

CTでは外側線条体動脈損傷によると思われる脳梗塞を放線冠に認めた。その後患者は片麻痺を残したままリハビリテーション目的で転院した。

解説：頭蓋底腫瘍摘出術においては、上述した主幹動脈のみならず、内頸動脈、中大脳動脈、後大脳動脈の穿通枝が巻き込まれている場合には、その損傷の可能性を考慮した安全な手術を計画する必要がある。症例1のような巨大または浸潤性の下垂体腺腫は開頭術が選択される場合があるが、その手術は重篤な神経症状や意識障害を来す危険性が極めて高いと報告されており¹⁵⁾、その主な原因として腫瘍がくも膜下腔へ浸潤するために穿通枝と強く癒着し、剥離の際にこれを損傷することが挙げられている^{2,15)}。腫瘍摘出の最大の目的が、視機能を改善させるための視神経の積極的減圧にこそあることを決して忘れてはならない。症例2のようなclinoidal meningiomaの症例で、内頸動脈が長い距離にわたって腫瘍に巻き込まれている場合には、腫瘍摘出に伴って穿通枝障害を招く可能性が高いと報告されている⁷⁾。主幹動脈の損傷を回避する場合と同様、腫瘍と血管の間にくも膜面が存在しないような症例や、内頸動脈の狭窄や海綿静脈洞への浸潤を伴っている全摘出が無理な症例では、穿通枝の周囲を含めて腫瘍を残すつもりで慎重に剥離操作を進め、無理な摘出は控えるべきである。症例3は脳実質内発生腫瘍である神経膠腫の中でも、手術操作による穿通枝障害の可能性が高い部位に発生した最も摘出が困難と考えられる例である¹⁶⁾。障害される可能性がある穿通枝は、外側線条体動脈、中大脳動脈の島部からの髄質動脈、中大脳動脈弁蓋部および終末部からの髄質動脈の3群であり、これらの解剖学的走行を把握するとともにシルビウス裂を広く完全に分けること、中大脳動脈からの分枝が走行する脳溝を分け、それぞれの分枝を起始部から遠位部まで追求すること、摘出範囲へ分枝する細かい血管を凝固する際に血管攣縮を予防するため塩酸パパベリンを塗布すること、ナビゲーションシステムを過信して超音波吸引装置などで安易に腫瘍を摘出して行く操作は慎むこと、反復した皮質下電気刺激によるマッピングを行うこと¹⁷⁾などが、穿通枝損傷の可能性を最小限にし得ると報告されているが、最も重要なことは、

腫瘍の進展範囲やサイズ、腫瘍の性状、周囲との境界、腫瘍の局在（優位側か非優位側かも含めて）、患者の年齢や状態、などを考慮に入れた、積極的根治術適応の決定ではないかと思われる。

3. 静脈損傷

症例 1 : 42 歳、女性。聴神経鞘腫。外側後頭下開頭で腫瘍摘出術を行ったが、術中に小脳腫脹が発生した。注意深く観察すると錐体静脈の捻れが生じており、静脈周囲のくも膜を切開剥離すると、静脈の捻れが解消し、小脳の腫脹もおさまったため手術を続行した。しかし、術後小脳に静脈性の出血を生じ、結果として小脳失調を生じた。

症例 2 : 64 歳、女性。中頭蓋底髄膜腫。術中側頭葉を脳ベラで牽引中に静脈性の出血が生じた。止血は得られたものの脳腫脹が認められたため、腫瘍の摘出を中止し、開頭を拡大し外減圧を行って手術を終了したが、術後広範な側頭葉の出血と腫脹を認め、意識障害が遷延した。集中管理を行っていたが、肺炎、DIC を併発し、多臓器不全となり死亡した。

症例 3 : 58 歳、男性。円蓋部髄膜腫。腫瘍が架橋静脈を巻き込んでおり、腫瘍摘出中にこの静脈を損傷した。やむを得ず凝固止血したが、術後静脈性梗塞を生じ、上下肢に麻痺が残った。リハビリテーション目的で転院するも、しばしばコントロール不良の痙攣発作が生じている。

解説 : 実際には半数の手術で細かいものも含めた静脈の切断が行われているという報告があり²⁾、静脈損傷が必ずしも合併症を生じるわけではないが、基本的には、全ての静脈または静脈洞の切断は静脈灌流障害を生じるリスクがあると考え、安易な静脈切断は慎み、温存を心がけることが必要である¹⁸⁾。例えば後頭蓋窩架橋静脈は、各静脈間の連絡網によりその大半は切断出来ると考えられ¹⁹⁾、錐体静脈を切断しても危険性は比較的少ないとする報告もある¹⁸⁾一方で、特に聴神経鞘腫の手術における錐体静脈の灌流障害は、重篤な合併症を生じるとする報告も多い^{2,20)}。松島らは、錐体静脈の周囲のくも膜を十分に剥離して静脈の可動性を高めること、数本存在する錐体静脈の切断は可能であってもこれが一本しか

存在しない場合には温存することを勧めている¹⁹⁾。症例1は、静脈の損傷こそ生じてはいないが、まさに錐体静脈の温存が重要であるとされる聴神経鞘腫の手術において、静脈周囲のくも膜剥離を疎かにしたために合併症を招いており、避けられた事態であると考えられる。永田らは、動脈瘤の手術において高倍率で深部操作を行う際、手前の浅い部分で静脈を損傷しない様に顕微鏡の倍率を時々変えて、周囲の状況に気を配ることを勧めている²¹⁾が、脳腫瘍の手術でも当てはまる重要なポイントであると思われる。

側副路がない場合に切断が危険なものとして、シルビウス静脈、蝶形頭頂静脈洞、側頭葉下面の静脈などが挙げられているが、やむを得ずこれら静脈の切断を考慮する事態になった場合、術中にクリップによる閉塞テストを行うことが勧められている。静脈上流で静脈内圧モニターを行い、SEP、MEP、ABRなどのモニターも駆使しながら、注意深く脳腫脹が起こらないかを最低30分は観察する。モニターに変化がなく、脳腫脹も認められず、上流の静脈内圧上昇がない場合の閉塞は可能であると考えられるが、静脈内圧が5-7 mmHg以上上昇する場合には閉塞は出来ないと判断する^{18,22,23)}。また、切断が危険とされるものとしてラベ静脈、優位側のS状静脈洞、横静脈洞などが挙げられている¹⁸⁾が、術中にこれらを意図的に切断することはないにしても、思いがけず損傷する可能性はある。症例2は脳ベラで側頭葉を圧排している際にラベ静脈が引き抜けた結果生じた合併症である。静脈周囲のくも膜を十分に剥離するとともに²⁴⁾、静脈が硬膜あるいは静脈洞へ流入する場所をあらかじめサージセルとフィブリン糊で強化して引き抜き損傷を予防する²⁵⁾、硬膜ごと頭蓋骨から剥離して可動性を高めておく¹⁸⁾、などの操作が必要となる場合もある。脳ベラの不用意な挿入も慎むべきであり、脳ベラの手先を必ず確認しながら操作することが重要である²⁶⁾。また、神野らは静脈損傷に加えて、脳ベラによる脳の圧迫が静脈灌流障害ひいては脳損傷を招くと報告しており²⁵⁾、体位を工夫することで脳を自重で沈降させ極力脳ベラを用いない工夫や、あるいは、それが無理でも、脳ベラをこま目に向け変え

て間歇的圧排を心がけることも重要である。さらに、思いがけず損傷した静脈を安易に凝固切断するのではなく、いざという時のために静脈の再建方法をあらかじめ配慮しておくことが必要である。一般的には、大伏在静脈や頸部静脈を用いるが、人工血管は開存率こそ低い緊急事態をしのぐ方法としては考慮されても良い¹⁸⁾。症例3では静脈の再建が試みられるべきであった。もっとも、それ以前に本症例では、腫瘍の摘出に固執するのではなく、剥離が困難な場合には腫瘍に切り込み、腫瘍の表面を静脈に付ける形で、静脈を温存することを優先させるべきであった。

最後に、術前に脳血管撮影の静脈相を十分に読影し、静脈の灌流域、走行（腫瘍によって偏倚していることもある）、側副血行路の程度、静脈洞への合流部位、静脈洞の開存、横静脈洞／S状静脈洞／頸静脈洞の優位側などを確認しておくこと、手術に際しては、頭部を挙上し静脈圧を減らす、頸部の圧迫をしない、胸腔内圧をあげない、などの注意を怠らないことが重要なのは言うまでもない。

4. 神経損傷

症例1：63歳、男性。錐体斜台部髄膜腫。テント切開時に、腫瘍に巻き込まれていたと思われる滑車神経を切断した。術後合併症として複視が残った。

症例2：64歳、男性。巨大下垂体腺腫。開頭腫瘍摘出術を施行した。反対側の視神経と腫瘍の剥離中に視神経の一部に損傷が生じた。術後対側の視力は非実用となった。

症例3：63歳、女性。鞍結節部髄膜腫。腫瘍摘出中は視神経損傷を生じたわけではないが、術後に視力障害を生じた。

解説：症例1は、髄膜腫摘出の際に生じた神経損傷であるが、テントあるいは錐体骨に付着部を持つ髄膜腫は、腫瘍の発生部位によって手術アプローチが異なり、注意すべき脳神経にも違いがある。ここで例に挙げられている錐体斜台部髄膜腫は、前方経錐体骨接近法が用いられることが

多い²⁷⁾。このアプローチの場合、脳神経を損傷させないための重要ポイントがいくつか存在する。錐体骨先端部を露出させるために中頭蓋底硬膜を剥離して行く際には、大錐体神経に注意する。この神経は錐体骨上面では硬膜内を走行するため、interdural spaceに入り本神経の perineurium と meningeal dura の間で剥離して温存する。硬膜側に残すと引きちぎれて膝神経節で顔面神経の損傷を生じるためである。剥離温存が困難であれば、むしろ切断の方が良い。また、大錐体神経を確認した後、その内側を可視範囲で錐体骨削除を進めれば、蝸牛、膝神経節、内頸動脈を損傷することはない。錐体骨前半部の削除であるが、前方では外転神経、後方では顔面神経、聴神経の損傷に注意する。外転神経は錐体先端と petrosphenoidal ligament (Gruber 靭帯) で形成される Dorello 管を貫通する。したがって、外転神経麻痺を招かないために、三叉神経圧痕の削除は後外側半分でとどめた方が安全であると考えられる。後方の削除では、弓状隆起の近傍を削除する際に内耳道の硬膜を損傷しない様に、大錐体神経が中頭蓋窩に現れる場所の後方に膝神経節があり、その内側に内耳道があること、内耳道は外耳道の延長線上に存在することなどを landmark に細心の注意を払ったドリリングが必要となる。硬膜切開時には、特に後頭蓋窩の硬膜に三叉神経根が押し付けられていることがあることを念頭に置く。テント切開は、滑車神経を温存するために、可能であればできるだけ後方で行うことが推奨される²⁸⁾。また、切開したテントに糸をかけて左右に展開する際に強く牽引しすぎると滑車神経の損傷を招くので注意が必要である。腫瘍の摘出に際しては、少なくとも顔面神経、聴神経に対するモニターを用い、慎重に剥離、腫瘍摘出操作を進めることにつけるが、錐体骨の付着部から腫瘍を剥離する際には脳神経の走行と平行になる方向に進めること、血管温存の場合と同様にくも膜の保全に努めること、鈍的ではなく鋭的剥離を進めることなどが重要であると考えられる。髄膜腫の手術戦略として、早期栄養枝の離断による無血術野下の操作、腫瘍基部方向へ（脳や脳神経から離れる方向へ）の減圧縮小、を心がけることも忘れてはならない^{12,27)}。症例 2 は、巨大下垂体腺腫の症

例であるが、動脈温存の項でも述べたごとく、腫瘍摘出の最大の目的は、視機能を改善させるための視神経の積極的減圧にある。ここで述べる減圧とは視神経と腫瘍の剥離を意味するわけではないことを改めて強調したい。黒川らは、術前視力が悪くないにもかかわらず、前頭側頭開頭で行った下垂体腺腫摘出術後の視力悪化が7例中3例で認められ、本アプローチでは視神経が術野の中央、手前に位置するため、摘出操作に伴って視神経に繰り返し小さな外傷が加わることで視力障害を招く可能性があり、両側視神経が広い視野におさめられる大脳半球間裂接近法が視力の温存に適していると報告している²⁹⁾。症例2では、行うべきではない剥離操作に伴って視神経を障害するに到っていることが問題である。巨大下垂体腺腫の場合には、手術の目的を常に念頭に置いて摘出を進めることが最も重要であり、その延長上に、より安全なアプローチの選択があると考えられる。症例3は視神経に直接障害は加わっていない例であるが、鞍結節部髄膜腫摘出に際しては視神経機能の温存に細心の注意を払う必要があることが重要である。佐々木らは同部位の髄膜腫を前頭側頭開頭で摘出する際の欠点として、同側視神経の内側下面が盲目的操作になるため、視神経を挙上して腫瘍を摘出する必要があり、その結果視神経に外力が加わることから、同側の視力低下が著しい症例では術後にかえって、視力障害が悪化する例があることを述べている。また、視神経の下方にもぐり込んだ腫瘍が視神経を上方へ圧排することにより、視神経管の出口で神経の圧迫が生じていることも、視神経障害が生じやすくなる一因であると考えられるため、早期に視神経管を開放することも勧められている³⁰⁾。視神経と腫瘍の剥離においては、視神経に付着する血管はできるだけ温存し、神経の近傍でバイポーラーによる凝固を多用しない、などの配慮も必要である³¹⁾。

5. 経蝶形骨洞アプローチにおける合併症

症例1：55歳、女性。下垂体腺腫。経蝶形骨洞アプローチで腫瘍を摘出中に髄液漏が生じた。脂肪とフィブリン糊でパッキングを行い、術後髄

液漏れはなかった。しかし髄膜炎を懸念したためにステロイドの補充が十分に行えず、副腎不全を来し、コントロール困難な電解質異常から心室細動を来し、夜中に突然の心停止になった。蘇生は成功したが、心肺停止の時間が長かったため脳死状態となり、3日後に死亡した。1年後に遺族より訴状が届いた。

症例 2 : 76 歳、女性。下垂体腺腫。経蝶形骨洞アプローチで腫瘍を摘出し、セラミックプレートで鞍底形成を行った。しかし、術後に鼻腔にエアウェイを挿入した結果、プレートを頭蓋内に押し込む形となり、クモ膜下出血が生じた。患者はその後脳血管攣縮を生じて意識障害が遷延した。

症例 3 : 83 歳、男性。下垂体腺腫。経蝶形骨洞アプローチで腫瘍を摘出中に内頸動脈を損傷し出血が生じた。パッキングで止血は得られたものの、内頸動脈の閉塞を来し、一側大脳半球の脳梗塞を来し死亡した。

解説 : トルコ鞍部腫瘍に対する経蝶形骨洞アプローチは、一般的には開頭手術と比較して低侵襲であり、安全な手術とされているが、主な合併症が 5-10 %に、また手術死亡が 0.6-0.9 %に見られている。本アプローチが基本的には狭く深い術野であること、鞍外に大きく伸展している病変は摘出出来ないこと、上方には視神経と視床下部があること、側方に内頸動脈があり時に術野に近接した方向に走行すること、病変摘出に際し頭蓋内外が交通する可能性があることなどが、合併症の原因であると指摘されている³²⁾が、今回提示した 2 症例にも当てはまると考えられる。症例 1 は髄液漏が原因で術後管理に問題が生じ患者を失っているが、本アプローチ術後の髄液漏の頻度は 1.3-3.9 %と報告されている^{33,34)}。寺本らは、トルコ鞍内の充填と鞍底形成の重要性を強調しており³²⁾、一方、西岡らは術中の髄液漏は 19 %で生じたと報告しており、その危険因子として経蝶形骨洞アプローチの既往、または放射線治療の既往を挙げ、これらの症例における鞍底の確実な形成と長期にわたる経過観察の必要性を述べている³⁵⁾。以上から髄液漏に対する基本的な指針としては、トルコ鞍の閉鎖は、髄液の流出がなくとも筋膜あるいは脂肪組織を充填し、

髄液の流出が認められた場合は、クモ膜の破損部を筋肉片で、残りのスペースは脂肪組織を充填し、さらにこれらの充填物を小骨片あるいはトルコ鞍プレートを用いて鞍底形成を行うことで支持することが重要であると考えられる³²⁾。一方、症例2のような事態を招かない様に、本アプローチで手術した患者は、前頭蓋底に骨折があることを念頭において、術後管理にも十分な注意が必要であると思われる。症例3は内頸動脈の損傷であるが、これは本アプローチの合併症の中でも、最も重篤で致死的なものである。その頻度は0.2-0.5%と報告されているが、損傷部位としては海綿静脈洞部が大部分である。対策としては、まず術前のMRI冠状断から内頸動脈の走行や腫瘍との関係を把握することが重要である。内頸動脈は時に内側へ強く走行異常をきたすことや、動脈瘤の合併が生じ得ることを念頭に置く。手術の際には、内視鏡の併用、ドップラー装置の利用が推奨される。万が一出血を来した場合は、まずは強いパッキングで止血を得るしかないが、その上で直ちに内頸動脈撮影を行う必要がある。また、動脈損傷の項で既に述べた様に、止血が得られても、その後の偽性動脈瘤の形成や動脈閉塞、内頸動脈海綿静脈洞瘻に至る可能性があり、慎重な経過観察が必要であること、損傷部位に対しては血管内治療やバイパス術を用いた治療が必要となることも繰り返し強調しておきたい³²⁾。

6. 脳室内腫瘍手術における合併症

症例1：63歳、女性。第三脳室内髄膜腫。部分摘出後に意識障害と四肢麻痺が遷延した。

症例2：75歳、男性。第三脳室グリオーマ。部分摘出後に意識障害と四肢麻痺が遷延し、その後肺炎で死亡した。

症例3：9歳、男児。髄芽腫。正中後頭下開頭下に腫瘍を摘出した。第四脳室底部の腫瘍を可及的に摘出し、肉眼的に全摘出を行った。術後、両側外転神経麻痺と顔面神経麻痺が生じ、半年後も僅かな改善を認めたものの症状は残った。

症例 4 : 12 歳、男児。側脳室上衣腫。経皮質接近法で脳室に到達し腫瘍を摘出した。腫瘍のほぼ 80%が摘出された頃、急速に脳腫脹を生じ術野の確保が出来なくなった。可及的に止血を行うも、それ以降の頭蓋内操作が継続出来なくなったため、マンニトール投与、過換気、頭部挙上を試みつつ、硬膜下腔を観察するも明らかな異常なく、原因検索のため、硬膜縫合、骨弁固定を行わずに速やかに皮膚を閉創し CT を施行した結果、開頭部より数センチ離れた頭頂から側頭にかけて広範な急性硬膜外血腫を認めたため、再度手術室へ戻り緊急開頭血腫除去術を行った。術後意識障害が認められたが、これは数日で回復した。しかし半身片麻痺が遷延し、1 ヶ月後にリハビリテーション病院へ転院した。

解説 : 脳室内腫瘍の手術は、脳神経外科手術の領域で困難な手術の一つであるとされる。その理由は、脳の深部に位置する腫瘍であること、重要な神経組織や血管に近接すること、などが挙げられている³⁶⁾。第三脳室周囲およびそのアプローチの経路には、大脳皮質、脳梁、脳弓、内包、視床、視床下部、などが存在し、これらの損傷に注意するとともに、上矢状静脈洞、架橋静脈、視床線条体静脈、動脈などの温存が必要となる。症例 1 と 2 は、第三脳室の腫瘍であること以外、詳細な経過を渉猟し得なかったため具体的に解決策を挙げることは出来ないが、山本はこれらの重要構造物を損傷しないように脳室内腫瘍 10 訓³⁶⁾として 1. 手術解剖学の習熟、2. 的確な手術アプローチの選択、3. 開頭部位の配慮、4. 的確な脳の圧排、5. 最小限の脳組織切開、6. 動脈及び静脈の温存、7. 的確な脳ベラの方向、8. 周囲の重要構造に対する愛護的操作による腫瘍の摘出、9. 適切な術野の確保（内視鏡の併用も含めて）、10. 無血的視野の確保、が重要であると述べている。特に、モンロー孔の約 10 ミリ外側には内包膝部が存在すること、モンロー孔の後方、後外側は視床で構成されていること、第三脳室の側壁上半分は視床、下半分は視床下部で構成されていること、などを熟知した上で腫瘍と周囲組織の剥離を行うことが重要であり、内減圧によって腫瘍の表面を露出して、この面を見失わない様に剥離することが勧められている。ただし、頭蓋咽頭腫では第三脳室底

に、胚細胞種では四丘体で癒着が強いため、この場合には腫瘍の一部を残すことも考慮する。視床線条体静脈の温存に関しては、モンロー孔を拡大する目的で切離可能とする文献³⁷⁾もあるが、視床や基底核の梗塞などを生じた例も報告されており、術前に切離の安全性を判定する方法がない以上は、安全対策として温存に努めるべきであると考え³⁶⁾。症例3は髄芽腫の摘出術において第四脳室底の神経核の損傷を生じた例である。髄芽腫の手術においては特に強調されるのが、まず腫瘍細胞が髄液を介して播種しないように綿片を用いて腫瘍を持ち上げること、脊髄クモ膜下腔を覆う様に綿片を軽く詰めることである。また、髄液が過剰に流出すると、今度はテントと小脳上面の架橋静脈が牽引され出血を生じる可能性があるため、中脳水道に軽く栓をしておくことも安全面では重要なテクニックである³⁸⁾。髄芽腫は第四脳室底に浸潤していることも多いが、第四脳室底を損傷すると部位によって第V、VI、VII、X、XII脳神経や眼振、同側顔面の発汗障害が出現することがある³⁹⁾。特に脳神経核の損傷は永続的後遺障害を残すことになりやすく、髄芽腫は放射線治療に良く反応するため、必ずしも全摘出にこだわらなくとも良いとする立場から、腫瘍と脳室底との癒着が強い場合は1-2ミリ程度の厚さで腫瘍を残す方が良いとされる。また止血も同部ではバイポーラーを用いることを極力避けて、綿花シートを軽くあてがって辛抱強く待つ必要がある³⁸⁾。今後は、脳幹部マッピングを用いて脳幹における運動性神経核の位置同定を行いながら、より安全に摘出術を計画することが必要になることが予想される⁴⁰⁾。症例4は遠隔部位の出血であり、腫瘍の手術に限った合併症ではないが、原因の一つとして過度の髄液排出が考えられており、古くから内視鏡手術やシャント手術に伴った急性硬膜外血腫は、特に頭蓋骨と硬膜の癒着が強くない小児で報告が散見される⁴¹⁻⁴³⁾。順調に腫瘍を摘出していたにもかかわらず突然生じた脳腫脹に遭遇し、何が起こったのかを冷静に判断することは困難かもしれないが、パニックになって不用意な手術操作により脳室周辺的重要構造物を損傷するよりは、遠隔部の出血の可能性も考慮して緊急に何を行うかを判断するべきである。

7. 術後出血

症例 1 : 38 歳、男性。下垂体腺腫。開頭腫瘍摘出術翌日に視力障害を訴え CT を施行した結果、術後出血を生じていた。再開頭血腫除去術を行い、視力障害は回復した。

症例 2 : 76 歳、女性。蝶形骨縁髄膜腫。開頭腫瘍摘出を行い、術後の麻酔覚醒も良好であり、術翌日も明らかな神経症状は認めなかったが、CT を施行した結果、腫瘍摘出腔に術後出血を生じていた。保存的に経過観察を行い、患者は神経症状を残さず退院した。

解説 : 脳腫瘍術後出血に関しては、Kalfas らが 4992 例の脳神経外科手術の中で 40 例 (0.8 %) に術後出血を認め、そのうち 23 例が脳腫瘍であったと報告している。この 23 例は脳腫瘍摘出症例の 1.4 % に相当し、髄膜腫とグリオーマで有意に多かった⁴⁴⁾。Gerlach らの術後出血を来した髄膜腫の検討では、危険因子として明らかなものは患者の年齢であり、70 歳を超えると危険率は 6 倍以上になる⁴⁵⁾。術後出血を予防するための安全対策としては、これまで述べて来た様な動脈や静脈の温存が重要であることは言うまでもないが、止血が得られた様に思えても、状況が許せば、麻酔科医に胸腔内圧や血圧を意図的に軽度上昇させる様に依頼して完全な止血を確認することも必要である³⁸⁾。近年、術後出血の危険因子として、第 XIII 因子の低下 (60 % 以下) が注目されている⁴⁶⁾。これは通常の術前検査で行われる凝固系採血の PT や APTT では異常値として捉えられないため、疑わなければ正しい診断には到達できない。第 XIII 因子低下は創傷治癒の遅延も招くため、術後管理の安全性を考える上で、忘れてはならない凝固系検査項目であると考えられる⁴⁷⁾。

まとめ

本稿では、脳腫瘍手術におけるヒヤリ・ハット事例、事故事例、訴訟事例をもとに、腫瘍摘出に関わる安全対策を述べた。一人の脳外科医が脳腫瘍の手術でこのような事例に遭遇する頻度は決して多くはないが、今回改めて文献を検索してみると、多くの先達が「同じ轍を踏まない様

に」と残した軌跡が十分に生かされていない結果生じた合併症もあると感じられた。合併症の報告を集積することは決して容易ではないが、経験に基づく危機管理および安全対策に関する情報を可能な限り共有し合うことこそが、未然に合併症を予防出来ることにつながると信じ、稿を終えたい。

文 献

1. 松谷雅生：脳腫瘍. 太田富雄, 松谷雅生 (編)：脳神経外科学 改訂9版. 金芳堂, 京都, 2004, pp775
2. 宝金清博, 南田善弘, 三上 毅：脳腫瘍手術のリスク. 宝金清博, 鈴木倫保 (編)：脳神経外科リスクマネジメント. 中外医学社, 東京, 2005, pp112-141
3. 児玉南海雄, 河瀬 斌, 佐々木富男, 橋本信夫, 岩崎喜信, 吉田 純：脳神経外科手術におけるヒヤリ・ハット事例、事故事例、訴訟事例の分析による手術治療安全対策ガイドライン作成に関する研究. 厚生労働科学研究費補助金 (医療技術評価総合研究事業) 平成 17 年度総括研究報告書, 2006, pp7-14
4. Al-Mefty O: Clinoidal meningiomas. **J Neurosurg** 73: 840-849, 1990
5. 岩井謙育, 山中一浩, 森川俊枝, 石黒友也, 本田雄二, 松坂康弘, 小宮山雅樹, 安井敏裕：Radiosurgery 時代の傍鞍部髄膜腫の手術治療戦略と治療成績. **No Shinkei Geka** 31: 649-655, 2003
6. 甲村英二：蝶形骨縁髄膜腫の手術. 田渕和雄 (編)：脳腫瘍の外科-脳腫瘍手術の進歩と限界-. メディカ出版, 大阪, 2006, pp104-107
7. Ishikawa M, Nishi S, Aoki T, Takase T, Wada E, Oowaki H, Katsuki T, Fukuda H: Predictability of internal carotid artery (ICA) dissectability in cases showing ICA involvement in parasellar meningioma. **J Clin Neurosci** 8 (Suppl 1):22-25, 2001
8. 南田善弘, 三上 毅, 宝金清博, 端 和夫：Clinoidal meningioma に対する外科治療. 田渕和雄 (編)：脳腫瘍の外科-脳腫瘍手術の進歩と限界-. メディカ出版, 大阪, 2006, pp115-120
9. 永廣信治, 影治照喜：Clinoidal meningiomas の手術. 田渕和雄 (編)：脳腫瘍の外科-脳腫瘍手術の進歩と限界-. メディカ出版, 大阪, 2006, pp108-114
10. Yonekawa Y, Ogata N, Imhof HG, Olivecrona M, Strommer K, Kwak TE, Roth P, Groscurth P: Selective extradural anterior clinoidectomy for supra- and parasellar processes. **J Neurosurg** 87:636-642, 1997
11. 藤津和彦：蝶形骨翼および前床突起髄膜腫. 高倉公朋, 斎藤 勇, 河瀬 斌, 寺本明 (編)：脳神経外科 Advanced Practice 7 髄膜腫. メジカルビュー社, 東京,

- 2002, pp76-85
12. 河瀬 斌：髄膜腫手術の基本手順. 高倉公朋, 斎藤 勇, 河瀬 斌, 寺本 明 (編)：脳神経外科 Advanced Practice 7 髄膜腫. メジカルビュー社, 東京, 2002, pp2-5
 13. Kawase T, Gotoh K, Toya S: A wrapping clip combined with silastic sheet for emergent hemostasis. **Neurosurgery** 35:769-770, 1994
 14. 斎藤良一, 矢崎貴仁, 河瀬 斌, 戸谷重雄：鞍結節部髄膜腫術後に生じた外傷性脳動脈瘤の2例. **No Shinkei Geka** 20:973-977, 1992
 15. 橋本信夫：〈教育講演〉 Huge and/or invasive type の非機能性下垂体腺腫の治療. 神野哲夫 (編)：脳腫瘍の外科手技-スタンダードと新しい展開-. メディカ出版, 大阪, 2000, pp38-43
 16. Lang FF, Olansen NE, DeMonte F, Gokaslan ZL, Holland EC, Kalhorn C, Sawaya R: Surgical resection of intrinsic insular tumors: complication avoidance. **J Neurosurg** 95:638-650, 2001
 17. 隈部俊宏：弁蓋部から島部に浸潤する神経膠腫摘出における血管障害. 神野哲夫 (編)：脳腫瘍の外科手技-スタンダードと新しい展開-. メディカ出版, 大阪, 2000, pp280-287
 18. 斎藤 清：頭蓋底手術に際して静脈や静脈洞を切断したい場合があるが、そのリスクはどの程度なのか？リスクを減少させる方法はあるか？術前に high risk を見分けることは可能か？. 片山容一, 川又達朗 (編)：脳神経外科 専門医に聞く最新の臨床. 中外医学社, 東京, 2006, pp238-240
 19. 松島俊夫：後頭蓋架橋静脈.. 解剖研究から実戦手術へ. 後頭蓋窩の微小外科解剖と手術. サイメッド・パブリケーションズ, 東京, 2006, pp33-42
 20. Inamasu J, Shiobara R, Kawase T, Kanzaki J: Haemorrhagic venous infarction following the posterior petrosal approach for acoustic neurinoma surgery: a report of two cases. **Eur Arch Otorhinolaryngol** 259:162-165, 2002
 21. 永田 泉：前交通動脈瘤 Pterional approach. 三宅悦夫 (編)：脳動脈瘤の手術. 金芳堂, 京都, 1999, pp139-149
 22. Spetzler RF, Dasgupta CP, Pappas CT: The combined supra- and infratentorial approach for lesions of the petrous and clival regions: experience with 46 cases. **J Neurosurg** 76:588-599, 1992
 23. Sekhar LN, Tzortzidis FN, Bejjani GK, Schessel DA: Saphenous vein graft bypass of the sigmoid sinus and jugular bulb during the removal of glomus jugulare tumors. **J Neurosurg** 86:1036-1041, 1997
 24. Sugita K: General consideration: Microneurosurgical Atlas, Springer-Verlag, Berlin, 1985, pp2

25. Kanno T, Kato Y, Kumar S, Nobuo Kiya N: Parasagittal Meningiomas: Brain Tumor Surgery, Neuron Publishing, Tokyo, 2002, pp55-60
26. 坂田勝巳: 側頭葉の静脈系. 三宅悦夫(編): 脳動脈瘤の手術. 金芳堂, 京都, 1999, pp114-122
27. 河瀬 斌: 〈教育講演〉小脳橋角部髄膜腫手術のスタンダード. 神野哲夫(編): 脳腫瘍の外科手技-スタンダードと新しい展開-. メディカ出版, 大阪, 2000, pp139-144
28. 吉田一成, 河瀬 斌: Anterior Transpetrosal Approach. 松野治雄(編) 顕微鏡下手術の為の脳神経外科解剖 XI-手術アプローチの微小解剖-. サイメッド・パブリケーションズ, 東京, 1995, pp178-186
29. 黒川泰任, 上出延治, 丹羽 潤, 大坊雅彦, 端 和夫: 開頭手術を必要とした大きな下垂体腺腫の視力予後と再発について: Frontotemporal Approach と Interhemispheric Approach の比較. **No Shinkei Geka 26:** 813-821, 1998
30. 佐々木富男: 鞍結節および鞍上髄膜腫; pterional approach. 高倉公朋, 斎藤 勇, 河瀬 斌, 寺本 明(編): 脳神経外科 Advanced Practice 7 髄膜腫. メジカルビュー社, 東京, 2002, pp70-75
31. 福井仁士, 山下正憲: 鞍結節髄膜腫. 阿部 弘, 菊池晴彦, 田中隆一, 坪川孝志, 平川公義, 松本 悟(編) 脳神経外科疾患の手術と適応 I. 朝倉書店, 東京, 1990, pp84-97
32. 寺本 明: 経蝶形骨下垂体手術の合併症. **No Shinkei Geka 31:** 1165-1176, 2003
33. Black PM, Zervas NT, Candia GL: Incidence and management of complications of transsphenoidal operation for pituitary adenomas. **Neurosurgery 20:**920-924, 1987
34. Ciric I, Ragin A, Baumgartner C, Pierce D: Complications of transsphenoidal surgery: results of a national survey, review of the literature, and personal experience. **Neurosurgery 40:** 225-236, 1997
35. Nishioka H, Haraoka J, Ikeda Y: Risk factors of cerebrospinal fluid rhinorrhea following transsphenoidal surgery. **Acta Neurochir (Wien) 147:**1163-1166, 2005
36. 山本勇夫: 〈教育講演〉脳室内手術の10訓. 吉井 與志彦(編): 脳腫瘍の外科-脳腫瘍外科のコンセプトと治療予後向上の工夫-. メディカ出版, 大阪, 2004, pp69-76
37. Hirsch JF, Zouaoui A, Renier D, Pierre-Kahn A: A new surgical approach to the third ventricle with interruption of the striothalamic vein. **Acta Neurochir (Wien) 47:**135-147, 1979
38. 田渕和雄: 〈教育講演〉髄芽腫の手術. 長尾省吾(編): 脳腫瘍の外科-最新のテクノロジーを用いた正中部および脳幹・間脳腫瘍の手術-. メディカ出版, 大阪,

- 2002, pp216-221
39. 三木啓全：小脳虫部,第4脳室腫瘍（橋部腫瘍）. 野村和弘（編）：国立がんセンター編. 癌の外科-手術手技シリーズ 悪性脳腫瘍. メジカルビュー社, 東京, 1993, pp84-91
 40. Morota N, Deletis V: The importance of brainstem mapping in brainstem surgical anatomy before the fourth ventricle and implication for intraoperative neurophysiological mapping. **Acta Neurochir (Wien)** **148**: 499-509, 2006
 41. Higazi I: Epidural hematoma as complication of ventricular drainage. **J Neurosurg** **20**:527-528, 1963
 42. Hamlat A, Heckly A, Doumbouya N, Seigneuret E, Brassier G: Epidural hematoma as a complication of endoscopic biopsy and shunt placement in a patient harboring a third ventricle tumor. **Pediatr Neurosurg** **40**:245-248, 2004
 43. Pereira CU, Porto MW, de Holanda RR, de Andrade WT: Epidural hematoma after ventriculoperitoneal shunt surgery. **Arq Neuropsiquiatr** **56**:629-632, 1998
 44. Kalfas IH, Little JR: Postoperative hemorrhage: a survey of 4992 intracranial procedures. **Neurosurgery** **23**:343-347, 1988
 45. Gerlach R, Raabe A, Scharrer I, Meixensberger J, Seifert V: Post-operative hematoma after surgery for intracranial meningiomas: causes, avoidable risk factors and clinical outcome. **Neurol Res** **26**:61-66, 2004
 46. Gerlach R, Tolle F, Raabe A, Zimmermann M, Siegemund A, Seifert V: Increased risk for postoperative hemorrhage after intracranial surgery in patients with decreased factor XIII activity: implications of a prospective study. **Stroke** **33**:1618-1623, 2002
 47. Inbal A, Dardik R: Role of coagulation factor XIII (FXIII) in angiogenesis and tissue repair. **Pathophysiol Haemost Thromb** **35**:162-165, 2006

第3章 脳動脈瘤手術の安全対策

佐々木 富男, 松角 宏一郎 (九州大学脳神経外科)

はじめに

平成17年度の厚生労働省科学研究「脳神経外科手術におけるヒヤリ・ハット事例、事故事例、訴訟事例の分析による手術治療安全対策ガイドライン作成に関する研究」において、脳動脈瘤手術に関連して報告された事例は、ヒヤリ・ハット事例11例、事故事例22例、および訴訟事例1例の全34事例であった¹⁾。その発生原因は、ヒヤリ・ハット事例の11例中7例、事故事例の22例中11例が不適切な術中操作によるものであり、単純な不注意によるもの（事故事例中5例）を加えると全体の68%と過半数を占めた。これらの事例を個々に検討したところ、脳動脈瘤手術に対する基本姿勢を適切に守れば未然に防ぎ得たと思われるものも多数存在した。本稿では動脈瘤手術に関する代表的事例を提示し、原因および対策について解説する。

1. 開頭および硬膜切開時のトラブル

症例1：67歳、女性。右中大脳動脈未破裂動脈瘤。ハイスピードドリルにて開頭時に硬膜および直下の脳皮質静脈を損傷した。出血点を凝固止血し、損傷した硬膜は筋膜を用いて修復した。術後、明かな神経脱落症状は認めなかった。

症例2：50歳、女性。右内頸後交通動脈分岐部破裂動脈瘤。開頭の際、眼窩上壁を意図せず切除し、同時に上眼瞼挙筋を損傷した。術後4ヶ月間、右眼瞼下垂を認めたが、その後回復した。

症例3：79歳、男性。前交通動脈破裂動脈瘤。両側前頭開頭の際に前頭洞粘膜の損傷を見逃し、修復を行わなかったため、術後髄液漏と気脳症を来した。再開頭手術による修復を余儀なくされた。

症例4：67歳、女性。内頸動脈未破裂動脈瘤。開頭手術の際に用いた頭

皮クリップのメッキが剥がれ、皮下異物として残存した。術後数ヶ月後に皮下膿瘍を形成し、再手術による異物除去が必要となった。

解説：脳動脈瘤手術に関連して報告された中に、開頭や硬膜切開に伴う事例も多数含まれており、その中から代表的症例を選択して提示した。その他にも、手術器具の落下による手術中断（ヒヤリ・ハット事例）や、術者が脳ベラに接触したことによる脳損傷（事件事例）などの報告があった。いずれの事例も不注意が原因と言わざるを得ず、処置を行う際にその危険を認識し、十分な注意を払っていれば防げたものである。特に症例3および4は、再手術が必要となっており、患者に身体的負担のみならず経済的負担も課すこととなり厳に慎むべきものである。これらの事例は、脳動脈瘤手術に限らず開頭手術全般に起こり得ることであり、「開頭・穿頭手術の安全対策のためのガイドライン」として別項に詳述されているので参照されたい。

2. 動脈瘤の術中破裂（premature rupture）

症例1：56歳、女性。右内頸動脈後交通動脈分岐部破裂動脈瘤。動脈瘤ネックの剥離操作中に術中破裂を来した。結果的に動脈瘤は dome clipping に止め、残存ネックに対しては coating 処置を行って手術を終了した。

症例2：59歳、男性。右中大脳動脈分岐部破裂動脈瘤。著しい脳腫脹を伴う重症くも膜下出血症例。Sylvius 裂剥離時に動脈瘤再破裂を来した。破裂時、親動脈が確保されておらず、出血を吸引しながら動脈瘤 clipping を行い得たが、術後に脳浮腫および脳血管攣縮のコントロールが困難となり、術後早期に死亡した。

症例3：65歳、女性。右内頸動脈後交通動脈分岐部破裂動脈瘤。開頭を終了し、硬膜を切開していたところ動脈瘤破裂を来たして著しい脳腫脹が生じた。右前頭葉を切除し、動脈瘤クリッピングを完成させたが、術後に遷延性意識障害と左片麻痺を生じた。

症例4：37歳、女性。右内頸動脈血豆状破裂動脈瘤。内頸動脈周囲の血腫を除去中に動脈瘤が破裂し、内頸動脈壁自体が破綻した。内頸動脈の

トラッピング及び STA-MCA 吻合術を行ったが、術後右前頭葉と大脳基底核に広汎な脳梗塞が生じ、顔面を含む重篤な左片麻痺を来した。

症例 5 : 62 歳、女性。左内頸動脈前脈絡叢動脈分岐部破裂動脈瘤。動脈瘤ネックと前脈絡叢動脈の剥離操作中に動脈瘤破裂が生じたため、temporary clip を用いて内頸動脈の血流を一時遮断した。動脈瘤クリッピングは施行し得たが、術後軽度の右片麻痺が残存した。

解説 : 予期せぬ動脈瘤の術中破裂 (premature rupture) は、ヒヤリ・ハット事例に 5 例、事故事例に 5 例の報告が認められ、脳動脈瘤手術に関連して報告された事例の中で最多であった。Premature rupture に対する迅速かつ適切な処置を誤ると、患者が致命的となったり、重篤な神経後遺症を生じる原因となり得る^{2,3)}。術中破裂を来たさない様な手術操作を行うことが最も肝要な事であるが、動脈瘤の術中破裂は一定の頻度で起こり得るもので、一旦動脈瘤が破裂し大量出血が起こった場合に、その対処法を習熟して適切な処置を行うことができれば最悪の事態を回避することが可能である。破裂に遭遇した場合、まず視野の確保に努め、point suction、temporary clip、tentative clip を適時適切に行い、permanent clipping を遂行する⁴⁾。また、術前の脳血管撮影検査、ヘリカル 3D-angiography などの検討から、内頸動脈の確保が硬膜内操作において困難と判断される場合、開頭に先立ち頸部内頸動脈を確保する処置が必要となる。手術側の頸部を伸展させておき、頸動脈を徒手圧迫するだけでも、ある程度出血コントロールは可能であるが、より確実なコントロールが必要と予想されたり、クリッピングに際して動脈瘤の緊満を十分に減じる必要がある場合には、躊躇せずに頸部内頸動脈を剥離して一過性の血流遮断が可能となる様に準備することが大切である。

3. 動脈瘤クリッピング術に伴う穿通枝障害

症例 1 : 67 歳、女性。脳底動脈先端部未破裂動脈瘤。動脈瘤クリッピング術後、両側視床梗塞が生じて意識障害を来した。

症例 2 : 74 歳、女性。右中大脳動脈未破裂動脈瘤。脳動脈瘤クリッピン

グ術後、穿通枝血流障害による脳梗塞を生じ、左上下肢麻痺を来した。

症例 3 : 40 歳、男性。左内頸動脈前脈絡叢動脈破裂動脈瘤。動脈瘤クリッピング術後、前脈絡叢動脈領域に梗塞が生じ、右片麻痺を生じた。

解説 : 動脈瘤クリッピング術に伴う穿通枝障害は、今回の集計では 4 事例報告され、内訳は中大脳動脈瘤 2 例、脳底動脈先端部動脈瘤 1 例、内頸動脈前脈絡叢動脈瘤 1 例であった。術後 CT または MRI において穿通枝領域に虚血領域が確認されたとしても、小梗塞のため幸運にも神経学的脱落症状が明かにならない症例もあり、実際にはもっと多くの穿通枝障害が存在すると思われる。穿通枝障害の発生率を低下させるためには、動脈瘤のネックを十分に観察し、clipping 後も動脈瘤を穿刺または電気凝固するなどして虚脱させ、クリップによる穿通枝の巻き込みがないかを可能な限り検察することが重要である。しかしながら、クリッピング処置が確実であると肉眼的に判断したり、またドプラー血流計による血流音のチェックを行ったとしても、実際には穿通枝に狭窄をきたしており、血流量の不足から予期せぬ穿通枝障害を経験することがある^{5,6)}。こうした血流不全に伴う脳機能障害を予防するため、体性感覚誘発電位 (SEP: somatosensory evoked potential) や運動誘発電位 (MEP: motor evoked potential) の電気生理学的モニタリングが術中積極的に用いられるようになってきている。特に MEP モニタリングは内頸動脈や中大脳動脈の血流不全による皮質運動野の異常も、前脈絡叢動脈や外側レンズ核線条体動脈の血流不全による内包近傍の異常もとらえることが可能で有用である⁷⁾。

4. 動脈瘤クリッピング術後に生じた脳梗塞 (穿通枝障害以外)

症例 1 : 79 歳、女性。右中大脳動脈分岐部破裂動脈瘤。クリッピング時、動脈瘤に癒着した架橋静脈を犠牲にしたところ、術後右前頭葉に出血性脳梗塞を生じ、意識障害と左片麻痺が出現した。

症例 2 : 54 歳、女性。右中大脳動脈未破裂動脈瘤。動脈瘤クリッピングは問題なく施行し得たと判断したが、術後右側頭葉に脳梗塞を生じて左

片麻痺が出現した。

症例 3 : 62 歳、男性。前交通動脈未破裂動脈瘤。右前頭側頭開頭にて動脈瘤クリッピング術を施行したが、術後に右前大脳動脈領域に脳梗塞を生じて、認知障害と左片麻痺が出現した。

症例 4 : 53 歳、女性。左内頸動脈未破裂巨大動脈瘤。動脈瘤クリッピング術を施行したところ、瘤内血栓の移動による左中大脳動脈閉塞が生じた。緊急に血栓溶解術を行ったが、中大脳動脈領域に脳梗塞を来とし、右片麻痺と失語が出現した。

症例 5 : 65 歳、男性。左中大脳動脈分岐部未破裂大型動脈瘤。動脈瘤クリッピングに際して、瘤内血栓が親動脈を閉塞した。緊急に STA-MCA 吻合術を行ったが効果なく、広範な脳梗塞を生じて、術後 5 ヶ月目に死亡した。

解説 : 動脈瘤クリッピング術に伴う脳梗塞の発生に関して、症例 1、2 および 3 は不用意な静脈損傷や過度の脳圧迫が起因していると思われる。安全なクリッピングを遂行するためには、どのアプローチにおいても、くも膜を十分に剥離して脳に可動性を持たせ、脳ベラによる脳の圧排を最小限に留めることが肝要である。必要充分なくも膜切開を行わないままに、漫然と長時間、同じ部位に脳ベラをかけ続けたり、脳を強く引いた状態で脳ベラを固定してしまうと、その部分の静脈環流を障害して術後に脳梗塞を引き起こす危険性が高い。

また、Sylvius 裂深部で遭遇する deep sylvian vein や、interhemispheric approach の際に術野に現れる frontopolar vein を不用意に損傷すると、術後に静脈梗塞や脳内血腫を形成して重篤な合併症を生じ得る^{8,9)}。主要導出静脈になっていない細い静脈は、切断しても合併症はほとんど起こらないとされているが、予期せぬ合併症を回避する意味でも極力温存を図るべきである。

症例 4 および 5 は、難易度の高い大型または巨大動脈瘤症例であり、特に症例 5 は訴訟事例となった。大型または巨大動脈瘤の手術は脳神経外科手術のなかでも challenging なものであり、手術治療による morbidity、