

解剖に基づく手術の要点

—内頸動脈 paraclinoid aneurysm—

本郷 一博 柿澤 幸成 後藤 哲哉 堀内 哲吉

Internal Carotid Artery Paraclinoid Aneurysm Surgery based on the Microsurgical Anatomy

by

Kazuhiro Hongo, M.D., Yukinari Kakizawa, M.D., Tetsuya Goto, M.D., and Tetsuyoshi Horiuchi, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Shinshu University School of Medicine

Surgery for a paraclinoid aneurysm of the internal carotid artery requires precise knowledge of the anatomy of the paraclinoid region. Among them, the important bony structures include the anterior clinoid process, optic canal, optic strut. As for the vessels, the ophthalmic artery, superior hypophyseal artery and cavernous sinus, as well as the internal carotid artery, are the key structures. Membraneous structures include the dural ring, carotid cave, falciform ligament and nervous structures include the optic nerve and oculomotor nerve. Considering surgical procedures, removal of the anterior clinoid process and optic unroofing, circumferential dissection of the dural ring taking care not to injure the ophthalmic artery are key surgical procedures for use in this region. Surgical points are also described based on these anatomical characteristics.

(Received July 12, 2008 ; accepted July 19, 2008)

Key words : paraclinoid, internal carotid artery, aneurysm, microneurosurgical anatomy

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 17 : 666-672, 2008

はじめに

近年の血管内手技の進歩により、内頸動脈 paraclinoid aneurysm は、血管内治療のよい治療対象としてコイリングなど血管内治療が行われることが多くなっているが、動脈瘤から血管が分枝している、動脈瘤柄部が広い、あるいは大きな動脈瘤である場合など、血管内治療には適さず、直達手術によるクリッピングが必要となることが多い。動脈瘤頸部を確実にクリッピングする方法は多く報告されているが⁵⁾⁷⁾⁸⁾¹²⁾、この部の解剖を十分に把握しておくことが必須となる。内側向きの未破裂小動脈瘤に

対する対側からのアプローチが報告されているが⁶⁾、本稿では、同側からのアプローチについて屍体脳でこの部位の解剖を示し、実際の手術症例も供覧しつつ、解剖に基づいた内頸動脈 paraclinoid aneurysm の手術の要点を述べる。

手術に必要な微小脳神経外科解剖

この部位の手術を行ううえで理解しておくべき解剖学的構造には、骨構造として前床突起、視神経管、optic strut、膜構造として硬膜輪、proximal ring、falciform liga-

信州大学医学部脳神経外科 / 〒390-8621 松本市旭 3-1-1 [連絡先: 本郷一博]

Address reprint requests to: Kazuhiro Hongo, M.D., Department of Neurosurgery, Shinshu University School of Medicine, 3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan

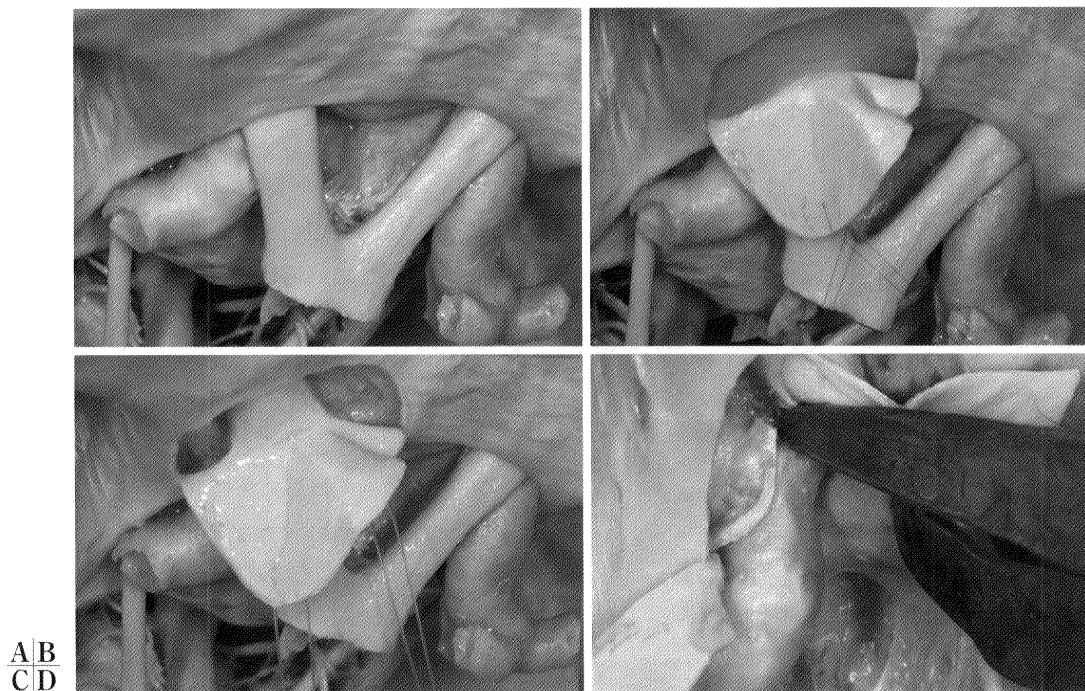


Fig. 1 A parasellar lesion in a cadaver specimen

- A : The bilateral optic nerves, optic chiasm and bilateral internal carotid arteries are exposed.
- B : The dura mater is reflected over the anterior clinoid process and optic canal.
- C : The anterior clinoid is drilled out and the optic canal is unroofed.
- D : The dural ring is circumferentially resected. The spatula is retracting the ophthalmic artery to expose the medial side of the dural ring.

ment, 血管として内頸動脈, 眼動脈, 上下垂体動脈, 後交通動脈, 前脈絡叢動脈, 海綿静脈洞, 神経として視神経, 動眼神経などがある.

解剖に基づいた手術手技の手順

この部の動脈瘤手術は, いわゆる内頸動脈-後交通動脈分岐部動脈瘤や, 内頸動脈-前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤と異なり, この部分に特有の解剖学的構造に基づいた手術手順が必要となる. すなわち, 前床突起の削除, 視神経管の開放, optic strut の削除, 硬膜輪の全周性の切除などの手術手技が動脈瘤クリッピングに際して必要となる.

① 頸部内頸動脈 (cervical internal carotid artery) の確保

まず, 内頸動脈 paraclinoid aneurysm の手術に際しては, 術中の動脈瘤破裂に対応するため, proximal control として頸部にて内頸動脈を確保しておくことが必要である. われわれは, 未破裂動脈瘤の場合でも頸部での内頸動脈の確保を行っている.

② 前床突起 (anterior clinoid process) の削除

次いで前頭側頭開頭を行う. 硬膜切開を行い, シルビウス裂を開放し, 内頸動脈, 視神経を露出した後 (Fig. 1A), 硬膜内より前床突起のドリリングに移る. 前床突起の切除は硬膜外から行う方法¹⁾もあるが, われわれは, 基本的に硬膜内から行っている⁷⁾¹¹⁾. 硬膜内からの操作では必要に応じて硬膜を翻転し, 内頸動脈, 視神経など硬膜内の構造を確認しながら手術操作を進めることができる. 硬膜を円弧上に切開した後, 硬膜弁を 5-0 ナイロンで牽引する (Fig. 1B). 糸を掛けた部分の硬膜に脳へらを当て軽度牽引することにより, ドリリングを行う際のスペースを得ることができ, より安全なドリリングを行うことが可能となる¹¹⁾. 術前の骨条件 CT 画像を見て, 前床突起内の含気化 (pneumatization) の有無, 程度をチェックしておく必要がある. 前床突起とともに視神経管の開放も行う (Fig. 1C). 特に視神経管の内側も十分に削除することにより視神経の可動性をより高めることができる. 前床突起の削除, 視神経管の開放には, ハイパワーのダイヤモンドドリルを用いるのが一般的であるが, 最近は回転運動でなく超音波振動により骨を削除する骨メスも開発されており, 組織の巻き込みもなく, より安全な骨削除が可能となっている.

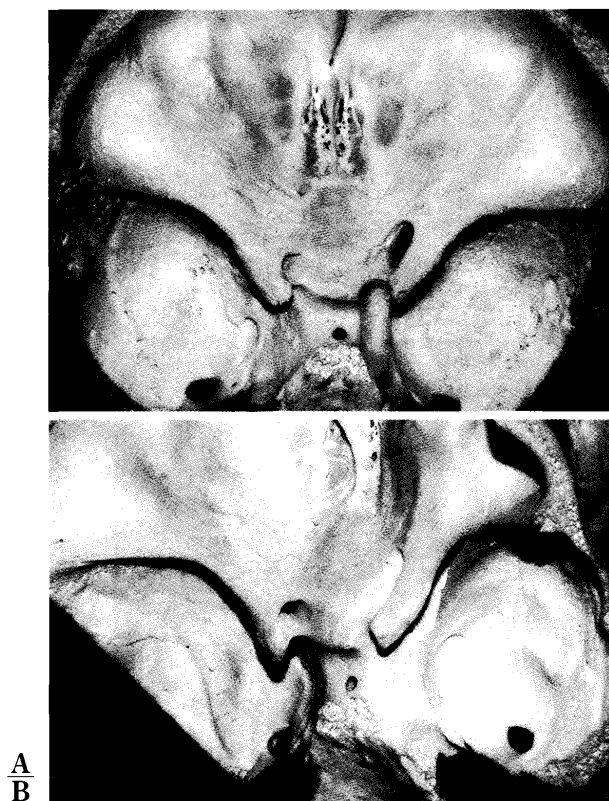


Fig. 2 Dry skull showing the anterior clinoid process and the optic canal (A). The left optic strut is also visible (B).

前床突起の削除の際、前床突起をすべてドリルで除去するのではなく、先端部は剝離子で硬膜から剝離し、鉗子を用いて除去すると速やかに、より安全に能率よく行える。

③ Optic strut の削除

視神経管下方で視神経と内頸動脈に挟まれる部分にある骨の突っ張りが optic strut である (strut とは建築用語で支柱、筋 [すじ] かいのこと) (Fig. 2)。前床突起を削除した後、極小のダイヤモンドドリルを用いて、これを削除する。超音波骨メスを使用するのもよい。視神経と内頸動脈が optic strut を挟んで上下に重なっているため、ここを削除する際には、頭部を反対側に回転を強める (当初の 45 度ほどの回転を 60 度ほどの回転にする) か、手術顕微鏡の方向を変え、外側から見るようにして optic strut を直視できるようにするとよい⁷⁾。特に病変が左側の場合 (術者が右利きであれば)、optic strut 削除の際、視神経を不必要に圧迫する可能性があるので注意が必要である。

Optic strut の位置は、proximal ring の位置にあり、動脈瘤が硬膜内にあるか硬膜外にあるかを区別するよい指標になるとの報告もある³⁾。

④ Falciform ligament, optic sheath の切開

Falciform fold は視神経管の視神経出口部分で、視神経管内の optic sheath と limbus sphenoidalis を覆っている硬膜が重なった部分である。この falciform ligament および optic sheath を視神経末梢の方向に切開する。これにより、視神経の可動性が得られる。この際、後述する眼動脈が近接している場合があり、損傷しないよう注意する。

⑤ 硬膜輪 (distal dural ring) の切離

前床突起を除去すると前床突起を覆っていた硬膜が連続して内頸動脈外膜に移行しているのが見える。これが硬膜輪で distal dural ring と呼ばれ、内頸動脈を全周性に覆っている。内頸動脈はこの膜を貫通して硬膜内に入ることになる。硬膜輪は内頸動脈に直角に位置するのではなく、前方から後方へ、また内側から外側にそれぞれ 20 度ほど傾いている¹⁰⁾。

硬膜輪により内頸動脈は固定されているので、paraclinoid aneurysm のクリッピングに際しては、これを全周性に切離し内頸動脈の可動性を確保する必要がある (Fig. 1D)。また、cave aneurysm などのように内頸動脈の内側あるいは腹側に位置する動脈瘤をクリッピングする際には、有窓クリップを用いて内頸動脈をまたいでクリップをかける。この際、クリップブレードを十分近位に進めるためにも硬膜輪を切離する必要がある。また内側では眼動脈を損傷しないよう注意する。

⑥ 眼動脈 (ophthalmic artery) 分枝部の露出

眼動脈は内頸動脈が硬膜輪を貫通した直後に内頸動脈から分岐するが、硬膜外あるいは硬膜輪内から分岐する症例も報告されている⁴⁾⁹⁾。分岐する位置は通常内頸動脈内側部 1/3 で、分岐後外側に向かって走行する。眼動脈分岐部が硬膜内であるか硬膜外であるかについては、術前の血管撮影で判別はできず、MRI でも困難である。この点を意識して、眼動脈の露出を行う必要がある。眼動脈は内頸動脈分岐部から数 mm を全周性に露出すれば、クリップブレードは挿入可能となる。硬膜輪内側で眼動脈をきちんと露出・確保した後に、さらに内頸動脈腹側に向かい内頸動脈外膜に沿って硬膜輪の切離を進める。

⑦ 上下垂体動脈 (superior hypophyseal artery)

上下垂体動脈は、内頸動脈の ophthalmic segment (内頸動脈の眼動脈分岐部から後交通動脈分岐部まで) の内後方または内側から分岐し、下垂体柄、下垂体および視神経交叉下面に向かう。複数の血管が見られることが多

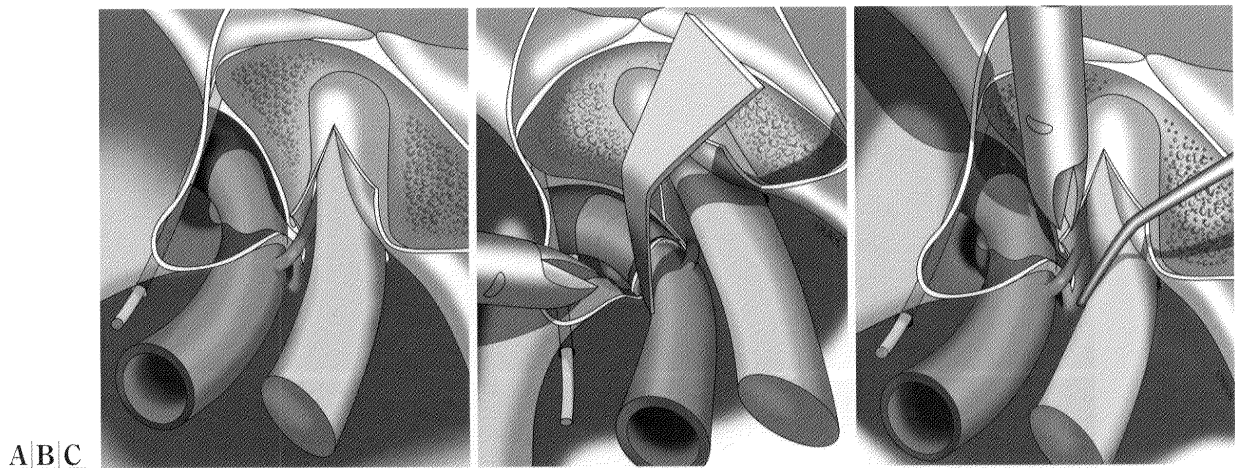


Fig. 3 Schematic drawings showing the basic procedures for lesions of the paraclinoid portion of the internal carotid artery of the left side.

- A : The anterior clinoid process is removed and the optic canal is unroofed.
- B : The lateral side of the dural ring is cut along the internal carotid artery.
- C : The medial side of the dural ring is cut while taking care to preserve the origin of the ophthalmic artery.

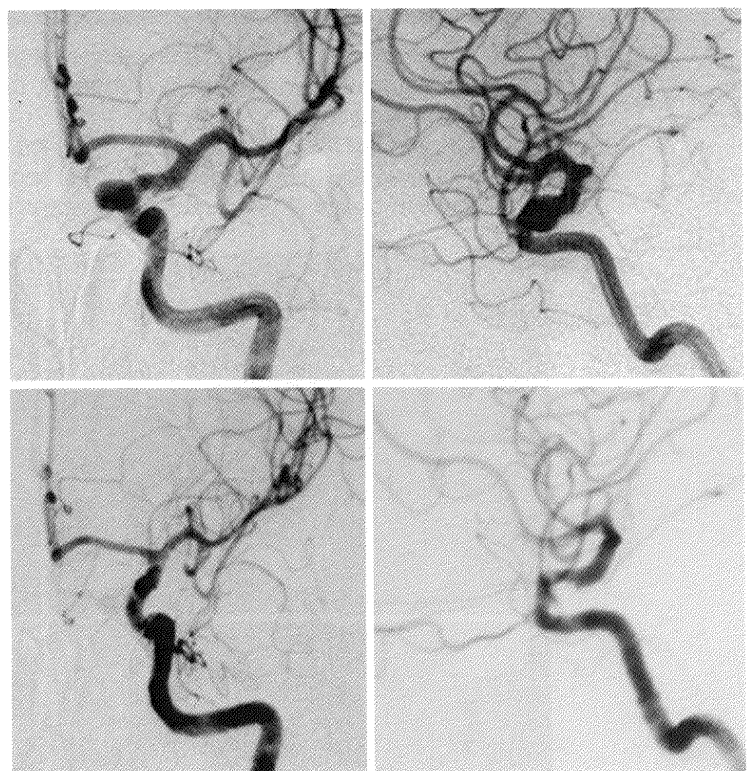


Fig. 4 Left carotid angiograms of a 49-year-old man

Anteroposterior (A) and lateral (B) views of the preoperative angiogram showing an aneurysm at the paraclinoid portion of the left internal carotid artery directing medially. Anteroposterior (C) and lateral (D) views of the postoperative angiogram showing the aneurysm has disappeared.

い。一般的に、一側の上下垂体動脈の血流障害で下垂体機能不全、視力障害は出ないといわれているが、われわれは、内頸動脈上下垂体動脈分岐部動脈瘤のクリッピングの際、本動脈の一時閉塞で、術中視覚誘発電位 (VEP) が低下した症例を経験しており²⁾、視機能温存のために可能なかぎり温存するよう努めるべきであると考えている。

⑧ 海綿静脈洞 (cavernous sinus)

前床突起を除去した際に露出される膜は proximal ring と呼ばれ、前床突起の骨膜である。この膜の近位側は海綿静脈洞である。この膜が破れた場合、また硬膜輪の内外側、腹側を切離した際、海綿静脈洞からの静脈性出血が見られるが、サージセル[®]などの小綿片を穴にあてがうことで出血をコントロールできる。止血用綿片をむやみに海綿静脈洞内に押し込むと外転神経麻痺などの

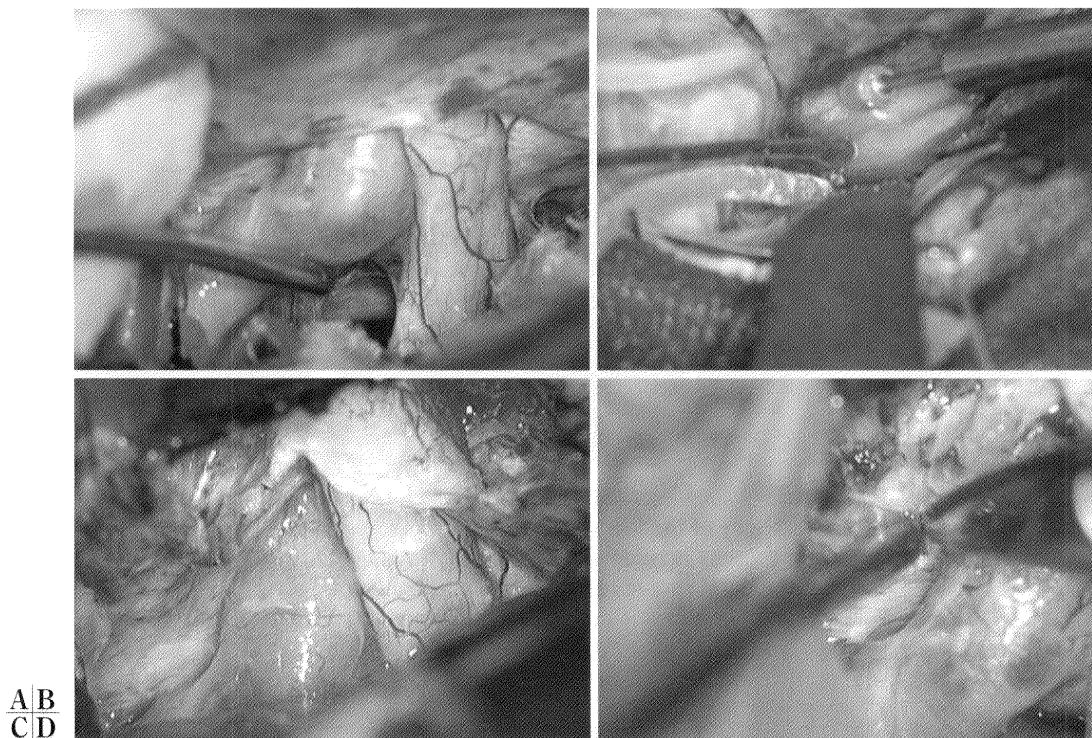


Fig. 5 Intraoperative photos of the patient

- A : The left internal carotid artery is exposed, the neck of the aneurysm is hidden under the left optic nerve.
- B : The anterior clinoid process is being drilled with a diamond bur.
- C : The optic sheath is cut along the lateral border of the optic nerve.
- D : The lateral side of the dural ring is being cut.

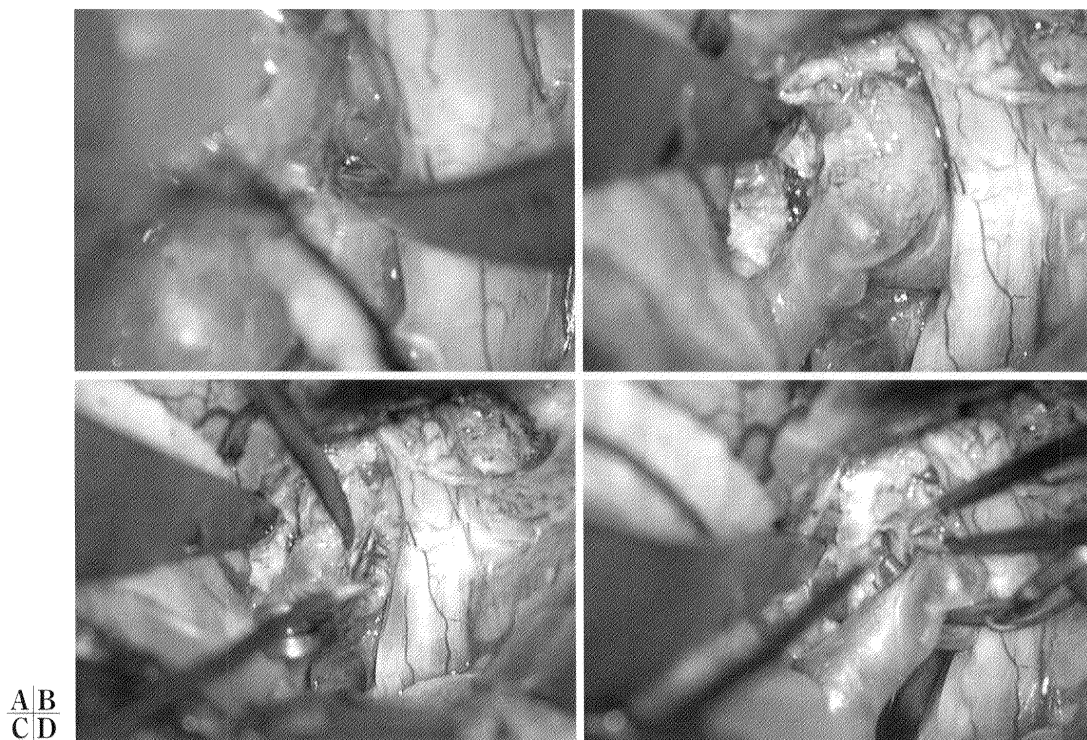


Fig. 6 Intraoperative photos of the patient

- A : At the neck of the aneurysm, the superior hypophyseal artery is being detached.
- B : The whole neck of the aneurysm is exposed.
- C : The aneurysm is being clipped taking care not to compromise the superior hypophyseal artery.
- D : A photo showing confirmation of complete clipping of the aneurysm.

症状を起こす危険性がある。綿片をあてがうことで出血がコントロールできない場合には、頭位を上げ、静脈圧を下げるとよい。硬膜輪を全周性に切離する際、海綿静脈洞からの静脈出血が起こることを念頭に手技を進めることが大切である。

動脈瘤のクリッピング

本稿では、クリッピングについては詳述しないが、以上の手順で、内頸動脈 paraclinoid 部および動脈瘤頸部を露出した段階で、クリッピング操作に移る。

Carotid cave aneurysm, 上下垂体動脈瘤など、内側向きあるいは腹側向きの動脈瘤では、有窓クリップを用いる。複数のクリップを組み合わせて用いるマルチプルクリッピングとなることも多い。

ここまでの手術手技の基本的事項である前床突起削除、視神経管開放、硬膜輪の切離などを Fig. 3 にシエマで示した。

代表症例提示

患者：49歳，男性

未破裂脳動脈瘤 (Fig. 4A, B) が発見され、手術治療を希望された。頸部にて左内頸動脈を確保し、左前側頭開頭を施行。シルビウス裂を十分に開放し、左内頸動脈を露出した (Fig. 5A)。硬膜弁を作製¹¹⁾し、ダイヤモンドドリルにて前床突起を削除 (Fig. 5B) し、次いで視神経管開放を行った。Optic sheath を切開 (Fig. 5C) し、続いて硬膜輪を切離 (Fig. 5D) した。動脈瘤頸部は硬膜内にあり、近位側も硬膜内にあることが確認されたため、内側の硬膜輪は部分的な切開で十分であった。動脈瘤壁には上下垂体動脈が癒着し走行しており、これを瘤壁から剥離した (Fig. 6A)。動脈瘤の全貌を確認し (Fig. 6B)、上下垂体動脈を温存しながらクリッピングを行った (Fig. 6C, D)。術後血管撮影 (Fig. 4C, D) で動脈瘤の消失が確認されている。患者は術後神経欠損症状なく退院した。

おわりに

内頸動脈 paraclinoid aneurysm の手術における微小脳神経外科解剖に基づいた要点について、屍体脳を用いた説明および代表症例を提示しながら示した。この部分の

手術は、本稿で述べたような解剖学的構造を熟知しつつ、術前の詳細な画像評価を行うことにより、術中のリスク、術後の神経症状を最小限にして手術を行うことが可能である。また、手術トレーニングには、屍体脳を用いた手術シミュレーションが重要であることも強調したい。

本論文の要旨は、第28回日本脳神経外科コンgres総会 (2008年5月10日、横浜) において発表した。

文献

- 1) Dolenc V: Direct microsurgical repair of intracavernous vascular lesions. *J Neurosurg* 58: 824-831, 1983.
- 2) Goto T, Tanaka Y, Kodama K, Kusano Y, Sakai K, Hongo K: Loss of visual evoked potential following temporary occlusion of the superior hypophysial artery during aneurysm clip placement surgery. Case report. *J Neurosurg* 107: 865-867, 2007.
- 3) Hashimoto K, Nozaki K, Hashimoto N: Optic strut as a radiographic landmark in evaluating neck location of a paraclinoid aneurysm. *Neurosurgery* 59: 880-895, 2006.
- 4) Hokama M, Hongo K, Gibo H, Kyoshima K, Kobayashi S: Microsurgical anatomy of the ophthalmic artery and the distal dural ring of the juxta-dural ring aneurysms via the pterional approach. *Neurol Res* 23: 331-335, 2001.
- 5) Hongo K, Tanaka Y, Nagashima H, Oikawa S, Okudera H, Kobayashi S: Skull base techniques for multiple aneurysms in the internal carotid juxta-dural ring region. *J Clin Neurosci* 8 (Suppl 1): 89-91, 2001.
- 6) Kakizawa Y, Tanaka Y, Orz Y, Iwashita T, Hongo K, Kobayashi S: Parameters for contralateral approach to ophthalmic segment aneurysms of the internal carotid artery. *Neurosurgery* 47: 1130-1136, 2000.
- 7) Kobayashi S, Hongo K, Nitta J, Kyoshima K: Carotid cave aneurysms of the internal carotid artery. in Kobayashi S, Goel A, Hongo K (eds): *Neurosurgery of Complex Tumors and Vascular Lesion*. New York, Churchill Livingstone, 1997, pp.3-15.
- 8) Kobayashi S, Kyoshima K, Gibo H, Hegde SA, Takemae T, Sugita K: Carotid cave aneurysms of the internal carotid artery. *J Neurosurg* 70: 216-221, 1989.
- 9) Kyoshima K, Oikawa S, Kobayashi S: Interdural origin of the ophthalmic artery at the dural ring of the internal carotid artery. Report of two cases. *J Neurosurg* 92: 488-489, 2000.
- 10) Oikawa S, Kyoshima K, Kobayashi S: Surgical anatomy of the juxta-dural ring area. *J Neurosurg* 89: 250-254, 1998.
- 11) Tanaka Y, Hongo K, Tada T, Kakizawa Y, Kobayashi S: Protective dural flap for bone drilling at the paraclinoid region and porus acusticus—Technical note. *Neurol Med Chir* 43: 416-418, 2003.
- 12) Tanaka Y, Hongo K, Tada T, Nagashima H, Horiuchi T, Goto T, Koyama J, Kobayashi S: Radiometric analysis of paraclinoid carotid artery aneurysms. *J Neurosurg* 96: 649-653, 2002.

要 旨

解剖に基づく手術の要点
—内頸動脈 paraclinoid aneurysm—

本郷一博 柿澤幸成 後藤哲哉 堀内哲吉

内頸動脈 paraclinoid aneurysm の手術に際しては、硬膜輪およびこの近傍の解剖学的構造を十分に理解しておく必要がある。骨構造で重要なものは、前床突起、視神経管、optic strut などであり、血管では、内頸動脈のほか、眼動脈、上下垂体動脈、海綿静脈洞などである。膜構造として硬膜輪のほか、falciiform ligament, proximal ring, 神経としては、視神経、動眼神経がそれぞれ重要な構造である。硬膜輪は、前床突起を除去すると内頸動脈を全周性に囲む膜様構造としてよく認識される。前床突起の底面の薄い膜は proximal ring と呼ばれ、この膜の近位側が海綿静脈洞である。眼動脈に注意しつつ硬膜輪を内頸動脈外膜から切離することにより内頸動脈に可動性が得られ、内頸動脈のさらに近位の処理が可能となる。

本稿では、屍体脳で硬膜輪近傍のこれらの構造物の相互関係を示し、実際の手術症例も供覧しつつ解剖に基づいた内頸動脈 paraclinoid aneurysm の手術の要点を述べる。

脳外誌 17 : 666-672, 2008

会 員 の 皆 様 へ

●入会・転居・休会のご案内●

1. 入会ご案内

入会ご希望の方は申込み書一式を電話、FAX あるいは葉書にて事務局までご請求ください。

入会金 5,000 円

年会費 15,000 円(専門医, 新専門医)

10,000 円(非専門医, 協力会員, 外国人会員)

2. 脳神経外科ジャーナル送付についてのお断り

機関誌“脳神経外科ジャーナル”を年間 12 冊発行し、入会された時点から送付させていただきます。ただし、入会時以前に発行されたその年度分の機関誌については送付されません。ご了承ください。

3. 会費の納入期について

当該年度の会費は総会の開かれた年の年末までに納入するようご協力ください。

4. 会費長期未納の方へ

分割支払もお受けしたいと思いますので、事務局へご相談ください。

5. 転居・転任される方へ

転居・転任される方は速やかに学会事務局までご一報ください。

6. 国外留学される方へ

国外留学される方は、留学予定期間・留守中連絡方法および送付先などを渡航前に学会事務局までご一報ください。留学期間中、休会という形をとられますと、その期間の“脳神経外科ジャーナル”をお受け取りになれません。機関誌をご希望の方は、会費をあらかじめ前納いただくか、各年度毎に納入してください。

日本脳神経外科コンgres事務局

〒113-8421 東京都文京区本郷 2-1-1 順天堂大学医学部脳神経外科内

TEL 03-3813-1039 FAX 03-5684-3096

http://wwwsoc.nii.ac.jp/jcns/index.html

E-mail: jcns@juntendo.ac.jp