに注意する。

術前に、前鼻孔から腫瘍まで直線的なアプローチが可能かどうかを判断し、アプローチのために削るべき軟組

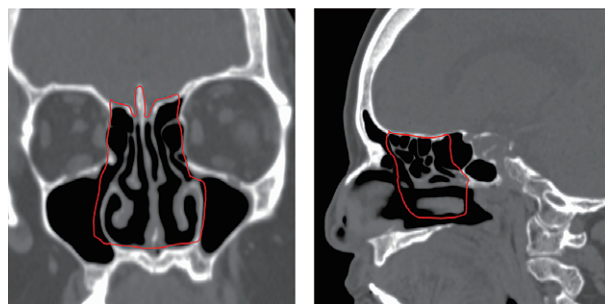


図1 内視鏡単独手術でアプローチ可能なおよその解剖学的限界

左右方向は眼窩骨膜まで、前方は前頭洞後壁後端まで、後方は蝶形骨平面まで、上方は硬膜までが、切除かつ切除後の頭蓋底再建が安全に行える切除限界である（赤線）。

織や骨の範囲を決めておくことが重要である。アプローチが困難である場合は内視鏡単独手術に固執せず、経口腔、経上顎洞などの multiportal approach による内視鏡手術²⁵⁾²⁶⁾ や外切開手術との併用手術を考慮する。

前述の範囲（図1）での頭蓋底欠損部に対しては、遊離筋膜と有茎鼻中隔粘膜弁²⁷⁾を用いた多層性再建²⁸⁾により内視鏡下での頭蓋底再建術が可能である。

前頭洞後壁や眼窩内側壁より外側まで頭蓋底欠損が及ぶと、遊離筋膜の差し込みや有茎鼻粘膜弁による被覆が不可能となり、再建困難となる。腫瘍が摘出可能な範囲ではなく、頭蓋底再建が安全に行える範囲が内視鏡単独手術で扱える範囲となる。

2. 分割切除が許容されるか

鼻副鼻腔・前頭蓋底は解剖学的に複雑であり、同部に発生する悪性腫瘍を一塊に摘出するのは、外切開手術においても難しい²⁾²⁹⁾。ましてや、経鼻内視鏡操作に局限されると、大きな腫瘍に対しては切除ラインを設定することが難しいため、一塊切除が不可能なことが多い。

そのような腫瘍に対して、分割切除を行うことで経鼻内視鏡下に摘出しようという考えが、next compartment principle³⁰⁾、multilayer centripetal removal²⁸⁾³¹⁾である。減量手術は切除断端陽性率が高くなるとされているが²¹⁾²²⁾、multilayer centripetal removalは単なる減量手術ではなく、腫瘍基部を残して鼻腔内腫瘍を compartment ごとに切除した後に、最終的に前頭蓋底の腫瘍基部を頭蓋底骨・硬膜を含め一塊切除する、切除断端陰性の治癒切除を目指す術式である。手術時間の短縮も図れる一方で、腫瘍播種のリスクがぬぐいきれない問題もある。

嗅神経芽細胞腫においては、multilayer centripetal removalによる内視鏡手術単独での良好な治療成績が数多く報告されている⁹⁾¹⁷⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾。最近の報告では、腫瘍のス

テージを加味しても外切開手術より内視鏡単独手術の方が予後良好とする報告もあり¹⁷⁾³⁴⁾、嗅神経芽細胞腫における内視鏡単独手術は標準的治療としてのコンセンサスが得られたといえる。われわれは片側性の嗅神経芽細胞腫に対して健側の嗅索と嗅粘膜を温存する嗅覚温存手術を行っており、内視鏡を用いることで局所制御の向上とともに機能温存も図っている⁹⁾¹²⁾。

Bogaerts らは鼻副鼻腔腺癌44例 (T1/T2/T3/T4 = 1/26/5/12) に対して経鼻内視鏡による分割切除術後に術後放射線治療を行い、3年総生存率81%、疾患特異的生存率91%、局所制御率71%と良好な治療成績を報告している³⁵⁾。

同報告では遠隔転移率は6.8%と低く、症例数は非常に限られているものの、高悪性度の腺癌において、分割切除による手術が許容される可能性を示している³⁵⁾。近年のメタアナリシス³⁶⁾³⁷⁾や統合解析¹¹⁾、傾向スコア³⁸⁾を用いた多変量解析においても、扁平上皮癌³⁶⁾³⁸⁾・腺癌¹¹⁾³⁶⁾・悪性黒色腫³⁷⁾³⁹⁾といった高悪性度腫瘍に対する内視鏡単独手術は、従来の外切開手術と比較し、低侵襲で入院期間が有意に短い上、治療成績は同等以上とされている。これらの報告は、高悪性度の腫瘍に対しても内視鏡単独手術は有用であることを示しているが、手術の詳細が不明であり、分割切除が許容されるとまでは断定できない。

一塊切除が不可能な高悪性度の前頭蓋底悪性腫瘍に対しては、筆者は分割切除による内視鏡単独手術は行わず、併用手術で一塊切除を基本としている。

内視鏡単独手術の基本手技

病変の主体が篩板に存在する嗅神経芽細胞腫に対する手術は、典型的な前頭蓋底手術といえる。経鼻内視鏡下に硬膜、両側嗅神経、嗅球を合併切除し、有茎鼻中隔粘膜弁で頭蓋底再建を行う術式をマスターすれば、ほかの鼻副鼻腔悪性腫瘍の前頭蓋底進展に対する手術はその応用として対応可能となる。

以下、嗅神経芽細胞腫に対する内視鏡下経鼻前頭蓋底手術をステップごとに概説する⁷⁾。

1. マージンスタディ

手術アプローチ法によらず、断端陰性による治癒切除が頭蓋底手術における予後改善の鍵となるため¹⁷⁾²¹⁾²²⁾²³⁾、術中迅速診断によるマージンスタディは極めて重要である。術野を拡大して観察可能な内視鏡手術は、外切開手術に比べ、マージンスタディでは勝ると言える¹⁸⁾。

マージンスタディの範囲と検査部位は症例ごとに異なるが、必要最低限の部位として、篩骨洞開放前に鼻堤・鼻中隔前端・後鼻孔（鼻中隔後端）を、篩骨洞開放後に

眼窩内側壁を、硬膜切除後に硬膜断端を、ステップごとに順を追って行う。硬膜断端は摘出標本から採取してもよい。Low grade な嗅神経芽細胞腫は術中迅速診断でのエラー（偽陰性）率が高いとされ⁴⁰⁾、検体は十分量をつぶさずに鋭的に採取する。

2. Draf 手術による前頭洞後壁の確認

中鼻甲介の前方で、篩骨垂直板から前頭骨、上顎前頭突起にかけて鼻腔粘膜に逆U字切開をいれ、後方へ粘膜を剥離し、第一嗅糸を確認する。粘膜切開手前の鼻中隔軟骨は切除し、対側も同様の操作を行う。第一嗅糸を後方限界として、outside-in frontal drill out technique により⁴¹⁾、Draf type III に準じた前頭洞底削開を行い、前頭洞の外から前頭洞を開放する。

実際の手術時は腫瘍のために第一嗅神経は確認できないことがあるが、術中ナビゲーションシステムを用い適宜位置を確認し操作を進める。削開する骨は、篩骨垂直板、篩板前方の前頭骨、鼻堤を形成する上顎篩骨稜、上顎前頭突起となる。骨削開の外側限界は、上顎前頭突起骨膜とし、前頭洞骨と篩板の接合部全てが見えるまでドリリングを進める。

3. Endoscopic sinus surgery による眼窩内側壁・篩骨天蓋の確認

眼窩内側壁を同定し、篩骨洞の軟組織を内側へ篩骨天蓋へと集約させていく。

神経芽細胞腫では副鼻腔病変は圧排性に進展している場合が多く、多くの症例で眼窩内側壁は温存できることが多いが⁸⁾、症例に応じて safety margin として眼窩内側壁あるいは眼窩骨膜を併せて切除する。篩骨胞、中鼻甲基部を眼窩内側壁の付着部から切離し、眼窩内側壁をたどって蝶形骨洞前壁まで剥離、切離を進めていく。

4. 篩骨動脈の処理

前／後篩骨神経管を開放し、前／後篩骨動脈を凝固切断することで腫瘍への血流を遮断する。眼窩内側壁をドリリングし、眼窩より血管が出る位置で篩骨神経管を開放し、血管をバイポーラで凝固切断する（図2）。筆者は Calvian endo-pen（欧和通称株式会社）を愛用している。

5. 頭蓋底骨削開、硬膜切開、腫瘍切除

硬膜を破らないよう頭蓋底骨をダイヤモンドバーでスケルトナイズし、腫瘍周囲を全周性に骨削開を行う。明視下の操作が不可能な場合は、multilayer centripetal removal による腫瘍減量を行ったのちに骨削開を開始する（図3）。

筆者は、分割切除の際のデバイスに、AMCO 社のバイクランプ180を愛用している。止血能が高く、腫瘍断端を凝固することが可能であるため、術中の腫瘍播種の

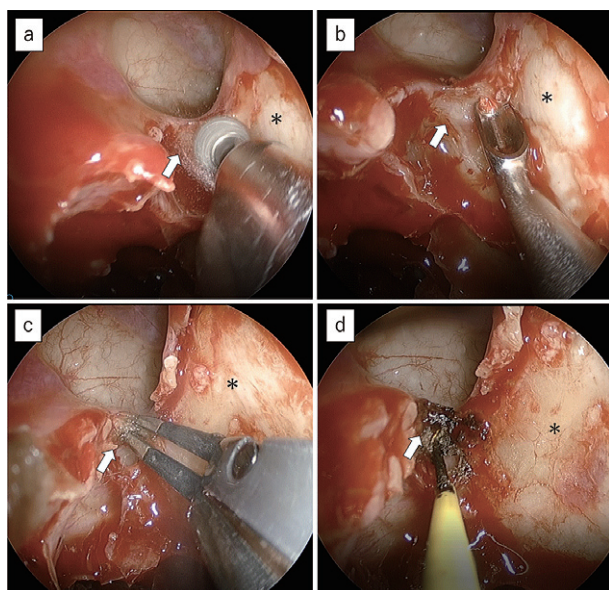


図2 前篩骨動脈の処理（左側）

- 眼窩内側壁をドリリングし、眼窩より血管が出る位置で前篩骨神経管を開放する。手前の眼窩内側壁はすでに骨壁が除去されており、眼窩骨膜が露出している。
 - 前篩骨神経管の骨壁をキュレットで除去する。
 - 前篩骨動脈をバイポーラで凝固する。
 - 前篩骨動脈を電気メスで切断する。
- *：眼窩骨膜，白矢印：前篩骨動脈

リスクも軽減できていると考えている⁴²⁾。前方は前頭骨と篩板の接合部，後方は蝶形骨平面，側方は眼窩内側壁を限界とし骨削開を進める。骨削開後鶏冠を摘出し、まずは前方で硬膜を横切開する。その後、後方へ硬膜の切開を進めていくことで組織を翻転し、嗅索や前頭葉などの頭蓋内構造物を視野にいれながら操作を進めていく。大脳鎌をバイポーラで凝固切断し、さらに後方へ切離を進めていき、嗅索を凝固切断し、後方の硬膜を切断することで腫瘍が摘出される（図4）。

6. 頭蓋底再建

術後髄液漏発症を予防するため、大腿筋膜などの遊離筋膜と有茎鼻粘膜弁を用いた多層性再建（multilayer reconstruction）による頭蓋底再建を行う⁴³⁾。1cm²を越える high flow な頭蓋底欠損に対しては、有茎鼻粘膜弁を使用することで、術後髄液漏の発生率が有意に低下することが報告されている⁴³⁾。大腿筋膜2枚を用い、硬膜の中に in-lay、硬膜上に on-lay し、さらに有茎鼻粘膜弁をその上から over-lay する。可能であれば硬膜上の on-lay は骨と硬膜の間で行う。筋膜の代わりに人工硬膜（DuraGen[®]）を用いてもよい⁴⁴⁾。

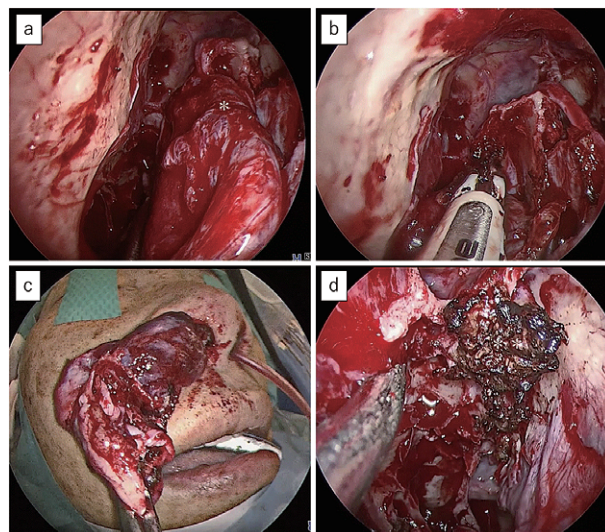


図3 Multilayer centripetal removal による前頭蓋底悪性腫瘍切除（嗅神経芽細胞腫症例）

- Draf type III 手術，篩骨洞開放，前／後篩骨動脈凝固切断が終了し，篩板周囲に腫瘍（*）が集約化している。前頭蓋底骨削開を行うには視野がやや不良である。
- 前頭蓋底腫瘍基部を残して，鼻腔内腫瘍を凝固・切断する。
- 鼻腔内腫瘍を分割摘出する。
- 分割切除後，前頭蓋底の腫瘍基部（**）が全周性に確認できるようになっている。この後，前頭蓋底の骨削開を行う。

有茎鼻粘膜弁は、蝶口蓋動脈を茎とする鼻中隔粘膜弁²⁷⁾が最も血流が安定しており第1選択となる。有茎鼻中隔粘膜弁を用いた前頭蓋底再建例の術後経過を図5に示す。腫瘍の浸潤で鼻中隔粘膜が使用できない場合は、下鼻甲介動脈を茎とする下鼻甲介粘膜弁が次の選択肢となる⁴⁵⁾。その際は、下鼻甲介粘膜のみでは前頭蓋底を被覆するのにサイズが不十分なため、鼻堤、鼻腔底へと拡張した粘膜弁の採取を行うと良い⁴⁶⁾。前頭蓋底の欠損が片側のみで、健側の鼻中隔粘膜や中鼻甲介が温存できる場合は、septal flip flap⁴⁷⁾や中鼻甲介粘膜弁⁴⁵⁾⁴⁸⁾を使用してもよい。

当科では、water-tight になっていることを確認する目的で、筋膜の in-lay、on-lay が終了した時点で、Valsalva 手技を麻酔科医師に依頼し（気道内圧 30cmH₂O）、確実に頭蓋底再建が行われたことを術中に確認している⁴⁹⁾。

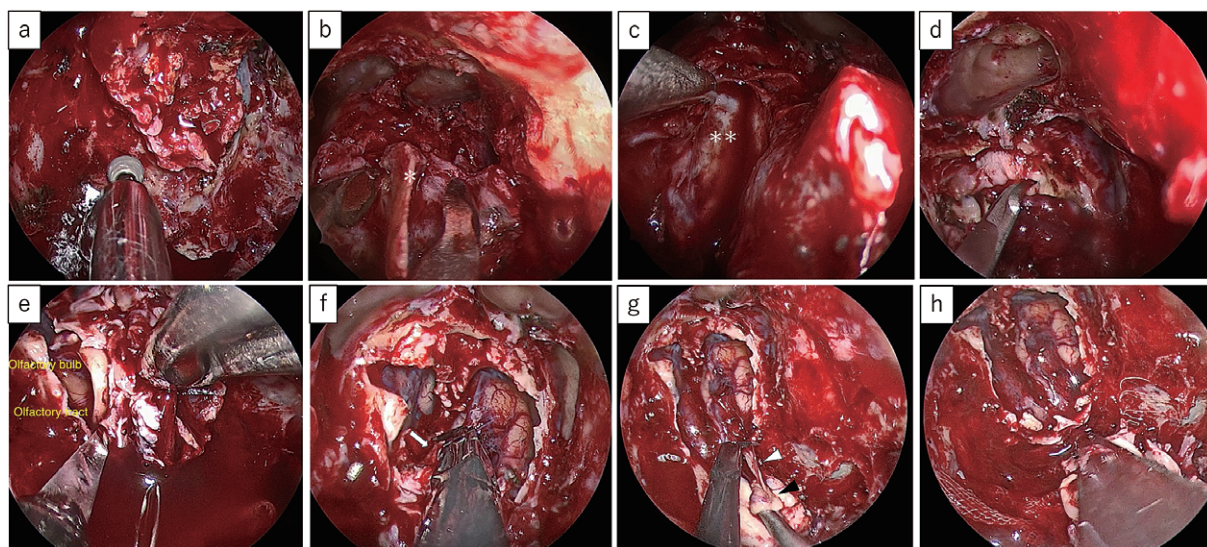


図4 Multilayer centripetal removal 後の腫瘍基部切除（嗅神経芽細胞腫症例）

- 硬膜を破らないよう、腫瘍基部周囲の頭蓋底骨をスケルトナイズする。
- 鶏冠（*）を摘出する。
- 鶏冠がはまりこんでいた硬膜（**）が確認できる。
- 硬膜を前方端でまずは左右に切開する。
- 硬膜を前方外側端から後方に切開する。組織を対側に翻転しながら嗅球、嗅索、前頭葉などの頭蓋内構造物を確認しつつ、硬膜切開を慎重に後方へと進めていく。右の嗅球と嗅索が確認できる。
- 外側端の硬膜切開が両側終了後、大脳鎌（白矢印）を凝固切断し、組織を後方へ翻転させる。
- 後方端で左右の嗅索を切断する。白矢頭：左嗅索、黒矢頭：左嗅球
- 最後に硬膜後方端を左右に切開することで、腫瘍基部を硬膜、嗅索、嗅球とともに合併切除する。

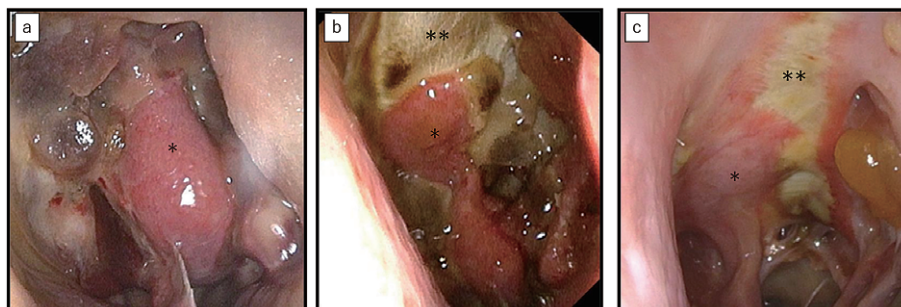


図5 有茎鼻中隔粘膜弁を用いた前頭蓋底再建例の術後経過

嗅神経芽細胞腫に対し内視鏡単独手術を行い、大腿筋膜と有茎鼻中隔粘膜弁による多層性再建を行った。本症例では前頭蓋底の欠損が大きく、硬膜に on-lay した大腿筋膜全てを有茎鼻中隔粘膜弁で被覆することが不可能であった。

- 術後1週。有茎鼻中隔粘膜弁周囲には術中に留置したサージセルとスポンゼルが確認される。
- 術後2週。有茎鼻中隔粘膜弁では被覆しきれなかった大腿筋膜前方部が確認できる。
- 術後4週。大腿筋膜前方部および有茎鼻中隔粘膜弁は周囲粘膜と完全に上皮化している。

*：有茎鼻中隔粘膜弁

**：有茎鼻中隔粘膜弁では被覆しきれなかった大腿筋膜前方部

内視鏡併用手術

前述（図1）の解剖学的限界を越える局所進行前頭蓋底悪性腫瘍に対しては、内視鏡単独手術による摘出が不

可能なため、外切開によるアプローチが必要となる。外切開手術に内視鏡手術を併用することで、外切開単独手術に比べ、病理検体の切除断端陰性率が有意に上昇する

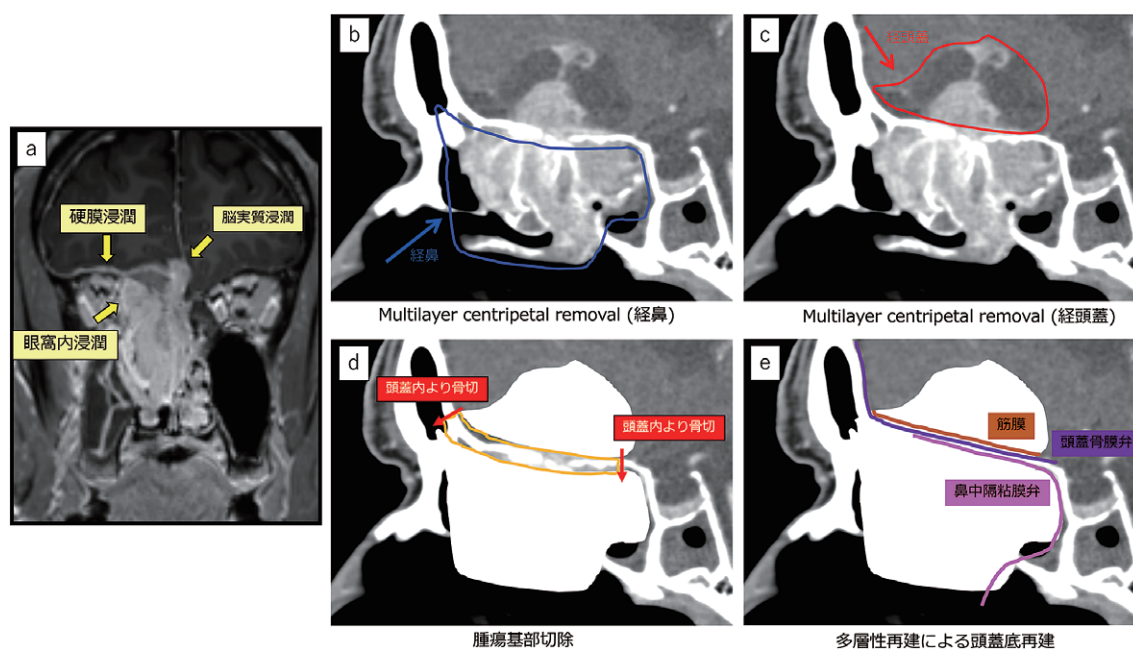


図6 併用手術を行った嗅神経芽細胞腫例（40歳男性，頭蓋内・眼窩内進展例）

a) 造影MRI. 腫瘍は脳実質，硬膜，眼窩内に浸潤している。

b)～e) Multilayer centripetal removalを経鼻（b），経頭蓋（c）で各々行い，頭蓋底骨の削開を頭蓋内より行い，腫瘍基部を一塊に切除した（d）．硬膜欠損部は大腿筋膜を縫合し，その後頭蓋骨膜弁，鼻中隔粘膜弁による多層性再建による頭蓋底再建を行った．

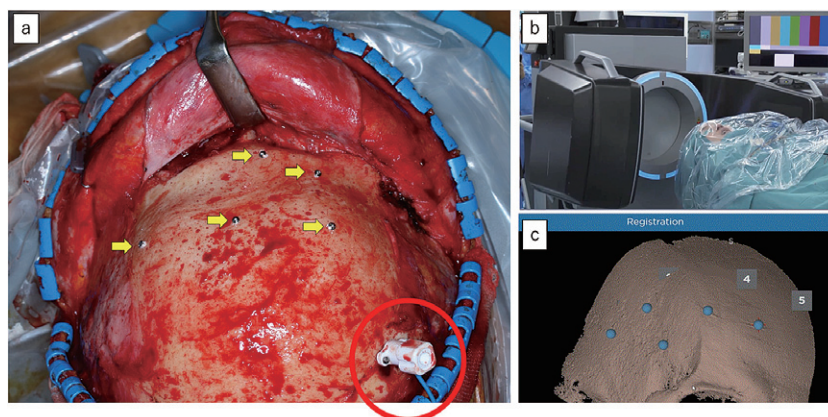


図7 術中ナビゲーションシステムの精度を上げる工夫

スクリュー長3mmのスクリューを頭蓋骨に5本（a：黄色矢印）固定し，移動式コンビームCTによる術中撮像を行い（b），同スクリューの位置情報を基にレジストレーションを行う（c）ことにより，誤差1mm未満の高精度な位置情報の下で手術を進めることが可能である．レジストレーションに使用したスクリューは，レジストレーション終了後に抜去する．赤丸は頭蓋骨に固定したEMスカルマウントペイシェントトラッカーである．同ペイシェントトラッカーは術中，磁場式ナビゲーション（Medtronic社，Stealth Station Surgical ENT Navigation System）の座標軸の起点として働く．エミッターで発生する磁場内におさまる範囲内で，かつ，手術の邪魔にならないよう術野からなるべく離れた位置に固定する．

と言われている（切除断端陰性率：53.1%（外切開手術）vs 84.2%（併用手術）¹⁸⁾）。

また，Hannaらは，内視鏡下経鼻頭蓋底手術120例の治療成績を，主に早期例に対して行った内視鏡単独群（n

=93）と主に進行例に対して行った内視鏡併用手術群（n=27）で比較検討し，二群間で生命予後に差はなく，内視鏡併用手術の治療成績は良好であることを報告している⁴⁾。

局所進行例における内視鏡の補助的な使用は、腫瘍の進展範囲、粘膜切開、そしてマージンスタディの精度を上げることで生命予後の改善に寄与すると考えている。

開頭術と内視鏡手術を併用する場合は、機器の配置に工夫を要するものの同時進行が可能であり、手術時間の短縮が図れるとともに、一方の術野では死角となる部位の処理を他方から同時に行うことで、情報を共有しながら効率的な操作を行うことが可能である（図6）。

当科では、磁場式の術中ナビゲーションシステム（Medtronic 社、Stealth Station Surgical ENT Navigation System）を使用することで頭蓋底手術の安全性を高めている⁵⁰⁾。開頭手術との併用手術時には、座標軸となるペイシェントトラッカー（EM スカルマウントペイシェントトラッカー）を頭蓋骨にスクリューで固定することにより、手術操作によるペイシェントトラッカーの位置ずれを防止することが可能である。さらに、スクリューを頭蓋骨に数本打ち込み、移動式コーンビーム CT を用いた術中撮像を行い、打ち込んだスクリューの位置情報を基にレジストレーションを行うことで⁵¹⁾⁵²⁾、誤差 1mm 未満の高精度な位置情報の下で手術ができるよう工夫を行っている（図7）。

おわりに

高解像度の内視鏡の出現により、悪性腫瘍を含む鼻副鼻腔腫瘍に対する内視鏡下手術が普及してきた。今後、高回転ドリリングシステム、止血デバイス、術中ナビゲーションシステムなどの手術支援システムのさらなる発展により、前頭蓋底悪性腫瘍に対する内視鏡下経鼻手術は、より安全性の高い手術として、今後さらに普及していくと思われる。

内視鏡下経鼻前頭蓋底手術の手技習得にはカデバによるトレーニングが必須であるが、常日頃より基本手技の修練を前頭洞手術や乳頭腫などの良性腫瘍手術時に意識的に行うとよい。

ま と め

- ・内視鏡下経鼻前頭蓋底手術の適応と基本手技について紹介した。
- ・嗅神経芽細胞腫に代表される前頭蓋底悪性腫瘍に対する内視鏡下経鼻手術は、外切開手術に比べ治療成績は同等以上である上、審美面に優れ、低侵襲で術後合併症率が低いため入院期間が短いという利点があり、今後さらに発展していく術式と思われる。
- ・内視鏡下経鼻前頭蓋底手術では、術野を拡大し明瞭な術野を得ることが可能であるため、外切開手術に比べてマージンスタディが行いやすい利点がある。

局所進行の前頭蓋底悪性腫瘍に対しても、内視鏡手術を外切開手術に併用することで手術の根治性が高まることが期待される。

文 献

- 1) Ketcham AS, Wilkins RH, Vanburen JM, et al: A combined intracranial facial approach to the paranasal sinuses. *Am J Surg* 1963; 106: 698-703.
- 2) Abu-Ghanem S, Shilo S, Yehuda M, et al: Anterior skull base surgery in the 21st century: the role of open approaches. *Adv Otorhinolaryngol* 2020; 84: 56-67.
- 3) Nicolai P, Battaglia P, Bignami M, et al: Endoscopic surgery for malignant tumors of the sinonasal tract and adjacent skull base: a 10-year experience. *Am J Rhinol* 2008; 22: 308-316.
- 4) Hanna E, DeMonte F, Ibrahim S, et al: Endoscopic resection of sinonasal cancers with and without craniotomy: oncologic results. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2009; 135: 1219-1224.
- 5) 花澤豊行, 小林正佳, 中川隆之, 他: 本邦における鼻副鼻腔腫瘍に対する内視鏡下経鼻手術の現況と課題. *日耳鼻* 2018; 121: 119-126.
- 6) 田中秀峰: 頭蓋底手術に対する安全性の追求. *日耳鼻* 2018; 121: 104-109.
- 7) 中川隆之: 内視鏡下経鼻頭蓋底手術. *頭頸部外科* 2016; 26: 289-293.
- 8) 小澤宏之: 内視鏡下頭蓋底手術（前頭蓋底）. *頭頸部外科* 2018; 28: 21-25.
- 9) Nakagawa T, Kodama S, Kobayashi M, et al: Endoscopic endonasal management of esthesioneuroblastoma: a retrospective multicenter study. *Auris Nasus Larynx* 2018; 45: 281-285.
- 10) Rutland JW, Gill CM, Ladner T, et al: Surgical outcomes in patients with endoscopic versus transcranial approach for skull base malignancies: a 10-year institutional experience. *Br J Neurosurg* doi: 10.1080/02688697.2020.1779659.
- 11) Meccariello G, Deganello A, Choussy O, et al: Endoscopic nasal versus open approach for the management of sinonasal adenocarcinoma: a pooled-analysis of 1826 patients. *Head Neck* 2016; 38 Suppl 1: E2267-2274.
- 12) Matsunaga M, Kikuchi M, Kuwata F, et al: Psycho-physical assessments of olfaction after endoscopic unilateral resection with post-operative radiotherapy in olfactory neuroblastomas. *Auris Nasus Larynx* doi: 10.1016/j.anl.2021.08.007.
- 13) Eloy JA, Vivero RJ, Hoang K, et al: Comparison of transnasal endoscopic and open craniofacial resection for ma-

- lignant tumors of the anterior skull base. *Laryngoscope* 2009 ; 119 : 834–840.
- 14) Yin G, Guo W, Chen X, et al : Prognosis of endoscopic surgery and traditional open resection in mucosal melanoma of the nasal cavity and paranasal sinus. *Melanoma Res* 2019 ; 29 : 47–52.
- 15) Farquhar D, Kim L, Worrall D, et al : Propensity score analysis of endoscopic and open approaches to malignant paranasal and anterior skull base tumor outcomes. *Laryngoscope* 2016 ; 126 : 1724–1729.
- 16) Povolotskiy R, Farber NI, Bavier RD, et al : Endoscopic versus open resection of non-squamous cell carcinoma sinonasal malignancies. *Laryngoscope* 2020 ; 130 : 1872–1876.
- 17) Barinsky GL, Azmy MC, Kilic S, et al : Comparison of open and endoscopic approaches in the resection of esthesioneuroblastoma. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2021 ; 130 : 136–141.
- 18) Harvey RJ, Nalavenkata S, Sacks R, et al : Survival outcomes for stage-matched endoscopic and open resection of olfactory neuroblastoma. *Head Neck* 2017 ; 39 : 2425–2432.
- 19) Llorente JL, López F, Suárez C, et al : Sinonasal carcinoma : clinical, pathological, genetic and therapeutic advances. *Nat Rev Clin Oncol* 2014 ; 11 : 460–472.
- 20) Cracchiolo JR, Patel K, Migliacci JC, et al : Factors associated with a primary surgical approach for sinonasal squamous cell carcinoma. *J Surg Oncol* 2018 ; 117 : 756–764.
- 21) Wellman BJ, Traynelis VC, McCulloch TM, et al : Midline anterior craniofacial approach for malignancy : results of en bloc versus piecemeal resections. *Skull Base Surg* 1999 ; 9 : 41–46.
- 22) Patel SG, Singh B, Polluri A, et al : Craniofacial surgery for malignant skull base tumors : report of an international collaborative study. *Cancer* 2003 ; 98 : 1179–1187.
- 23) Jafari A, Shen SA, Qualliotine JR, et al : Impact of margin status on survival after surgery for sinonasal squamous cell carcinoma. *Int Forum Allergy Rhinol* 2019 ; 9 : 1205–1211.
- 24) Mehta GU, Hanna EY, DeMonte F, et al : Endoscopic endonasal resection of sinonasal/anterior skull base malignancy (Kadish C esthesioneuroblastoma). *Acta Neurochir (Wien)* 2018 ; 160 : 361–366.
- 25) Turri-Zanoni M, Battaglia P, Dallan I, et al : Multiportal combined transnasal transoral transpharyngeal endoscopic approach for selected skull base cancers. *Head Neck* 2016 ; 38 : E2440–E2445.
- 26) Kikuchi M, Nakagawa T : Recent progress in endoscopic skull base surgery : Functional preservation and multiportal approaches. *Auris Nasus Larynx* 2022 doi : 10.1016/j.anl.2022.04.001.
- 27) Hadad G, Bassagasteguy L, Carrau RL, et al : A novel reconstructive technique after endoscopic expanded endonasal approaches : vascular pedicle nasoseptal flap. *Laryngoscope* 2006 ; 116 : 1882–1886.
- 28) Castelnovo P, Battaglia P, Turri-Zanoni M, et al : Endoscopic endonasal surgery for malignancies of the anterior cranial base. *World Neurosurg* 2014 ; 82(6 Suppl) : S22–31.
- 29) McCutcheon IE, Blacklock JB, Weber RS, et al : Anterior transcranial (craniofacial) resection of tumors of the paranasal sinuses : surgical technique and results. *Neurosurgery* 1996 ; 38 : 471–479 ; discussion 479–480.
- 30) Har-El G, Casiano RR : Endoscopic management of anterior skull base tumors. *Otolaryngol Clin North Am* 2005 ; 38 : 133–144, ix.
- 31) Castelnovo PG, Delù G, Sberze F, et al : Esthesioneuroblastoma : endonasal endoscopic treatment. *Skull Base* 2006 ; 16 : 25–30.
- 32) Fu TS, Monteiro E, Muhanna N, et al : Comparison of outcomes for open versus endoscopic approaches for olfactory neuroblastoma : a systematic review and individual participant data meta-analysis. *Head Neck* 2016 ; 38 Suppl 1 : E2306–E2316.
- 33) Wang EW, Zanation AM, Gardner PA, et al : ICAR : endoscopic skull-base surgery. *Int Forum Allergy Rhinol* 2019 ; 9(S3) : S145–S365.
- 34) Carlton DA, David Beahm D, Chiu AG : Sinonasal malignancies : endoscopic treatment outcomes. *Laryngoscope Investig Otolaryngol* 2019 ; 4 : 259–263.
- 35) Bogaerts S, Vander Poorten V, Nuyts S, et al : Results of endoscopic resection followed by radiotherapy for primarily diagnosed adenocarcinomas of the paranasal sinuses. *Head Neck* 2008 ; 30 : 728–736.
- 36) Lu VM, Ravindran K, Phan K, et al : Surgical outcomes of endoscopic versus open resection for primary sinonasal malignancy : a meta-analysis. *Am J Rhinol Allergy* 2019 ; 33 : 608–616.
- 37) Hur K, Zhang P, Yu A, et al : Open versus endoscopic approach for sinonasal melanoma : a systematic review and meta-analysis. *Am J Rhinol Allergy* 2019 ; 33 : 162–169.
- 38) Kiliç S, Kiliç SS, Baredes S, et al : Comparison of endoscopic and open resection of sinonasal squamous cell carcinoma : a propensity score-matched analysis of 652

- patients. *Int Forum Allergy Rhinol* 2018 ; 8 : 421-434.
- 39) Farber NI, Bavier RD, Crippen MM, et al : Comparing endoscopic resection and open resection for management of sinonasal mucosal melanoma. *Int Forum Allergy Rhinol* 2019 ; 9 : 1492-1498.
- 40) Ishii M, Bishop JA, Gallia GL : Assessment of frozen section margin analysis during olfactory neuroblastoma surgery. *Laryngoscope* 2017 ; 127 : 1735-1741.
- 41) Knisely A, Barham HP, Harvey RJ, et al : Outside-in frontal drill-out : how I do it. *Am J Rhinol Allergy* 2015 ; 29 : 397-400.
- 42) 花澤豊行, 山崎一樹, 大木雄示, 他 : 経鼻内視鏡下手術を行った鼻副鼻腔悪性腫瘍症例の臨床的検討. *頭頸部外科* 2014 ; 24 : 249-253.
- 43) Harvey RJ, Parmar P, Sacks R, et al : Endoscopic skull base reconstruction of large dural defects : a systematic review of published evidence. *Laryngoscope* 2012 ; 122 : 452-459.
- 44) 北田有史, 菊地正弘, 大森孝一 : 鼻内視鏡手術を行った髄膜瘤に伴う髄液鼻漏例. *日鼻誌* 2021 ; 60 : 175-181.
- 45) Chakravarthi S, Gonen L, Monroy-Sosa A, et al : Endoscopic endonasal reconstructive methods to the anterior skull base. *Semin Plast Surg* 2017 ; 31 : 203-213.
- 46) Boetto J, Labidi M, Watanabe K, et al : Combined nasoseptal and inferior turbinate flap for reconstruction of large skull base defect after expanded endonasal approach : operative technique. *Operative neurosurgery* 2019 ; 16 : 45-52.
- 47) Battaglia P, Turri-Zanoni M, De Bernardi F, et al : Septal flip flap for anterior skull base reconstruction after endoscopic resection of sinonasal cancers : preliminary outcomes. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2016 ; 36 : 194-198.
- 48) Patel MR, Taylor RJ, Hackman TG, et al : Beyond the nasoseptal flap : outcomes and pearls with secondary flaps in endoscopic endonasal skull base reconstruction. *Laryngoscope* 2014 ; 124 : 846-852.
- 49) Tanji M, Kataoka H, Kikuchi M, et al : Impact of intraoperative 3-tesla MRI on endonasal endoscopic pituitary adenoma resection and a proposed new scoring system for predicting the utility of intraoperative MRI. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2020 ; 60 : 553-562.
- 50) 江藤杏奈, 菊地正弘, 北田有史, 他 : Midfacial degloving approach と経鼻内視鏡手術を併用して内視鏡補助下に摘出した局所進行鼻中隔癌の一例. *耳鼻臨床* 2022. In press.
- 51) Yamamoto N, Okano T, Yamazaki H, et al : Intraoperative evaluation of cochlear implant electrodes using mobile cone-beam computed tomography. *Otol Neurotol* 2019 ; 40 : 177-183.
- 52) DeJaco D, Prejban D, Fischer N, et al : Successful cochlear implantation of a split electrode array in a patient with far-advanced otosclerosis assisted by electromagnetic navigation : a case report. *Otol Neurotol* 2018 ; 39 : e532-e537.

連絡先 〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町54
京大病院第2臨床研究棟6305(1)号室
京都大学大学院医学研究科
耳鼻咽喉科・頭頸部外科 菊地正弘