より安全な脳動脈瘤手術のための頭蓋底手術の応用

池田 清延, 山下 純宏

Application of Skull Base Surgery for Safer Clipping Surgery of Intracranial Aneurysm

Kiyonobu IKEDA, M.D. and Junkoh YAMASHITA, M.D.

Department of Neurosurgery, Kanazawa University School of Medicine, Kanazawa, Japan

Summary: Although the pterional approach (PA) is the most commonly employed for the intracranial aneurysms in the anterior circulation and of the upper portion of the basilar artery (BA), there are some difficult cases among them in clipping surgery with PA. In the past 8 years, we used skull base approaches to access and treat 41 aneurysms involving the anterior communicating artery complex, middle cerebral artery, proximal internal carotid artery (ICA) or BA. The approaches included orbital osteotomy and orbitozygomatic osteotomy. Removal of the rim and roof of the orbit and additional decompression of the optic nerve and anterior clinoid resection, namely, the orbitocranial approach (OCA) allowed shorter and multi-directional accesses to the highly-located aneurysms with a minimal brain retraction.

OCA was very useful for clipping surgeries of a high BA aneurysm and of a ruptured aneurysm in the anterior circulation with a swollen brain in the acute stage. Orbitozygomatic temporopolar approach, which consists of the frontotemporal and orbitozygomatic osteotomy, allowed more upward visual axis through the temporopolar route and multidirectional working space for a high BA tip aneurysm associated with a short intracranial ICA. Skull base surgeries, used selectively, can provide improved access to highly-located aneurysms and large or giant aneurysms, while minimizing brain retraction.

Key words:

- skull base surgery
- intracranial aneurysm

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 26: 175-180, 1998

はじめに

ウィリス輪前半部および脳底動脈瘤に対して多くは手術手技が確立されており, pterional approach (PA)¹³⁾が一般的である. しかし本法のみではいくつかの限界がある. すなわち, くも膜下出血 (SAH) 急性期の脳腫脹例, 瘤の位置¹²⁾や大きさ¹⁰⁾などにより十分な術野と working space の確保ができない場合である. このような症例に対し, 頭蓋底骨の削除は頭蓋底部に局在する脳動脈瘤までの

距離を短縮し, 少ない脳圧排で広い術野を確保し, 安全な到達処置を可能とする. しかし, 過剰な開頭, 骨削除は避けるべきであり, 頭蓋底手術の適応を明らかにする必要がある. 今回, われわれは PA では到達困難と思われたウィリス輪前半部ならびに脳底動脈瘤に対し, 1) orbitocranial approach (OCA)¹¹⁾, 2) orbitozygomatic temporopolar approach (OZTA)⁶⁾を行った. その手術適応を明らかにするため, これら手術アプローチの成績を検討した.

Fig. 1 X-ray photos of a cadaver's head (treated by injection of barium sulfate into cerebral arteries) showing the various visual axis indicated by a probe in the pterional, orbitocranial (OCA), and orbitozygomatic temporopolar approaches (OZTA).

対象および方法

対象は1989年から1996年までの過去8年間に金沢大学医学部脳神経外科でウィリス輪前半部ならびに脳底動脈脳動脈瘤に対し頭蓋底手術アプローチを行った41例(前交通動脈瘤 AC; 9例, 内頸-後交通動脈瘤 ICPC; 12例, 内頸-眼動脈瘤 ICOP; 6例, 海綿静脈洞内内頸動脈瘤 ICC; 3例, 中大脳動脈瘤 MCA; 6例, 脳底動脈先端部動脈瘤 BA tip; 3例, 脳底動脈-上小脳動脈瘤 BASCA; 2例)である。なお, 今回は椎骨動脈, 脳底動脈幹脳動脈瘤例は対象より除いた。くも膜下出血(SAH)急性期例は28例で, Hunt & Kosnik 分類の Grade 1が9例, Grade 2が4例, Grade 3が8例, Grade 4が7例であった。これらの症例に対し, OCAを39例(ICPC 12, ICOP 6, ICC 3, AC 9, MCA 6, BASCA 2, BA tip 1)に, OZTAを3例(BA tip 3)に行った。なお, OCAやOZTAでは骨弁は一塊(en bloc)として作成した。

成績

I. OCA

PAに眼窩上縁骨の削除を加えることによりPAでは得られない, より低い位置から見上げる視軸と多方向から観察できる広い術野が得られた(**Fig. 1**)。

1) AC例(9例): 前頭蓋底より12 mm以上高位で上向きのlarge瘤, 脳腫脹例に有用であった。開頭範囲をより正中側に広げsubfrontal routeで少ない前頭葉の圧排とわずかな直回切除(退縮脳例では直回切除は不要)により, 瘤までの距離は短縮し, 瘤周囲と両側A2 segmentが十分に

Fig. 2 A case of high anterior communicating artery aneurysm. Angiograms before (**A**) and after clipping (**B**). An arrow indicating an aneurysm. An intraoperative photo showing successful clipping in a wide working space via subfrontal route with the right orbitocranial approach (OCA) (**C**). F, frontal lobe; A1, anterior cerebral artery; ON, optic nerve.

Fig. 3 An angiogram showing a giant middle cerebral artery (MCA) fusiform aneurysm (A). Intraoperatively, the internal cerebral artery (ICA), the proximal portion of the MCA, and the surface of the aneurysmal dome could be observed with less brain retraction via subfrontal route with OCA (B). AN, aneurysm; F, right frontal lobe; T, right temporal lobe.

露出できた (Fig. 2)。前頭蓋底より高さ 12 mm 以下で下および前向きの AC 瘤には OCA は不要で、従来の PA で十分であった。

2) MCA 瘤例 (6 例)：脳内血腫を伴った急性期の脳腫脹例では前頭葉を強く圧排しても subfrontal route では十分な術野が得られないことが多いが、orbitotomy を加えることで瘤までの距離が短縮し、わずかな前頭葉の圧排で瘤の近位部の親血管 (M1 segment) を確保して安全な clipping ができた。また大型～巨大瘤例では脳が十分に退縮しても、PA では瘤周囲の観察のために前頭葉の強い圧排を強いられることが多いが、OCA により瘤までの距離が短縮し、少ない前頭葉の圧排で広い術野が得られ、多方向からの観察ができた。特に early bifurcation 部や M1 segment の fusiform type の巨大瘤例 (Fig. 3) などでは OCA は非常に有用であった。

Fig. 4 Surgeon's views through the pterional approach (PA) and OCA in a skull model. When approaching the posteriorly projecting ICA aneurysm, lower visual axis and wider working space could be obtained by partial removal of the orbital rim (OCA) (A) than PA (B). OR, orbital rim; ICA, internal carotid artery, AN, ICPC aneurysm.

3) ICPC 瘤例 (12 例)：頭蓋内 ICA の長さが 10 mm 以下と短く前床突起の骨削除を要する例では、瘤までの距離短縮と広い術野によりドリル操作は安全となった。後方向きの瘤にも眼窩外側縁の orbitotomy により PA よりもさらに外下方からの temporopolar route により完全クリッピングができ、後交通動脈穿通枝の温存も確認できた (Fig. 4)。broad neck の大型瘤に対しても同様に多方向からの術野が確保でき、有窓クリップを用いた安全なクリッピングができた。10 mm 以上の頭蓋内 ICA 例では本法はあまり有用ではないが、急性期の脳腫脹例では有用であった。

4) ICOP 瘤例 (6 例)：眼動脈分枝部の ICOP 瘤 (1 例)、

Fig. 5 The exposure of the juxta-dural ring IC dorsal aneurysm after decompression of the optic nerve and anterior clinoid resection with OCA. An intraoperative photo (A) and its schematic drawing (B).

IC-superior hypophyseal artery 瘤 (suprasellar variant)²⁾ (2例), juxta-dural ring portion の IC dorsal 瘤⁹⁾ (1例), IC cave 瘤⁸⁾ (ICC, 2例) に対し, 眼窩骨縁削除に続いて orbital roof 外側除去, 上眼窩裂開放, Dolenc's approach³⁾ (前床突起除去, 海綿静脈洞 anteromedial triangle 部開放), 視束管 unroofing が前頭葉の少ない圧排で安全に行えた (Fig. 5). これにより視神経や ICA の可動性が増し, 海綿静脈洞内での ICA の clinoidal segment の確保ができ, 瘤までの手術距離は短縮し, 少ない脳圧排にもかかわらず広い術野内で容易に完全クリッピングができた.

5) ICC (3例): OCA により Dolenc's approach だけでなく, さらに中頭蓋窩を硬膜外に剝離して, 海綿静脈洞を容易に開放し ICA の C4 segment を露出できた. ICC は全例, 大型の C4 segment の未破裂瘤で, 瘤頸部クリッピングを試みたがうまくゆかず, 結局 trapping とした. この OCA では硬膜を介した側頭葉の軽度の圧排を要するが, 広い術野が得られ多方向からの観察と手術操作が可能であった.

6) BASCA (2例) および BA tip 瘤 (1例): 頭蓋内 ICA の長さが 1 cm 以上でも BA 瘤が前～後床突起間線より 10 mm 以上高位のものに対しては, PCA ではクリッピングの困難な例が多く, 特に急性期の脳腫脹例では OCA が有用であった. OCA で PA よりもさらに低い位置より見上げる視軸が得られ (Fig. 1), carotid-oculomotor triangular space より少ない脳圧排で容易にクリッピングができた (Fig. 6).

Fig. 6 Carotid and vertebral angiograms after clipping a ruptured high basilar-superior cerebellar artery aneurysm associated with a long intracranial ICA (A and B). An intraoperative photo showing complete clipping of the aneurysm in the wide working space with OCA (C).

A | B | C

Fig. 7 Carotid and vertebral angiograms before and after clipping a high basilar tip aneurysm associated with a short intracranial ICA (**A** and **B**). An intraoperative photo showing complete clipping of the aneurysm with the orbitozygomatic temporopolar approach (**C**).

2. OZTA (BA tip 瘤 3 例)

頭蓋内 ICA が 10 mm 以下と短く前～後床突起間線より 10 mm 以上高位の BA tip 瘤例に対して en block の frontotemporal craniotomy + orbitozygomatic osteotomy を行い、さらに temporal base の一部を骨削除することにより、OCA よりもさらに低い位置より見上げる視軸が得られた (Fig. 1)。そして側頭葉先端部を上外側に圧排して OCA よりさらに下外側から見上げることにより、短い頭蓋内 ICA 例でも temporopolar route で広い術野 (carotid-oculomotor-tentorial triangular space) で容易に clipping できた (Fig. 7)。

3. 頭蓋底手術の合併症

Dolenc's approach や海綿静脈洞開放例の骨欠損部に対

して、脂肪組織の充填とフィブリン糊の補填を行った。前頭洞開放例には洞内の十分な粘膜除去のうえ、洞開口部を塞がないように骨内板で座板を敷き骨屑とフィブリン糊で充填し、最後に galea で覆った。骨削除した orbital roof の補填整復は行わなかったが、術後、眼球陥凹は生じなかった。術後、皮下液貯留を 10 例に、髄膜炎を 2 例に認めたが、一過性であった。

考 察

ウィリス輪前半部ならびに BA tip 瘤に対しては PA¹³⁾ が現在では一般的である。しかし、高位の BA tip 瘤や AC 瘤に対し PA では術野の確保に限界があり、クリッピングに際して非常に強い脳圧排を強いられる。脳腫脹の強い SAH 急性期例ではその限界はさらに狭められる。OCA は PA の前頭骨 key hole に近接する眼窩上縁の一部をさらに骨削除して、より下方からの視軸により少ない脳圧排で、高位の瘤へより近距離でアプローチできる有用な手術法である¹¹⁾。われわれは脳脊髄液のドレナージをしてもなお脳腫脹の強い膜下出血急性期例に、脳圧排操作を減じる目的で OCA の手術適応はあると考えている。

AC 瘤については前頭葉への圧排を極力回避し gyrus rectus の吸引除去を減じる目的で通常の AC 瘤に対しても頭蓋底手術 (orbital rim の除去) を選択する報告も少なくない^{4) 11)}。しかし一般的にはやや高位のものが適応とされ¹¹⁾、われわれの経験では前頭蓋底より 12 mm 以上のものに有用であった。一般に高位で後方向きの AC 瘤や proximal A2 瘤には interhemispheric approach が適応となるが、術野や working space は狭く脳腫脹例では広範な半球間裂の切離は熟達した脳外科医でも困難となることが多い。OCA で orbitotomy をより正中近くに行うことにより、少ない前頭葉の圧排での subfrontal route が容易となった。

ICA 近位部の瘤 (ICOP, ICC) や頭蓋内 ICA の短い ICPC 瘤については瘤の近位側の親動脈確保のため、障壁となる前床突起や視神経管上壁を十分に削除することは非常に有用である⁸⁾。これにより ICA と視神経の可動性が増し、安全な親血管と視神経の移動、多方向からの視軸と広い術野が確保できる。一般に PA により Dolenc's approach は行われているが、orbitotomy を加えることにより少ない前頭葉の圧排で drilling 操作は非常に安全となる。

MCA 瘤は一般には PA で十分な術野が得られるが、SAH の急性期の脳腫脹例、瘤近位側の親動脈確保が困難と思われる大型～巨大瘤例などに対して OCA はその有用性を発揮し、多方向からの視軸と広範な術野を提供する。

BA tip 瘤のアプローチの困難さは深部に存在する瘤に対して狭い術野内での操作に起因する。特に瘤が前～後床

突起間線より 10 mm 以上高位で、頭蓋内 ICA の長さが 10 mm 以下と短い症例に対しては PA では手術成績は不良とされている¹²⁾。このような症例に対し、われわれの開発した OZTA⁶⁾は PA や OCA より、さらに下外側からの視軸が得られ carotid-oculomotor-tentorial triangular space からの安全なクリッピングを可能とした。初期の OZTA では temporopolar route の確保のため側頭葉先端の bridging vein を切断した。これまで側頭葉内の静脈性梗塞を生じたことはないが、最近では extradural temporopolar approach により bridging vein を温存している。一方、高位の BA tip や BASCA 瘤で ICA が十分な長さの急性期例には OCA も適応となる。OCA は広い術野内で多方向からの視軸が得られ、瘤までの操作距離がより近づくことにより、PA での過度な脳圧排による狭い術野内での手術よりも安全性が増すため、経験の少ない術者には推奨される方法である。

最近、less invasive neurosurgery が唱われ、頭蓋底手術の侵襲度が問題視されている。しかし、脳動脈瘤に対して少ない脳圧排で多方向からの視軸と広い術野が得られ、瘤までの手術操作距離が短縮し安全で容易なクリッピングが可能となる頭蓋底手術アプローチは捨て切れない。脳動脈瘤の術野と working space の広さは単にクリッピングするだけの視軸を確保するだけのものではなく、周囲の神経構造物の損傷を避け、瘤背後の穿通枝の温存にまで注意を払った安全な手術操作を可能とするものでなくてはならない。もちろん、不必要な開頭、骨削除は避けるべきであり、経験に伴い無駄な手術操作は減らしていかなければならない。最後にわれわれ、脳神経外科医の目指す真の less invasive neurosurgery とは『いかに脳神経を愛護的に手術操作するか』ではないだろうか。

結 論

高位ならびに深部脳動脈瘤に対して頭蓋底手術アプローチの選択により、少ない脳圧排で多方向からの視軸と広い術野が得られ、瘤までの手術操作距離が短縮することによ

り安全で容易なクリッピングが可能となった。

文 献

- 1) Al-Mefty O, Fox JL, Smith RR: Petrosal approach for petroclival meningiomas. *Neurosurgery* **22**: 510-517, 1988
- 2) Day AL: Aneurysms of the ophthalmic segment: A clinical and anatomical analysis. *J Neurosurg* **72**: 677-691, 1996
- 3) Dolenc VV: A combined epi- and subdural direct approach to carotid-ophthalmic artery aneurysms. *J Neurosurg* **62**: 667-672, 1985
- 4) Fujita K, Kuwabara T: Orbitocraniobasal approach for anterior communicating artery aneurysms. *Neurosurgery* **18**: 367-369, 1986
- 5) Heros RC: Lateral suboccipital approach for vertebrobasilar artery lesions. *J Neurosurg* **64**: 559-562, 1986
- 6) Ikeda K, Yamashita J, Hashimoto M, *et al*: Orbitozygomatic temporopolar approach for a high basilar tip aneurysm associated with a short intracranial internal carotid artery: A new surgical approach. *Neurosurgery* **28** (1): 105-110, 1991
- 7) 河瀬 斌, Helmut Bertalanffy, 塩原隆造, ほか: 傍正中 VA aneurysm に対する (Trans-) Condylar Approach—Suboccipital approach との比較—。脳卒中の外科 **21**: 263-268, 1993
- 8) Kobayashi S, Kyoshima K, Gibo H, *et al*: Carotid cave aneurysms of the internal carotid artery. *J Neurosurg* **70**: 216-221, 1989
- 9) Nakagawa F, Kobayashi S, Takemae T, *et al*: Aneurysms protruding from the dorsal wall of the internal carotid artery. *J Neurosurg* **65**: 303-308, 1986
- 10) Sekhar LN, Kalia KK, Yonas H, *et al*: Cranial base approaches to intracranial aneurysms in the subarachnoid space. *Neurosurgery* **35**: 472-481, 1994
- 11) Smith RR, Al-Mefty O, Middleton TH: An orbitocranial approach to complex aneurysms of the anterior circulation. *Neurosurgery* **24**: 385-391, 1989
- 12) Yamaura A, Ise H, Makino H: Treatment of aneurysms arising from the terminal portion of the basilar artery: With special reference to the radiometric study and accessibility of trans-sylvian approach. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **22**: 521-532, 1982
- 13) Yaşargil MG, Antic J, Laciga R, *et al*: Microsurgical pterional approach to aneurysms of the basilar bifurcation. *Surg Neurol* **6**: 83-91, 1976