椎骨動脈瘤に対する顆窩経由法における開閉頭時の留意点

勝野 亮, 山田 敏雅, 川崎 和凡, 稲葉 泉

The Pitfalls of the Transcondylar Fossa Approach for the Management of Vertebral Artery Aneurysm

Makoto KATSUNO, M.D., Toshimasa YAMADA, M.D., Kazutsune KAWASAKI, M.D., and Izumi INABA, M.D.

Department of Neurosurgery, Dohotoh Forest Hospital, Kitami, Hokkaido, Japan

Summary: Specific clipping for the treatment of a cerebral aneurysm is accomplished through a wide operative field. This is obtained through both full exposure and lateral exclusion of the sigmoid sinus; however, these increase the risk of either sigmoid sinus injury or occlusion. Here, we developed a transcondylar fossa approach with standardized procedures to improve surgical safety. Furthermore, we retrospectively analyzed the procedural outcomes. The most important steps of our approach include the following: layer-by-layer dissection of the suboccipital muscles, peeling of the emissary vein, exposure of the sigmoid sinus, opening of the dura, and closure of both the dura and mastoid air cell. A total of 12 patients underwent the mentioned transcondylar fossa approach for vertebral aneurysm treatment between 2014 and 2018. All aneurysms were successfully treated with our obliteration approach after surgery. However, one patient experienced sigmoid sinus occlusion as a result of excessive fat filling, which was associated with the closure of the mastoid air cells. In conclusion, our standardized procedures support safe clipping of vertebral artery aneurysms.

Key words:

- transcondylar fossa approach
- vertebral artery aneurysm
- sigmoid sinus

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 48: 30-35, 2020

はじめに

近年の技術進歩により、椎骨動脈瘤に対して血管内手術が第一選択になりつつある。しかし、動脈瘤の性状や分岐血管の状態から開頭手術が適する症例も存在し、その際のアプローチに顆窩経由法⁶⁾がある。開頭手術で動脈瘤の処置を確実にを行うためには、広く浅い術野を獲得する必要がある。顆窩経由法ではS状静脈洞の露出が必須となる。しかし、それを安全に行うには、開閉頭時の手技に注意を要する。今回、S状静脈洞の露出ならびに温存に重点をおいた動脈瘤に対する顆窩経由法の連続症例を検討したため

報告する。

対 象

2014年4月から2018年5月まで椎骨動脈瘤と後下小脳動脈瘤に対して同一手技で施行した顆窩経由法の連続12例を、後方視的に検討した。男女比は5例:7例、発症様式はくも膜下出血8例、解離に伴う脳梗塞進行2例、動脈瘤の圧迫症状2例で、動脈瘤の存在部位は椎骨動脈4例、椎骨動脈後下小脳動脈分岐部5例、後下小脳動脈3例であった。術前に造影3D-CTで動脈瘤、静脈の形態ならびに頭蓋骨と静脈の位置関係を評価した。

Fig. 1 Intraoperative photographs.

A B
C D

A: The occipital vein is severed right before the mastoid foramen. **B:** The mastoid emissary vein is peeled off from the mastoid foramen under a bloodless condition. **C:** The mastoid foramen is opened without injuring the mastoid emissary vein. **D:** The sigmoid sinus is widely exposed after drilling the condylar fossa.

手術方法

1. 体位

患側上のパークベンチ体位とするが、患側の肩が術者に干渉しないように腹臥位に近い状態とする。頭部は乳突切痕が頂点となり、頸静脈が圧迫されないように下顎を挙上し、広く顎窩を露出するため頭頂部を下げて固定する。また、閉創時に腹部脂肪が採取できるように清潔野を設ける。

2. 皮膚切開、後頭下筋群の剝離、頭蓋外椎骨動脈の確保

皮膚切開は乳突切痕を頂点とし、上端は外後頭隆起の上方、下端は第2頸椎で正中に基部をもつ逆C状に設ける。皮弁を翻転後に、上項線より頭頂側に位置する後頭筋を、骨膜をつけた状態で一部を摘出し、閉頭時まで保湿保存する。その後に後頭動脈を温存しながら後頭下筋群を筋層ごと頭微鏡下に剝離翻転するが、詳細は他稿を参照されたい⁴⁾。この操作により浅く広い術野の獲得、頭蓋外の椎骨動脈の確保ならびに後述する導出静脈の無血的な処理を可

能とする。

3. 乳突孔周囲の乳突導出静脈の処理

後頭下筋群の筋層ごと剝離で、後頭動脈に伴走する後頭静脈の温存が可能となる。その後頭静脈は、乳突孔で乳突導出静脈となるが、乳突孔に流入する前で後頭静脈を焼灼切断する(**Fig. 1A**)。その断端を後頭骨の骨性骨膜とともに乳突孔に収束するように剝離し(**Fig. 1B**)、後頭骨を完全に露出する。これにより、導出静脈の損傷なく断端の処理が可能となり、盲目的に乳突孔へ骨蠟を充填し導出静脈からの出血に対応する操作は不要となる。

4. 開頭、S状静脈洞の完全露出

術前の検査で骨縫合線と静脈洞の位置関係を評価し、骨削除部が少なくなるように可能な限り大きな骨弁で後頭下開頭を施行する。その際、前段階で処理した乳突導出静脈の損傷を防止するため、その周囲へ開頭が及ばないように配慮する。S状静脈洞は、乳突導出静脈との合流部で後頭

Fig. 2 Schema of the dura flaps, both before (A) and after (B) severing the posterior condylar vein.

骨との癒着が強固のため、同部位での強引な硬膜の剥離操作は、乳突導出静脈の引き抜け損傷を引き起こすため控える。したがって、まず前段階で処理した乳突導出静脈の断端を焼灼し短縮させ、乳突孔内の乳突導出静脈をS状静脈洞に向けて剥離する。剥離された静脈は、骨蠟で乳突孔内に押し込み、静脈が剥離された部分の乳突孔を安全にドリルで開放する(**Fig. 1C**)。これらの操作を繰り返すことで、無血かつ完全な乳突孔の開放と乳突導出静脈が合流するS状静脈洞までの安全な露出が可能となる。合流部以外のS状静脈洞は、後頭骨内板を残す形で後頭骨表面をドリルで削開する。同部位は後頭骨との癒着が疎のため、S状静脈洞と後頭骨内板を剥離し、内板のみとなった後頭骨を骨鉗子で除去する。S状静脈洞を完全に露出すると、大半の症例で乳突蜂巣が開放されるが、その閉鎖処置は閉頭時に行うこととする。なお、S状静脈洞の露出の上端は病変の位置によるが、破裂例では横静脈洞の移行部まで行う。下端はS状静脈洞が前方に方向を変える部位まで露出させる。

5. 顆窩の削開

大後頭孔を開放した後に顆窩を削開していく。その際に顆導出静脈を、前段階で露出させた頭蓋外椎骨動脈の周囲に存在する椎骨静脈叢から焼灼離断し、乳突導出静脈と同様の手技で顆管から剥離後に、顆管を開放する。それにより、安全に顆窩を削開することが可能となる。通常の椎骨動脈瘤であれば、顆管を開放するまでの顆窩削開で十分な術野獲得ができる(**Fig. 1D**)。しかし、正中に近い病変でさらなる展開が必要なときは、舌下神経管内の静脈(anterior condylar emissary vein)が確認できるまで後頭骨の後頭顆を削開した後に、頸静脈結節を可能な限り除去する。

6. 硬膜切開

硬膜切開は、切開した硬膜弁でS状静脈洞を側方へ圧排し、側方からの術野を獲得できるように設ける。すなわち、硬膜弁はS状静脈洞に基部をもつ形で、切開上端を可能な限り静脈洞の際まで加える。切開下端は、顆窩の削開で露出された硬膜を、S状静脈洞が水平部に移行する部位まで切り込む(**Fig. 2**)。

7. 硬膜内操作

前段階で得られたS状静脈洞の完全露出ならびにS状静脈洞の側方への圧排により、椎体骨後面と顕微鏡の光軸が平行になることが可能となり、正中方向に広く明るい術野の獲得が可能となる(**Fig. 3A**)。また、十分な顆窩の削開により後下小脳動脈のtosillomedullary segmentへのバイパスにあたっても広く浅い術野が獲得でき、安全に施行できる(**Fig. 3B**)。

8. 閉創

閉頭時に採取した骨膜付きの後頭筋を用いて、硬膜と骨膜とで膜同士を確実に縫合する。また、S状静脈洞の露出の際に開放された乳突蜂巣には、腹部脂肪を充填する。その腹部脂肪が逸脱しないようにチタンプレートで骨弁を固定し、後頭下筋群を筋層ごとに再建し、手術終了とする。なお、破裂例では術中に脳室ドレナージを挿入しているが、それ以外の症例では腰椎ドレナージを含め挿入しない。

結 果

本研究の結果を**Table 1**に示す。全例でS状静脈洞を損傷せずに完全露出が行われ、安全に手術が施行された。症例3は、椎骨動脈解離の遠位部が高位で正中を超えて存在

Fig. 3 **A:** A wide operative field is obtained through both full exposure and lateral exclusion of the sigmoid sinus. **B:** Sufficient drilling of the condylar fossa results in a wide anastomosis field for the posterior inferior cerebellar artery.

Table 1 Summary of patients' characteristics

Case	Age/Sex	Aneurysm	Symptom	Surgery	OA-PICA bypass	Surgical complications
1	72/M	VA dissection	SAH	Clipping	—	—
2	46/M	VA thrombosis	Mass effect	Trapping	+	—
3	53/M	VA dissection	SAH	Proximal occlusion	+	—
4	53/F	PICA dissection	SAH	Trapping	+	—
5	45/F	VA-PICA true	SAH	Clipping	—	Sigmoid sinus occlusion
6	82/F	VA-PICA true	SAH	Clipping	—	—
7	79/F	VA-PICA true	SAH	Clipping	—	—
8	52/M	PICA dissection	Infarction	Trapping	+	—
9	48/F	VA-PICA true	SAH	Trapping	+	—
10	49/M	PICA dissection	Infarction	Trapping	+	—
11	53/F	VA dissection	Mass effect	Trapping	+	—
12	72/F	VA-PICA true	SAH	Clipping	—	—

VA: vertebral artery, PICA: posterior inferior cerebellar artery, SAH: subarachnoid hemorrhage, OA: occipital artery

したため、遠位部を開頭手術後の血管内手術で処置³⁾したが、全例で動脈瘤の消失を画像で確認した。また、バイパス施行例も、全例で開存を確認した。髄液漏は存在せず、外科手技に伴う有害事象として1例で術後に無症候性のS状静脈洞閉塞が認められた。

症例提示

〈症例5〉

直径2.5 mmの左椎骨動脈上小脳動脈瘤破裂に伴うくも膜下出血に対して開頭手術が選択され、前述の手技が施行された(**Fig. 4A**)。術中のS状静脈洞損傷はなく、インドシアニン・グリーン血管撮影でS状静脈洞の開存を確認したが(**Fig. 4B**)、術後に術側のS状静脈洞閉塞が確認された(**Fig. 4C**)。乳突蜂巣の閉鎖目的に過充填された腹部脂

肪による圧迫が原因と判断された(**Fig. 4D**)。静脈の側副血行路が発達していたため、静脈梗塞の出現なく経過した。

考 察

椎骨動脈瘤に対して顎窩経由法を使用する際に、術野を制限する頭蓋内構造物は、小脳とS状静脈洞である。したがって、広い術野を獲得するには、小脳延髄裂などのくも膜を剝離し小脳の可動性を得ることとS状静脈洞にも可動性をもたせることが必要である。後者には、S状静脈洞の完全露出と切開した硬膜弁による効率よいS状静脈洞の圧排がさらに必要となる。本稿で記載した導出静脈の処理を施行せずにS状静脈洞の露出を試みていた以前は、導出静脈がS状静脈洞に合流する部位の周囲の骨が残存し、S状静脈洞の完全露出が困難であった。本稿の手

Fig. 4 Case 5:

A: The ruptured aneurysm is clipped with the left transcondylar fossa approach. **B:** Indocyanine green angiography shows good patency of the left sigmoid sinus after the clipping of the aneurysm. **C:** Postoperative computed tomography angiography displays an occlusion of the left sigmoid sinus. **D:** Postoperative computed tomography illustrates a compression of the left sigmoid sinus due to excessive abdominal fat (*).

技でS状静脈洞を完全露出し、硬膜切開の下端をS状静脈洞が水平部に移行する部の下方まで行うことで、硬膜弁で効率よくS状静脈洞を圧排することが可能となった。

しかし、これらの手技においては、導出静脈の処理に伴うS状静脈洞の損傷、開放される乳突蜂巣の閉鎖不全ならびに硬膜の閉鎖不全の可能性があるので注意が必要である。

まず、導出静脈の処理に伴うS状静脈洞の損傷を防止するために、導出静脈の走行をあらかじめ把握しておく必要がある。乳突導出静脈の多くはS状静脈洞に流出する。顆導出静脈は、その多くが内頸静脈やS状静脈洞に流出するが、舌下神経管内の静脈(anterior condylar emissary vein)や後頭静脈洞に流出するものが少数ながら存在する⁷⁾。したがって、顆導出静脈の剥離は、流出する静脈洞まで全例で剥離する必要はない。その範囲は、S状静脈洞が水平部に移行した変曲点に向けて硬膜切開が行えるような、十分な骨削開が可能となるまでに留めておく。それに

より無駄な静脈洞損傷を抑えることができる。また、静脈洞の閉塞を回避するには骨蠟の使用方法にも注意を要する。すなわち、発達した導出静脈からの出血に骨蠟が使用される場合があるが、開放した導出静脈から骨蠟が静脈洞内に迷入し、静脈洞閉塞が生じた報告¹⁾²⁾がある。したがって、本稿で記載したように、導出静脈の断端を焼灼閉鎖した後、骨蠟を使用すべきである。

次に、開放した乳突蜂巣に対する処置は、その閉鎖目的にも骨蠟が使用される場合があるが、それにより肉芽腫形成をきたした報告⁵⁾がある。したがって、本稿では骨蠟の代わりに腹部脂肪を用いて対応したが、その充填方法に注意が必要である。すなわち、導出静脈を処理後にS状静脈洞を完全露出すると、S状静脈洞内の血液量が減少することと骨からの剥離によりS状静脈洞の支持性が喪失することから、S状静脈洞は容易に外力で閉塞しやすい状態に陥る。したがって、脂肪充填の際には、開放された乳突蜂巣のみに充填し、近接するS状静脈洞へ圧迫が加わらな

いように配慮する必要がある。

最後に、術後の硬膜縫合不全を防止するため、確実な硬膜閉鎖と、開頭により生じた死腔を埋めることが必要である。ただし、過度の死腔閉鎖は、S状静脈洞の閉塞を生じさせるため、確実な硬膜縫合を主軸として対応する必要がある。そのため、硬膜を一次縫合するのではなく、パッチを使用し確実に硬膜縫合を行う。その際には、パッチ縁を硬膜下に引き込み、パッチの採取時に温存した骨膜と硬膜断端の膜同士を確実に縫合する必要がある。

結 語

顆窩経由法で広範な術野を獲得するには、S状静脈洞を完全に露出し、それを効率よく圧排する必要がある。それにより確実な手術手技が可能となる。本稿の各手技は、革新的ではないが、後頭下筋群の筋層ごとの剥離、導出静脈の処理、後頭骨の削開、硬膜切開そして硬膜と開放された乳突蜂巣の閉鎖まで細かな手技を含め確実に行うことが、より安全で確実な手術を可能とする。

著者全員は日本脳神経外科学会へのCOI自己申告を完了しています。本論文の発表に関して開示すべきCOIはありません。

文 献

- 1) Crocker M, Nesbitt A, Rich P, *et al*: Symptomatic venous sinus thrombosis following bone wax application to emissary veins. *Br J Neurosurg* 22: 798-800, 2008
- 2) Hadeishi H, Yasui N, Suzuki A: Mastoid canal and migrated bone wax in the sigmoid sinus: technical report. *Neurosurgery* 36: 1220-1223, 1995
- 3) Katsuno M, Matsuno A: Aneurysm trapping by both direct and endovascular surgery for vertebral artery dissection: A case report. *Surg Neurol Int* 9: 10, 2018
- 4) Katsuno M, Tanikawa R, Uemori G, *et al*: Occipital artery-to-posterior inferior cerebellar artery anastomosis with multiple-layer dissection of suboccipital muscles under a reverse C-shaped skin incision. *Br J Neurosurg* 29: 401-405, 2015
- 5) Low WK, Sim CS: Bone wax foreign body granuloma in the mastoid. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 64: 38-40, 2002
- 6) Matsushima T, Natori Y, Katsuta T, *et al*: Microsurgical anatomy for lateral approaches to the foramen magnum with special reference to transcondylar fossa (supracondylar transjugular tubercle) approach. *Skull Base Surg* 8: 119-125, 1998
- 7) Ota N, Tanikawa R, Yoshikane T, *et al*: Surgical Microanatomy of the Posterior Condylar Emissary Vein and its Anatomical Variations for the Transcondylar Fossa Approach. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 13: 382-391, 2017