

mortality はいまだ高く満足のいくものではない^{10, 11)}。術前より十分なインフォームドコンセントを取得しておくことが最も重要であることは言うまでもない。また、十分な術前検討の上、クリッピングが可能と思われても、万が一動脈瘤のトラッピングに終わった場合を考慮し、予め血行再建術の施行を検討する姿勢が重要と思われる。

5. 動脈瘤クリッピング術に伴う神経障害

症例 1：60 歳、女性。右内頸動脈後交通動脈分岐部破裂動脈瘤。術中に動脈瘤破裂を来たした際、盲目的に内頸動脈に temporary clip をかけて出血をコントロールしたが、クリップ先端が右視神経を同時に挟んでおり、術後に視野視力障害を来した。

症例 2：50 歳、男性。前交通動脈未破裂動脈瘤。動脈瘤周囲が強く癒着しており、剥離操作中に視神経を損傷した。手術はラッピング術に終わり、術後視力視野障害を生じた。その後、動脈瘤に対してはコイリング術が行われた。

解説：症例 1 は術中破裂を来した際の不適切な操作が原因である。動脈瘤からの予期せぬ大量出血に動転せず、冷静な対処を行い得れば回避できたものと思われる。動脈瘤からの出血を吸引管にて的確に point suction することが最も重要な手技となる。術野の視野が確保できていないうちに盲目的にクリップを挿入すると、本事例の如く視神経と一緒に挟み込んだり、不必要に長いブレードのクリップを使用して動眼神経を損傷する可能性がある。また、さらに危険なことは、不確かなクリップ操作により破裂部をさらに拡大させたり、母血管に修復不可能な孔を開けてしまうことがあり、このような操作は厳に慎むべきものである。

6. 手術対象である動脈瘤の見落とし

症例 1：67 歳、女性。右中大脳動脈多発性未破裂動脈瘤。単発性動脈瘤の術前診断にて開頭クリッピング術を施行した。術後検査にて、本来目的とした動脈瘤ではない別の小動脈瘤にクリッピング処置を行ったこと

が判明し、再開頭クリッピング術を施行した。

解説：不注意による事故であり、術前の検討不足と術中所見の観察不足が原因である。術前検査の詳細な検討を行って、動脈瘤の位置や形状、周囲構造物との関係を把握し、手術中に動脈瘤の観察を適切に行いさえすれば回避可能な事例と判断される。画像診断技術の進歩に伴い、多発性脳動脈瘤の頻度は3分の1以上とする報告があり¹²⁾、他に動脈瘤の見落としがないかを常に注意するべきである。特にくも膜下出血発症例における破裂部位の判断ミスは、訴訟事例となる可能性もあり、くも膜下出血の分布、動脈瘤の大きさや形状、また合併する脳実質内出血の局在から詳細に検討する必要がある。

7. その他

症例 1：63歳、男性。前交通動脈破裂動脈瘤。開頭動脈瘤クリッピング術は問題なく施行し得た。しかしながら、術後8日目にベッドから転倒して頭部を打撲し、広汎な脳室内出血を生じた。緊急にて脳室内ドレナージ術を行うも効果なく、死亡した。

解説：脳動脈瘤手術と直接には関係しないが、平成17年度に脳動脈瘤手術に関連した事例として報告されている。脳血管障害に対する治療はチーム医療であり、特に意識障害や運動・感覚障害を伴うことも多い周術期において、コメディカル・スタッフと共に綿密な患者管理体制が必要となる。

まとめ

本稿では、動脈瘤手術におけるヒヤリ・ハット事例、事故事例を中心に解説を加えたが、発生原因としては不適切な手術操作によるものが最も多かった。

動脈瘤手術における、1) 髄液を十分に排除して脳に対する過度の圧排を避け、2) 静脈も可能な限り温存し、3) 脳動脈瘤周囲では特に慎重かつ十分な剥離操作を行い、4) 穿通枝閉塞を生じないことを確認した後に

クリッピングを行う、という基本姿勢に立ち返ることが重要である。動脈瘤の術中破裂は一定の頻度で起こり得るものであるが、だからこそ、常にその危険を想定して proximal control を行うことも基本中の基本である。クリッピングに伴う穿通枝障害に対しては、動脈瘤ネックの十分な剥離、神経内視鏡の併用とともに、電気生理学的モニタリングを積極的に用いることも重要であり、今後モニタリングを行わずして穿通枝障害が生じた場合、特に未破裂脳動脈瘤においては訴訟事例に発展する可能性があると思われる。

重症くも膜下出血による頭蓋内圧亢進例では、開頭や硬膜切開などによる減圧により動脈瘤の premature rupture を来す可能性がある。患者搬入時より十分な鎮静、鎮痛および降圧処置を行い、手術中も低血圧維持を確認するとともに、患者家族に対して高リスクであることの十分なインフォームドコンセントを取得しておくことが大切である。大型動脈瘤治療の際には、瘤内圧を十分に下げたうえでクリッピングを施行することが肝要であり、頸部血管の確保、頭蓋底アプローチや、種々の血行再建術に習熟していることが重要となる。

厳しい医療環境のなか、動脈瘤手術における事故・訴訟事例は今後も増加する危険性があり、特に未破裂脳動脈瘤の症例では、保存的治療や血管内治療も視野に入れて厳格な手術適応の検討を行い、手術に際してのリスクを十分に説明するべきである。

文 献

1. 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, pp1-41
2. Batjer H, Samson D: Intraoperative aneurysmal rupture: Incidence, outcome, and suggestions for surgical management. **Neurosurgery** 18:701-707, 1986
3. 永田和哉: 術中脳動脈瘤破裂への対処. **脳外ジャーナル** 13: 775-780, 2004
4. Kato Y, Sano H, Okuma I, Akashi K, Hayakawa M, Yoneda M, Yoshida K, Kanno T: Pitfalls in aneurysm surgery in acute stages. **Neurol Res** 19: 17-19, 1997

5. Friedman JA, Pichelmann MA, Piegras DG, Atkinson JL, Maher CO, Meyer FB, Hansen KK: Ischemic complications of surgery for anterior choroidal artery aneurysms. **J Neurosurg** **94**: 565-572, 2001
6. 佐々木達也, 佐藤園美, 佐久間 潤, 紺野 豊, 佐藤正憲, 鈴木恭一, 松本正人, 児玉南海雄: 動脈瘤術後の穿通枝梗塞. **脳卒中の外科** **30**:101-106, 2002
7. Suzuki K, Kodama N, Sasaki T, Matsumoto M, Konno Y, Sakuma J, Oinuma M, Murakawa M: Intraoperative monitoring of blood flow insufficiency in the anterior choroidal artery during aneurysm surgery. **J Neurosurg** **98**: 507-514, 2003
8. Browder J, Krieger AJ, Kaplan HA: Cerebral veins in the surgical exposure of the middle cerebral artery. **Surg Neurol** **2**: 359-363, 1974
9. Tsutsumi K, Shiokawa Y, Sakai T, Aoki N, Kubota M, Saito I: Venous infarction following the interhemispheric approach in patients with acute subarachnoid hemorrhage. **J Neurosurg** **74**: 715-719, 1991
10. Ausman JI, Diaz FG, Sadasivan B, Gonzeles-Portillo M Jr, Malik GM, Deopujari CE: Giant intracranial aneurysm surgery: the role of microvascular reconstruction. **Surg Neurol** **34**:8-15, 1990
11. Lawton MT, Spetzler RF: Surgical management of giant intracranial aneurysms: experience with 171 patients. **Clin Neurosurg** **42**:245-266, 1995
12. Rinne J, Hernesniemi J, Puranen M, Saari T: Multiple intracranial aneurysms in a defined population: prospective angiographic and clinical study. **Neurosurgery** **35**:803-808, 1994

第4章 脳動静脈奇形手術の安全対策

橋本 信夫, 高木 康志 (京都大学脳神経外科)

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』では、脳腫瘍手術、脳動脈瘤手術、脳動静脈奇形 (arteriovenous malformation, AVM) 手術、脊髄脊椎手術、血管内手術の5つの分野におけるヒヤリ・ハット事例、事故事例、訴訟事例を集積し検討した¹⁾。この中でAVM手術は、症例数の多い病院でも年10例程度であり、当然のことながらヒヤリ・ハット等の事例は少ない。そこで本稿では、集積した事例の提示および解説を加えると同時に、以前に経験してきた事例において我々が得てきたAVM手術における注意事項についても解説を加えた。

1. 手術に関するヒヤリ・ハット

症例1: 50歳、男性。AVM。術中に深部静脈が閉塞し広範な脳梗塞を生じ、重篤な意識障害、左片麻痺が生じた。

症例2: 29歳、女性。AVM。摘出術の際、予想以上の脳組織の腫脹と出血にて非常に長時間の手術となった。

2. 脳血管撮影に関するヒヤリ・ハット

症例3: 29歳、女性。AVM。摘出術の際、予想以上の脳組織の腫脹と出血にて非常に長時間の手術となった。

症例4: 4歳、女性。AVM。術中アンギオグラフィーのカテーテルが術中に閉塞した。

解説: ヒヤリ・ハットの発生原因として手術に関するものは、予期し得ないものであり再発防止完璧に防ぐことは難しいと言わざるを得ない。

AVMの手術は脳血管障害の手術の中でも、難易度が高いことが知られており、この点について術前に患者およびその家族にも、十分な informed consent を得た上で手術を行うことが肝要であると思われる。AVM に対しては、定位放射線治療、血管内手術という選択肢もあり、一つの方法に固執するのではなくそれぞれの治療の利点及び欠点を説明し、個々の症例に応じて治療手段を選択することが必要である。American Heart Association が 2001 年に発表した AVM の治療に関するガイドラインにおいては、Spetzler-Martin Grade I、II の AVM で手術が可能な症例は直達手術を第一選択に、また手術が難しい症例では stereotactic radiosurgery を第一にすることを推薦している²⁾。いずれにしても、個々の症例を詳細に検討し患者及びその家族に十分な説明をした上で治療を開始することが重要であると思われる。

AVM に対する直達手術の問題点としては以前より思わぬ出血合併症の管理が最重要課題であり症例 1 に挙げられた術中のドレーナーの閉塞、症例 2 に起こった脳組織の出血と腫脹は、それぞれ AVM の手術の際に起こりやすいことが以前より報告されている。その原因として Spetzler ら³⁾ は normal perfusion pressure breakthrough (NPPB) を提唱し、また al-Rodhan ら⁴⁾ は occlusive hyperemia の報告をしている。最近では橋本ら⁵⁾ が nidus 内の vascular loop の重要性を認識し、より安全に手術が行われるようになっている。しかし、症例 1 と 2 で経験されたような現象は起こり得る。これを防ぐためには手術の際に基本事項を徹底することが肝要である。以下 AVM 手術における基本手技として我々が脳神経外科誌上で発表したことを中心に述べる⁶⁾。

【一般的な手術手技の留意点】

[皮切、開頭、硬膜切開⁶⁾]

皮切の際、皮膚の動脈が feeder となっている例があり、出血に十分に留意する。さらに開頭時に硬膜動脈が feeder の一部となっている症例や drainer が硬膜でポーチを作ってから sinus に流入している場合があり、これらの損傷は思わぬ出血をきたす。Drainer が注ぎ込んでいる硬膜静脈洞

の血流量は増加しており、骨弁をはずすときに十分な注意が必要なことは言うまでもない。開頭の範囲は、nidus に脳表から注ぎ込む feeder がすべて露出できる範囲とし、更に術中のトラブルの際に脳浮腫が予想されるために十分な余裕を持って行う。Drainer も十分に開頭範囲に含めた方が安全である。硬膜切開は出血点が分かりやすいのと、sinus や feeder に非常に近いところまで切り込みやすいために尖刃刀で行うことも考慮する。硬膜から feeder があつたり nidus が硬膜に癒着している症例も多々あり、このような場合には教科書の形にこだわらず feeder を処置したり、慎重に癒着を剥離し nidus を損傷しないように、硬膜を反転させる。

[sulci の剥離⁶⁾]

硬膜を反転させると脳表を十分に観察する。Feeder の nidus への流入点を確認する。この際には feeder が脳表から流入しているように見えても脳溝の中に埋めれていることも多く、この場合 sulci を atraumatic に剥離していく技術は必須である。この際 microscissors を用いた sharp dissection の他に、先の細い、やわらかい Codman 社製のバイポーラー (Malis Non-Stick Mirror Finish Bipolar Forceps, non-coating type) などを短いストロークで使い少しずつ脳表を傷つけないように剥離することは有用である。そのようにして、まず nidus が存在している周囲の sulci を剥離し、nidus の範囲を確認するとともに、main feeder と思われる artery に temporally clip を apply していく。Nidus 周囲に確認された feeder に temporally clip を apply した後、術中脳血管撮影を行い、nidus の造影を確認する。この時、ある feeder を処理すると術前の血管撮影ではっきりしていなかった他の artery よりの feeder が明らかになることがある。術中脳血管撮影においてクリップできる feeder が処理されているのを確認のうえ、剥離を始める。

症例 3 と 4 の 2 例に関しては、この血管撮影の際に用いられるカテーテルに関するトラブルであり、これについては対策が可能であると考えられる。いずれの症例も伏臥位の手術で行われており、体位変換に伴うカテーテルの引っ張りや圧迫が原因となっていることが予想される。手術に際し、他の血管ラインと同様にカテーテルの扱いに十分注意しておれ

ば防ぐことができたと思われる。AVMの手術において、ここで述べているように術中カテーテル検査は術中の奇形の状態や術後の残存を確認する上で非常に重要な役割を果たしており、十分な留意によってトラブルを避ける必要があると考えられる。

以下更に手術における留意点について我々がAVM手術の際に合併症を防ぐ上で役に立つと考えているテクニックについて述べる。

[Step-wise temporally clip application^{6,7)}

Feederに対するclippingの際、nidusに入る直前で止めるのが理想的であるが、無理な場合にはまず、ややproximalの部分でfeederを止めて剥離を先に進める。剥離が進むと、clipをnidus直近へ移す。この方法でpassing arteryを区別し残すことができる。

[Minimum coagulation of the nidus^{6,7)}

AVMの剥離に入ると血管のtangleに遭遇する。このnidus表面の血管のループをできるだけ焼かないようにしている。Loopがあればloopの外側に回りこむようにしながら剥離を続け、nidusの外部からnidusに流入するsmall arteryを見つけて、このsmall arteryのみをバイポーラーで処理する。白質内でsmall feederは圧が高ければ、積極的にクリップをapplyしている。このnidus表面のloopを傷害すると、nidus内の血流が阻害され、nidus内圧が上昇し出血合併症が生じやすくなる。またバイポーラーで焼き続けて手術を行うとnidusと正常脳の境界が判別できなくなり、nidus内に迷入しやすく、更にnidusの処理を困難にさせる。このように、nidusの剥離を続け、最終的にはmain drainerを残しながら、nidusを起こしていく。前述した白質の部分での、small arteryの処理は非常に難しい。Feederの処理が十分に出来ているとnidusの圧が下がっており、nidusに直接compressionを加えnidusを小さくすることが可能で剥離面を作ることが出来る。またnidusの剥離の以前にfeederの処理が十分にできていないとnidusに連絡する拡張したsmall arteryがバイポーラーで焼却した際にはじめて、白質内に埋没してしまい難渋する。また、small arteryは焼却した際にバイポーラーに付着してしまい、処理が難しくなる。最近発売

された Codman 社製 IsoCool bipolar は焼却の際に付着が少ないのが最大の特徴で AVM 手術の際に有用である。Nidus 摘出後、出血が無いことをよく確認する。周囲脳の腫脹がないことが確認できれば閉創に移る。脳浮腫が強くなければ、硬膜は primary closure を行い、骨弁を戻す。大きな、high flow の症例では摘出後、脳浮腫が強くと外減圧が必要なこともある。

AVM の治療には microsurgery、endovascular surgery、stereotactic radiosurgery の三つの柱が存在する⁸⁾。それぞれの治療でまとまった症例数の治療成績が報告され、randomized study はないものの、個々の治療成績についてはおおまかな結果が得られている。

Endovascular treatment については、一時期 palliative treatment も多く行われたが、その治療成績が予想より良好ではなかったことが判明した⁹⁾。更に endovascular treatment のみで完全閉塞を得られたものは 5-10% に過ぎないことも報告されている。手技に伴う合併症に関して Ledezma ら¹⁰⁾ は 6.5% の症例で合併症を認めたと報告しており、Haw ら¹¹⁾ は 3.9%、Taylor ら¹²⁾ は 11% と報告している。

一方、stereotactic radiosurgery 特に gamma knife による AVM の治療については確立された感がある。海外からのみならず日本からの報告においても Shin ら¹³⁾ は gamma knife 照射により 3 年間で 72%、5 年間で 87.3% の症例で nidus の閉塞を認めている。そして特に出血例や小さい nidus で閉塞率が高いと報告している。Gamma knife 後の出血率に関しては年 0.3% とされ¹⁴⁾、照射後から出血率は低下し、nidus 閉塞後も持続すると報告されている¹⁵⁾。

直達手術に関しては Spetzler-Martin grade I、II の症例の microsurgery による摘出術は非常に成績が良いことが示されている。Morgan ら¹⁶⁾ はこのような AVM の surgical morbidity を 0.9% としている。また小さい nidus の症例についても Pik ら¹⁷⁾ は nidus が 3cm 以下の症例に対する手術において 1.6% の non-eloquent area AVM の合併症、4.3% の eloquent area AVM の合併症率を報告している。これらの報告もふまえて AHA が 2001 年に発表した AVM に対する治療のガイドライン²⁾においても、Spetzler-Martin grade I、

IIの症例に関してはmicrosurgeryによる摘出術が推奨されている。ただし、シルビウス裂近傍の症例は、手術の困難さが報告されており¹⁸⁾、特にlateral lenticulostriate arteryにより血流を受けるAVMの手術のmorbidityについては36%との報告もある¹⁸⁾。

まとめ

以上のように、AVMの手術の際に留意するいくつかのポイントがある。ここでは我々の考え方を中心に述べたが、米国Spetzlerらのgroupから発表されたテクニカルノートにおいてもよく似た留意点が述べられている¹⁹⁾。AVM手術においては、一年に一つの施設が経験する症例数が少なく、これらのポイントを注意深く気をつけながら手術を行うという以外に、合併症を防ぐ手だてはないと考えられる。

文 献

1. 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, pp1-41, 2006
2. Ogilvy CS, Stieg PE, Awad I, Brown RD Jr, Kondziolka D, Rosenwasser R, Young WL, Hademenos G; Special Writing Group of the Stroke Council, American Stroke Association: AHA Scientific Statement: Recommendations for the management of intracranial arteriovenous malformations: a statement for healthcare professionals from a special writing group of the Stroke Council, American Stroke Association. **Stroke** 32:1458-71, 2001
3. Spetzler RF, Wilson CB, Weinstein P, Mehdorn M, Townsend J, Telles D: Normal perfusion pressure breakthrough theory. **Clin Neurosurg** 25:651-72, 1978
4. al-Rodhan NR, Sundt TM Jr, Piepgras DG, Nichols DA, Rufenacht D, Stevens LN: Occlusive hyperemia: a theory for the hemodynamic complications following resection of intracerebral arteriovenous malformations. **J Neurosurg** 78:167-75, 1993
5. Hashimoto N: Microsurgery for cerebral arteriovenous malformations: a dissection technique and its theoretical implications. **Neurosurgery** 48:1278-81, 2001
6. 高木康志, 橋本信夫: 脳動静脈奇形手術の基本手技. **No Shinkei Geka** 34:1207-1214, 2006

7. Nozaki K, Hashimoto N: A large cerebellopontine angle arteriovenous malformation: Kobayashi S: *Neurosurgery of Complex Vascular Lesions and Tumors*, Thieme Medical Publishers, 2005, pp123-126
8. Fleetwood IG, Steinberg GK. Arteriovenous malformations. **Lancet** **359**:863-873, 2002
9. Miyamoto S, Hashimoto N, Nagata I, Kikuchi H: Posttreatment sequelae of palliatively treated cerebral arteriovenous malformations. **Neurosurgery** **46**:589-594, 2000
10. Ledezma CJ, Hoh BL, Carter BS, Pryor JC, Putman CM, Ogilvy CS: Complications of cerebral arteriovenous malformation embolization: multivariate analysis of predictive factors. **Neurosurgery** **58**:602-611, 2006
11. Haw CS, terBrugge K, Willinsky R, Tomlinson G: Complications of embolization of arteriovenous malformations of the brain. **J Neurosurg** **104**:226-232, 2006
12. Taylor CL, Dutton K, Rappard G, Pride GL, Replogle R, Purdy PD, White J, Giller C, Kopitnik TA Jr, Samson DS: Complications of preoperative embolization of cerebral arteriovenous malformations. **J Neurosurg** **100**:810-812, 2004
13. Shin M, Maruyama K, Kurita H, Kawamoto S, Tago M, Terahara A, Morita A, Ueki K, Takakura K, Kirino T: Analysis of nidus obliteration rates after gamma knife surgery for arteriovenous malformations based on long-term follow-up data: the University of Tokyo experience. **J Neurosurg** **101**:18-24, 2004
14. Shin M, Kawahara N, Maruyama K, Tago M, Ueki K, Kirino T: Risk of hemorrhage from an arteriovenous malformation confirmed to have been obliterated on angiography after stereotactic radiosurgery. **J Neurosurg** **102**:842-846, 2005
15. Maruyama K, Kawahara N, Shin M, Tago M, Kishimoto J, Kurita H, Kawamoto S, Morita A, Kirino T: The risk of hemorrhage after radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations. **N Engl J Med** **352**:146-153, 2005
16. Morgan MK, Rochford AM, Tsahtsarlis A, Little N, Faulder KC: Surgical risks associated with the management of Grade I and II brain arteriovenous malformations. **Neurosurgery** **54**:832-837, 2004
17. Pik JH, Morgan MK: Microsurgery for small arteriovenous malformations of the brain: results in 110 consecutive patients. **Neurosurgery** **47**:571-575, 2000
18. Morgan MK, Drummond KJ, Grinnell V, Sorby W: Surgery for cerebral arteriovenous malformation: risks related to lenticulostriate arterial supply. **J Neurosurg** **86**:801-805, 1997
19. Clatterbuck RE, Hsu FP, Spetzler RF: Supratentorial arteriovenous malformations. **Neurosurgery** **57(1 Suppl)**:164-167, 2005

第5章 脊髄脊椎手術の安全対策

岩崎 喜信, 矢野 俊介, 飛騨 一利 (北海道大学神経外科)

はじめに

脊髄脊椎疾患は機能外科であることから、患者が望むものは手術により痛みなどの神経症状が改善、もしくは軽減することである。したがって、合併症によって機能が低下することに対しては、患者にとっては生命の危機を感じる頭蓋内疾患と比べると、患者の肉体的苦痛はもとより精神的苦痛も大きくなる。しかしながら合併症はある確率において発生するものであり、皆無にはできない。重要なのはいかに合併症の確率を減らすかであり、そのためにはいわゆる合併症予防の3原則を常に念頭において治療にあたる必要がある。つまり、適切な手術適応、的確な手術手技と安全対策、合併症の早期発見と迅速な対応が迫られる。また、手術は強要するものではなく、十分なインフォームドコンセントを行った結果、確実な理解を得られない患者に対しては手術を行わないぐらいの気持ちが必要である。そこで本稿では、これまでに集計した脊髄脊椎手術におけるヒヤリ・ハット事例、事故事例について提示し、可能な限り文献を引用して解説を試みた。

1. 神経学的合併症

症例 1 : 75 歳、男性。胸椎後縦靭帯骨化症。腹臥位での手術中、左大腿部に手術用フレームがあたり圧迫していたため、術後、左大腿筋皮神経の障害による左大腿部の疼痛が出現した。

症例 2 : 52 歳、女性。頸椎後縦靭帯骨化症。術後、C5 palsy と髄液漏出現 (前方より骨化巣除去した)。再手術にて髄液漏対処した。

症例 3 : 61 歳、男性。変形性頸椎症。C5/6、6/7 前方除圧固定術後、両脊髄神経根障害による手のこわばり、指の伸展障害が出現した。

症例 4 : 61 歳、男性。腰椎変性すべり症および腰部脊柱管狭窄症。再手

術症例に対し PLIF 施行したが、椎弓根に打ち込んだスクリュー (Pedicle screw) が不正確で硬膜を破り神経根が裂部により逸脱したために術後、下肢の激痛が出現、再々手術で硬膜修復し、再固定した。

解説：本邦の変性疾患の脊椎手術における神経学的合併症の発生率は一過性のものも含め 1.7%^{1,2)}と報告されており、他の合併症と比べ決して高い数値ではない。しかしながら、神経症状の悪化は、機能外科である脊椎椎疾患においては極めて重大な問題である。この中には術者の不注意も含まれると考えられ、さらに低率にするよう努力すべきである。

直接損傷としてはドリル、ケリソンパンチ、鋭匙などの手術器具による損傷が考えられる。硬膜近傍や神経組織近傍での骨除去に際しては、ドリルによる巻き込みを防ぐために超音波骨メスを用いるのもよい³⁾。しかし、超音波骨メスでも硬膜損傷などの報告例もあり⁴⁾、必ずしも安全ではないことを念頭に入れ使用すべきである。また、神経組織周囲でのドリリングでは、ドリルの摩擦熱による神経損傷を来すこともあり、ドリルで骨皮質を薄く残してケリソンパンチや鋭匙で除去することによって予防できる。

最も一般的な神経障害として C5、C6 麻痺は有名であり、これは神経が tethering、圧迫脊髄の再還流、直接損傷などによって生じると言われている^{5,6,7)}。C5 神経麻痺の発生率はこれまでの報告例の平均を集計するとは頸椎変性疾患の 4.6% である。到達法別に見ると、前方到達法では 4.3%、後方到達法では 4.7% である。特に後縦靭帯骨化症症例では 8.3% と高率に認められる^{8,9)}。これらの神経麻痺の多くは一過性^{6,7)}で、軽症であれば 6 ヶ月以内に約 8 割が改善するのに対して、重症の場合は半数近くが 6 ヶ月以上かかる⁸⁾。従って、早急に原因を診断し、骨棘、骨化靭帯など原因となる病変が認められる場合は可及的速やかに摘出術を考慮し、そのような病変がない場合でも積極的に抗浮腫剤の投与や早期のリハビリを開始する必要がある。これらの神経根障害を予防するためには、後方除圧においては術前の CT で椎間孔の狭小化の有無を評価し、C5、C6 神経を中心に、狭小化を認める場合は椎間孔拡大術を追加する¹⁰⁾。前方到達法

でもそうであるが、可能な限り C5、C6 神経を直視下で除圧することが、術後の C5、C6 麻痺の予防には重要である。

症例 1 の神経症状合併症は、体位によるものであり、体位設定時には患者の体型などを考慮し、入念な配慮を看護師と共に行っていく必要がある。特に痩せ型の患者では、本症例のような腸骨部における外側大腿皮神経障害や褥創形成の可能性がある。また、体位に関しては頸椎疾患においても留意が必要であり、脊柱管狭窄の存在する患者における頸部過後屈は避けなければならない。

症例 4 のように instrumentation による合併症は高く、5497 例の instrumentation を用いた脊椎手術の 12.1% に認めるとの報告もある¹¹⁾。感染症、脱転など様々な合併症があるが、本症例のような神経学的合併症も増えてきており^{12, 13)}、4-8.7%^{11, 14)}と高率にみとめられる重大な合併症である。頸椎の前方 plate、胸腰椎の前方 instrumentation、pedicle screw に多く認められる。近年の instrumentation 技術の発達に伴い、このような手術が急増しており、このような合併症は今後も増加することが予想される。これに対して術前の十分な計画や技術の向上はもとより、ナビゲーションシステムの導入なども積極的に取り入れていく必要がある。

この他、近年では MEP、SSEP、SEP などの術中 monitoring の有用性が報告され^{15, 16, 17, 18, 19, 20)}、術中神経症状の悪化を未然に防ぐために多くの施設で使用されるようになった。医療訴訟の多い現在においては、問題症例が生じた場合には術中診断の有無も言及される可能性もあり、患者の合併症を防ぐという目的はもちろんのこと、自己防衛の観点からもこのような術中診断は極力取り入れるべきである。

2. 髄液漏

症例 1 : 55 歳、女性。頸椎後縦靭帯骨化症。前方除圧固定施行。骨化巣の取り残しにて再手術し特に問題なし。また、硬膜の一部が破れ髄液漏あるもこれは腰椎ドレナージで対処した。

症例 2 : 72 歳、女性。腰部脊柱管狭窄症 L1-4 laminoplasty 行い術中硬膜

損傷し髄液漏出。損傷部をフィブリン糊にて密閉した。

解説：髄液漏は、硬膜周囲の操作を行う脊髄脊椎手術では常に考慮しなくてはならない合併症の一つであるが、術後の髄膜炎、癒着性クモ膜炎、偽性髄膜瘤の形成などの合併症にもつながることから、細心の注意を払って未然に防がなくてはならない。通常、鋭匙、ケリソンパンチ、ドリルの操作時に生じることが多く、硬膜近傍ではダイヤモンドバーを使用し、硬膜に当たるようなドリルの使用は避ける、などの基本技術は最低限堅守しなくてはならない。また、最近ではこのドリルによる危険性を避けるため、超音波骨メスが開発され、軟部組織の巻き込み対策に有用である。腰椎変性疾患に関する合併症の報告でも、髄液漏は4-14%に生じると言われており^{21,22)}、その発生要因としては患者の年齢、術者の技術が関与しているとの報告もある²³⁾。この報告では、再手術例に関しては有意差がないとの結果が出たが、再手術例では癒着が強く、容易に硬膜損傷を来たしうることは経験的にも周知されていることと思われ、実際、症例2のように再手術例で髄液漏を来たすことも少なからずあるので、無理な剥離、牽引には慎重を期すべきである。

症例1のような後縦靭帯骨化症に関しては、前方到達法による骨化靭帯摘出術では髄液漏の可能性が高い。これは硬膜自体が骨化することもあり、これを削除することによって硬膜欠損をきたすからである。従って、術前に硬膜の骨化の有無を評価しておくことは重要である。Bone window CT scanでdouble-layerの骨化巣は硬膜の骨化を示唆する所見であるので²⁴⁾、そのような症例では無理に全部削除する必要は無く、骨化巣を可能な限り薄くして浮上させる骨化浮上術でも十分除圧は可能であることを認識する必要がある²⁵⁾。

しかし、髄液漏は細心の注意を払っても起こることである。いかに合併症を軽症に抑えるか、つまり術中に硬膜損傷が起こった場合の処置法を習熟しておくことも重要なことである。特に腰椎手術時にはスパイナルドレーナージを留置できない場合があり、手術的硬膜修復が求められる²⁶⁾。以下は、我々の髄液漏が生じた際の対処方法である。極力裂孔を6-

0 ナイロンで縫合閉鎖する。硬膜欠損部が広範な場合はゴアテックス®や筋膜、最近ではネオベールを用いてパッチし²⁷⁾、フィブリン糊を噴霧する。また、可能な場合は術後脊髄ドレナージを1週間ほど行い漏出孔の閉塞に努める²⁸⁾。

3. 前方アプローチに於ける軟部組織損傷

症例1：77歳、男性。頰椎症。頰椎症の手術の後、左内頰動脈閉塞による脳梗塞発生。意識障害が出現した。

症例2：34歳、女性。頰部椎間板ヘルニア。右頰部皮膚切開後、電気メスにより切開皮膚部の部分熱症をおこし、形成外科的治療を行った。

解説：症例1は、術前の評価が不明であるが、左内頰動脈の狭窄が存在していた可能性も否定できない。高齢者の多い脊椎変性疾患の患者では、同時に動脈硬化が進行している例も少なくなく、必要であれば術前に頰動脈の狭窄の有無を確認しておく必要もある。

症例2は不注意以外のなにものでもないが、時に経験することである。これを予防するための対策としては、術者への留意を喚起することが第一であるが、表皮に接する器具は絶縁体でカバーしたり、創周囲をガーゼなどで保護して熱を伝えないようにすることで予防できる。しかし、一度熱傷を来たした場合は早期に形成外科医などの専門家と相談し、適切な治療を行う必要がある。

軟部組織損傷は稀な合併症であるが、一度来たすと非常に大きな障害をもたらすものである。反回神経麻痺は十分な注意を払っていても生じうる合併症であるが²⁹⁾、頰動脈、喉頭、食道損傷などは、術者の不注意や技術的要因が大きいと思われる。すなわち、

- 多椎間病変では開創器をかける場所をレベルごとに変えていき、1ヶ所の長時間圧迫を避ける
- 内側を剥離した頰長筋に開創器の爪をかけ、開創器による直接損傷を防ぐ
- ドリルを使用する際は、スチールバーはすべて周囲の軟部組織損傷

を来たしやすいので、粗めのダイヤモンドバーを用いる（バーのシャフト部分での軟部組織の巻き込みにも十分注意する）

といった頸椎前方アプローチの基本をしっかりと守っていれば、極めて稀な合併症と考えられる。

反回神経麻痺に関しても、必要な解剖学的知識を正確に身につけておくことにより、その発生率を最小限にできる。C3/4に到達する際には上喉頭神経が、C6/7、C7/T1などの下位頸椎に到達する際には反回神経が障害されて生じる。右側のアプローチでは肩甲舌骨筋の下方からアプローチした場合は反回神経麻痺の危険性が高くなる³⁰⁾。また、筋鉤などによる過度の牽引や、神経を認識しない状態での動脈結紮は危険である。

4. レベル誤認

症例 1：34 歳、女性。脊髄腫瘍。椎弓切除の際、腫瘍存在レベルを間違え、一椎弓ずれて椎弓切除をしてしまった。

症例 2：61 歳、女性。脊髄腫瘍。T10-11 に存在する epidermoid に対してレベルがずれて T9-10 のみの椎弓切除を行ったため腫瘍の取り残しがあり、再手術を施行した。

解説：症例 1、2 とも単純なレベルの誤認であるが、脊椎手術では胸椎病変を中心に時に見られる問題である。対策としては、術前に脊椎の各個人の形態的特徴を把握した上で、術中レントゲンでの確認を複数の人間で行うということである。また、確信がもてない場合は複数回レントゲンでの確認を行う。

頸椎に関しては前方到達法の場合、あらかじめ目的とする椎間レベルと舌骨、甲状軟骨、輪状軟骨との位置関係から皮膚切開部位を決定し、椎体前面に達した時点で、カテラン針の先が 1 cm 以上刺さらないように折り曲げた状態で椎間板腔に刺しレントゲンで確認する。また、椎体前面に骨棘がある場合は、レベル確認の良い指標となる。

頸椎後方到達法の場合は、一般的に C2 棘突起が大きく、ほとんどの症例で体表から触知可能である。また、個人差があるので術前のレントゲ

ンで把握しておく必要があるが、C7棘突起（隆椎）もひとつの体表上のメルクマールとなる。

腰椎に関しては、一般的にはL4/5が腸骨稜の高さに相当することを目安に、体表から針を刺してレントゲンを撮り確認する。注意すべきは、体表から確認しただけでは椎弓へのアプローチへの段階で、1椎間ずれることもあり、椎弓切除を加える前にももう一度レントゲンを撮像して確認するほうが安全である。

最も問題となる胸椎に関しては、術中のレントゲンは肋骨陰影が影響して評価困難な場合も少なくない。肋骨の存在からT12や、一般的に肩甲骨下端がT6-7レベルであることが、参考にはなるが十分とは言えない。我々は術前に目的とする椎体レベルの体表上に金属マーカーを貼りレントゲンで確認し、術中にも棘突起間に針を刺してレントゲンを撮像し、椎体の特徴もふまえて確認している。手術体位を取ることによって1椎体程度は容易にずれるため、術前の確認写真だけでは誤認が起きやすいことを認識しておく必要がある。さらには硬膜内病変の場合、硬膜切開を行う前にエコーを行い、病変が存在することを確認してから硬膜切開を行っている。

5. 創感染、創離開

症例 1：60歳、男性。頸椎後縦靭帯骨化症。椎弓切除術施行するも術創部の離開が術後9日目に発生、再縫合した。

症例 2：78歳、男性。頸椎後縦靭帯骨化症。手術後、創部感染による創部から術後5日目に大量の排膿認め、一時敗血症となった（MRSAが起炎菌）。このため開放洗浄し、感染した骨である形成椎弓切除し、開放創として対処した。

解説：創部感染症は、外科手術においては避けられない合併症である。特に Instrumentation の併用が盛んに行なわれている脊髄脊椎手術では、難治的で重篤な状態に陥ることもある。また、感染により instrumentation の除去を強いられることもあるため、固定性を失った脊椎による二次的合

併症も生じうる。従って、instrumentation を用いた場合はなお一層の感染予防が重要である。最近の報告では、脊椎手術における感染症の発生率は2.7%で、高齢者、糖尿病患者、異物移植において有意に発生率が高くなる³¹⁾。

実際の術後感染予防には、術中、術直後に抗生剤血中濃度を上昇させることが重要である。海外での抗生物質ガイドラインでは第1、第2世代セフェム系の麻酔導入時または術前、術中の投与が推奨されている^{32,33)}。本邦でも抗生剤の1日投与(術直前、直後)で術後感染予防の目的は達せられるとされている³⁴⁾。しかしながら、糖尿病合併例では感染の可能性が高くなり、術当日を含めた3日間投与を推奨している。

6. 高齢者手術合併症

症例1：90歳、男性。頸髄損傷。緊急手術するも術中より血圧低下、全身状態悪化し死亡。高齢者に対し、腹臥位手術は負担大であったが、循環器科と麻酔科に術前評価を依頼していた。

解説：本症例では脊髄損傷という緊急度が求められる状態であり、十分な術前精査には限界がある。90歳という年齢から全身合併症が存在していたことは強く疑われる状況であり、また、他部位の外傷性損傷があった可能性も否定できない。また、脊髄損傷例であり、自律神経系の障害から循環動態が不安定になったことも考えられる。

高齢者手術では循環器系、呼吸器系などの全身のあらゆる臓器に危険性を伴い、致死的な合併症も少なくない。その他、不穏・せん妄といった精神的な合併症も20%近くに生じるとの報告もある³⁵⁾。特に近年注目を集めている合併症としては深部静脈血栓症がある。深部静脈血栓症は肺塞栓症など致死的な病態につながることから、十分な配慮が必要である。特に脊髄脊椎疾患では、高齢者が多く、下肢の機能低下を認めることも少なくないため、深部静脈血栓症の危険性が高い。脊椎手術におけるその発生率は無症候性を含めて10-20%で^{36,37)}、症候性となるのは0.9%と言われている³⁸⁾。外傷(脊髄損傷、骨盤・大腿骨骨折)、動脈硬化、高

血圧、肥満などが危険因子としてあるが、安静臥位を続けることも危険な因子である³⁹⁾。深部静脈血栓症の予防には、抗凝固剤の投与を薦めるものもいるが術後出血の問題もあるため、術中の下肢ストッキング装着や、下肢の持続ポンピングを行うことが一般的である^{40,41)}。また、下大静脈にフィルターを置くこともあるが、フィルター留置に2-5%の合併症を伴うことから⁴²⁾、危険度の高い症例に限定して行うほうがよい。

このように、高齢者では手術合併症の可能性が高く、時に生命を脅かすことにもなり得る。緊急の場合を除いては、全身状態の評価を入念に行い、必要に応じて専門医に依頼することを怠ってはならない。また、手術適応を厳密にし、十分なインフォームドコンセントを行って危険性の理解を得ることが重要であり、これらは手術を行うものの責務である。

7. 再発に関するもの

症例1：25歳、女性。腰部椎間板ヘルニア。ヘルニア摘出術後、早期の残存ヘルニアの再脱出による症状の増悪のため再手術を行った。

解説：本症例は事故事例と捕えてよいかは定かでないが、早期の再発は髄核の残存が疑われ、阻止でき得る再発と考えられる。腰椎椎間板ヘルニアでは、再発例を含めて再手術は7-12%と言われている^{43,44,45)}。これは術者の技術が関与している部分もあるが、避けられない部分もあり、術前のインフォームドコンセントは十分行う必要がある。早期再発の可能な予防策としては、摘出腔に水圧をかけるなどして入念に残存髄核を確認し、十分な髄核摘出を行うことである。椎間板ヘルニアの基部が広い症例や終板の輝度変化を伴う症例では、早期の再発が多いとされており⁴⁶⁾、更に入念な髄核摘出を心掛けるべきである。

まとめ

今回提示、解説した合併症例は、脊髄脊椎手術の合併症の一部に過ぎない。脊髄脊椎疾患には脊髄腫瘍、脊髄血管障害、外傷、先天奇形など様々な疾患があり、それに応じた手術合併症がある。しかしながら、全