海綿静脈洞部の手術

—動眼、滑車、外転神経の温存について—

後藤 剛夫, 大畑 建治

大阪市立大学脳神経外科

Surgical Excision for Cavernous Sinus Tumors

Takeo Goto, M.D., and Kenji Ohata, M.D.

Department of Neurosurgery, Osaka City University Graduate School of Medicine

Although stereotactic radiosurgery is a basic treatment for cavernous sinus tumors, surgical excision is required in patients with symptomatic tumors or recurrent tumors after radiotherapy. Here, we present detailed anatomical knowledge of the cavernous sinus and surgical techniques for preservation of the third, fourth and sixth cranial nerves. Our surgical procedure for cavernous sinus tumor is an option for the treatment of cavernous sinus tumors.

(Received April 2, 2019; accepted April 16, 2019)

Key words : cavernous sinus tumor, surgery, petrosal approach, endoscopic endonasal approach
Jpn J Neurosurg (Tokyo) 28 : 398-406, 2019

はじめに

海綿静脈洞部腫瘍に対しては、1980年代後半に多くの頭蓋底外科医により積極的な切除が試みられた¹⁾²⁾⁴⁾。しかし眼球運動障害の悪化など治療成績の悪さから、その後定位放射線照射が治療の中心となっている³⁾⁵⁾⁶⁾⁸⁾。しかし海綿静脈洞部腫瘍の中には放射線照射後の再増大や発見時すでに眼球運動障害など症候性となっている腫瘍も存在する。また発見時に視索、視交叉を強く圧迫している腫瘍もある。こうした例では、眼球運動障害をきたさず腫瘍体積が縮小できる切除法があれば手術切除を検討することになる。われわれは最近、海綿静脈洞の解剖学的特徴を考慮した安全な手術到達法で眼球運動を温存したうえで腫瘍減圧を行っているので、手技の詳細を海綿静脈洞部髄膜腫と海綿静脈洞部軟骨肉腫の2つに分けて説明する。また今回の報告では、蝶形骨縁髄膜腫や錐

体斜台部髄膜腫が海綿静脈洞内に部分進展したものは除外している。

海綿静脈洞部髄膜腫の手術

① 手術適応

海綿静脈洞部髄膜腫の治療では基本的には定位放射線照射を第1選択としている。しかし放射線照射後再発例、眼球運動障害が強い症候性例、および視索、視交叉を圧迫するような上方あるいは内側進展がある腫瘍を手術適応としている。

② 手術法を考えるうえで重要な海綿静脈洞解剖的特徴

海綿静脈洞を頭側から観察するとその上壁は、内側は前床突起と後床突起を結ぶ interclinoid ligament (ICL)、

連絡先：後藤剛夫, 〒545-8585 大阪市阿倍野区旭町 1-4-3 大阪市立大学脳神経外科

Address reprint requests to: Takeo Goto, M.D., Department of Neurosurgery, Osaka City University Graduate School of Medicine, 1-4-3 Asahimachi, Abeno-ku, Osaka-shi, Osaka 545-8585, Japan

外側は前床突起と錐体先端部をつなぐ anterior petroclinoid ligament (APCL), 後壁は後床突起と錐体先端部をつなぐ posterior petroclinoid ligament (PPCL) で囲まれた頂点を前方に向けた三角形の形状をしている。海綿静脈洞を貫通するそれぞれの脳神経は動眼神経は上壁を, 外転神経は後壁を, 滑車神経, 三叉神経は外側壁を貫通して海綿静脈洞内に入っているが, 後方ではそれぞれの脳神経間の距離が比較的広いことがわかる (Fig. 1)。一方海綿静脈洞を前方に進むにつれてそれぞれの脳神経の間隔が狭くなり最終的に上眼窩裂を貫通して眼窩内へと走行している。また動眼神経は必ず APCL より内側で海綿静脈洞内へと走行し, 滑車神経は海綿静脈洞外側壁を APCL の外側を伴走している。また外転神経は PPCL の下方へ通って海綿静脈洞へと走行しているという特徴がある。これらは手術法を検討するうえで非常に重要な情報である。

③ 海綿静脈洞解剖に基づいた手術法の選択

1980 年代後半に報告された海綿静脈洞部への到達法は, 前頭側頭開頭を行った後, 上眼窩裂で meningo-orbital band を切開し, 海綿静脈洞外側壁固有硬膜を剥離して動眼, 滑車, 三叉神経を同定, それぞれの神経間から腫瘍を切除するのが基本であった¹⁾²⁾⁴⁾。こうした手術法は前頭側頭開頭の変法であり, 脳神経外科医にとって解剖学的理解が容易な到達法ではあるが, 神経間距離が狭い前方から腫瘍切除を開始することや, いきなり腫瘍浸潤を受けている脳神経前方部から腫瘍剥離を進めるため, 手術により脳神経機能が悪化する危険が非常に高いものであった¹⁾²⁾⁴⁾。そこでわれわれは脳神経間距離が広い後方から海綿静脈洞内に入し前方へと腫瘍を剥離することを試みている⁷⁾。後方から剥離を進めると, 通常後頭蓋窩では動眼, 滑車, 外転神経の同定が容易でかつ腫瘍との癒着も少ないため, 剥離操作そのものも容易になる。われわれは後方から腫瘍に到達する手術法として骨削除範囲をできるだけ抑えた最小合併経錐体到達法を好んで用いている⁷⁾。

④ 最小合併経錐体到達法による腫瘍切除

患者は park-bench position として頭部を固定後, 耳介を囲む皮膚切開を行い, その後, 側頭開頭に一部後頭下開頭を加えた側頭後頭下開頭を行っている。後頭下開頭は S 状静脈洞上部が部分露出できれば十分である (Fig. 2A, B)。その後中頭蓋底硬膜と S 状静脈洞前方硬膜を錐体骨から剥離した後, 錐体骨縁のみをダイヤモンドドリルで削除して骨削除は終了している (Fig. 2C)。骨削除の

Fig. 1 Illustration showing the anatomical relation of the cranial nerves and the cavernous sinus

The distance between each cranial nerve is wider in the posterior part of the cavernous sinus.

目安は上錐体静脈洞が前方から後方まで露出できれば十分である。次に側頭硬膜を三叉神経外側に向かって切開する。次に S 状静脈洞の前方で後頭蓋窩硬膜を切開し, この切開を錐体骨縁に沿って前方に延長する。後頭蓋窩側で錐体静脈を確認し, 錐体静脈の上錐体静脈洞への流入点よりも前方で上錐体静脈洞を結紮する。続いて三叉神経第三枝外側で硬膜を切開し, そのままメッケル腔を開放する。同時に三叉神経に沿って海綿静脈洞外側壁を後方から前方へと固有硬膜の層で剥離を進める。次に小脳 TENT を滑車神経の海綿静脈洞への貫通部の後方で切開する。次に側頭葉を上方に牽引し, 後方から前方を観察すると, 海綿静脈洞を後方から前方に観察できる術野となる (Fig. 2D)。海綿静脈洞外側壁固有硬膜を十分に剥離すると三叉神経第一〜三枝, 滑車神経が外側壁で確認できる。また滑車神経のすぐ内側には TENT 縁から連続する線維性の靱帯が前床突起へと連なる APCL が確認できる。たとえ海綿静脈洞内すべてを髄膜腫が占拠していてもこの靱帯構造は保たれていることがほとんどであるため, この靱帯を後方から前方へとたどると前床突起先端を同定することができる。また APCL の外側の滑車神経, 内側の動眼神経を同定できるよい指標となる。通常この時点で視神経と内頸動脈 C2 部も確認できることになる。また後方から腫瘍切除を始めると TENT 縁から後床突起へと連続する PPCL を確認することも比較的容

Fig. 2 Mid-anterior and posterior combined petrosal approach

- A, B :** Temporal and small suboccipital craniotomy was performed for exposure of the sigmoid sinus.
C : Small amount of petrosectomy along the petrous ridge. The blue circle shows the extent of petrosectomy along the petrous ridge.
D : Surgical corridor to the cavernous sinus meningioma.

易である。この靱帯の下方を外転神経が走行していることを理解すると不用意に外転神経を損傷することもない。PPCLを内側へと追いかけると後床突起を容易に確認できる。海綿静脈洞髄膜腫は靱帯構造であるAPCL、PPCLが保たれていると、テントの骨組みのように靱帯が腫瘍の形状を支えているため、内減圧を行っても容易に腫瘍を回転させることができない。しかしこれら2つの靱帯構造を確認、切断すると腫瘍は容易に回転、牽引できるようになり動眼、滑車、外転神経からの剥離操作が容易になる。

通常滑車神経と三叉神経第一枝の間から腫瘍内減圧を始める。腫瘍を減圧すると滑車神経を下方に移動させることができるため次に滑車神経と動眼神経の間を拡大させることができる。この時点でAPCLを切断すると、腫瘍を下方に牽引しやすくなり腫瘍と動眼神経の境界も確認できるようになる。この到達法では動眼神経の海綿静脈洞入口部より前方あるいは内側の腫瘍摘出は困難であ

る。また後方ではPPCLを切開し、後頭蓋窩側に突出した腫瘍を回転させながら外転神経との剥離を行う。しかし内頸動脈C5部周囲に薄く腫瘍を残すため外転神経と腫瘍の完全剥離は不可能である。以上の手術操作で摘出が不可能な部位は動眼神経の内側、前方の腫瘍、内頸動脈C4～5部周囲の腫瘍である。この手術の目的が神経機能を温存したうえでの最大切除であることを考えるとこの時点で手術操作を終了するべきであると考えている。

これまでのわれわれの経験では海綿静脈洞後方に進展する傾向があるため、同到達法で腫瘍の8割程度を摘出することが可能である⁷⁾。海綿静脈洞内側の腫瘍が大きく視神経視交叉圧迫が残存している場合には経鼻内視鏡下に二次的手術を追加している。

症例提示 1

42歳女性、6カ月前から続く右動眼神経麻痺による複視のため来院した。来院時右動眼神経麻痺を認めた。造

Fig. 3 Surgical excision of the cavernous sinus meningioma

- A : Preoperative magnetic resonance image.
 B : Intraoperative photograph showing the trigeminal nerve and the cavernous sinus tumor.
 C : The third, fourth and fifth nerves were anatomically preserved after the removal of the cavernous sinus meningioma.
 D : Postoperative magnetic resonance image.

影 MRI では海綿静脈洞後方部を中心に髄膜腫と思われる病変を認めた (Fig. 3A)。動眼神経症状の改善を目指して最小合併錐体到達法による腫瘍摘出を行った。初めにメッケル腔を開放し後方から海綿静脈洞の腫瘍を摘出した (Fig. 3B)。APCLを指標に後方から滑車、動眼神経の同定剥離を行いながら腫瘍を摘出した (Fig. 3C)。腫瘍の大部分は摘出でき (Fig. 3D)、また患者動眼神経機能は正常化した (Fig. 4)。

⑤ 経鼻内視鏡下到達法

動眼神経の海綿静脈洞入口部よりも内側あるいは前方に存在する腫瘍に対しては経鼻内視鏡下の腫瘍摘出が非常に有用である。通常の経鼻内視鏡下到達法でトルコ鞍底に到達した後、トルコ鞍底、鞍結節、病変側視神経管、病変側海綿静脈洞前壁、下壁を広くドリルで削除する。また斜台上部を丁寧に削除して傍斜台部内頸動脈を露出

する。さらに後床突起、鞍背も削除しておく。つまり海綿静脈洞を中心に広く骨構造を丁寧にドリルで削除しておくことが重要である。海綿静脈洞髄膜腫は当然ではあるが、海綿静脈洞前壁、下壁、鞍隔膜、視神経管下壁硬膜、斜台上部硬膜に広く付着部をもつため、これらの硬膜を露出して硬膜凝固を行うことで止血のきいた術野で手術を行える利点がある。また同部の硬膜を切開すると腫瘍が付着部から離断でき、回転させやすくなるという特徴がある。次にトルコ鞍底硬膜を病変側で切開し、下垂体を対側に牽引すると海綿静脈洞内側の腫瘍が露出できる。海綿静脈洞内側の腫瘍を安全にかつ十分に切除するためには鞍隔膜および ICL を切開することが重要である。鞍隔膜と ICL を切開すると腫瘍が内側および下方に移動しやすくなり、腫瘍外側の動眼神経を同定しやすくなる。こうして海綿静脈洞内側の腫瘍も経鼻内視鏡下に摘出が可能になった。動眼神経を同定し、視神経、視交

Fig. 4 Photographs showing her fully recovered eye movement

又、視索周囲の腫瘍を摘出できた時点で手術を終了している。しかし内頸動脈に付着する腫瘍についてはわずかに残存させることになる。

症例提示 2

40 歳女性、左眼視野障害を主訴に来院した。入院時左眼鼻側半盲を認めた。造影 MRI では左海綿静脈洞内側部に腫瘍を認めた (Fig. 5A)。経鼻内視鏡下に海綿静脈洞内側腫瘍を摘出した (Fig. 5B)。腫瘍を下方に牽引しながら、視神経、内頸動脈、動眼神経、外転神経と順次剥離操作を行い、腫瘍を摘出した (Fig. 6A-C)。術後内側部腫瘍は摘出できた。また眼球運動機能を温存できた (Fig. 7)。

海綿静脈洞部髄膜腫に対する手術のまとめ

最小合併経錐体到達法および経鼻内視鏡手術の組み合わせで腫瘍体積を安全に減らすことが可能になったが、全摘出を目指す手術ではないことを強調したい。あくまで腫瘍減圧による神経症状の改善あるいはその後の定位放射線照射を行いやすくするための治療であることを忘れてはならない。腫瘍の硬さなど手術所見により切除度を調整する判断が重要であり、無理な切除による神経機能の悪化は避けなければならないことを強調したい。

海綿静脈洞部軟骨肉腫の手術

頭蓋底軟骨肉腫はときに海綿静脈洞内を占拠して動眼、外転神経麻痺など複視を主訴に発症する場合がある。石灰化を伴う大きな腫瘍が海綿静脈洞内にあると腫

瘍と脳神経を剥離して腫瘍を摘出することはきわめて難しいと思われる。しかし髄膜腫と異なり発生部位を考慮するとこの腫瘍は経鼻内視鏡下に比較的安全に神経機能を悪化させることなく摘出可能であることがわかってきた。経鼻内視鏡下に海綿静脈洞部軟骨肉腫を摘出する方法について説明する。

① 手術適応

海綿静脈洞部軟骨肉腫では、髄膜腫と異なり無症候性腫瘍の場合でもまずは手術による腫瘍切除を第 1 選択としている。腫瘍再発、残存腫瘍の再増大時に定位放射線照射を含めた放射線照射を検討している。

② 手術法を考えるうえで重要な海綿静脈洞解剖の特徴

海綿静脈洞を冠状断で観察すると下壁は骨膜硬膜で覆われていることになる (Fig. 8A)。海綿静脈洞部軟骨肉腫は海綿静脈洞下壁周辺の骨組織から発生し、この骨膜硬膜に覆われたまま海綿静脈洞内に進展しているため、直接脳神経に浸潤している可能性は比較的少ない (Fig. 8B)。

③ 経鼻内視鏡下到達法

海綿静脈洞下壁を構成する骨組織を広くドリルで削除するためまず pterygoid process 基部を削除して側方の術野を拡大させている。続いて傍斜台部内頸動脈の露出と海綿静脈洞下壁、トルコ鞍底骨、斜台上部骨を丁寧にドリルで削除すると通常腫瘍が直接露出できる。腫瘍周囲の骨構造を十分削除すると、正常硬膜の牽引が容易にな

Fig. 5 Medial cavernous sinus meningioma compressing the optic nerve and the optic tract

A : Preoperative magnetic resonance image.

B : Surgical corridor to the medial cavernous sinus meningioma.

Fig. 6 A-C : Her left optic nerve, oculomotor nerve and abducent nerve were successfully decompressed via the endoscopic endonasal approach.

D : Postoperative magnetic resonance image.

Fig. 7 Photographs showing her fully preserved eye movement

Fig. 8 Illustration showing the method for invading the cavernous sinus in case of chondrosarcoma

A : The tumor arises in the extradural space.

B : The tumor extended to the cavernous sinus covered with the osseous dural layer.

るため腫瘍境界を剥離しやすくなる。腫瘍と後床突起は連続している場合が多いが同部の骨も硬膜外に切除すると硬い腫瘍も回転させやすくなる。海綿静脈洞下壁硬膜はときには非常に薄くなり腫瘍が海綿静脈洞内に一部直接進展していることもあるが、経鼻内視鏡下に手術を行うと同部膜構造が直接観察できるため、腫瘍を下方に引き出すようにすると脳神経を損傷することはない。

症例提示 3

22 歳男性、3 カ月前から続く右外転神経麻痺による複視を主訴に紹介となった。入院時右完全外転神経麻痺を認めた。画像上海綿静脈洞に大きな石灰化を伴う腫瘍を認めた (Fig. 9)。経鼻内視鏡下に腫瘍を摘出しすべての腫瘍を摘出した (Fig. 10)。術後外転神経麻痺は消失した (Fig. 11)。

まとめ

海綿静脈洞部腫瘍に対する手術治療において脳神経機能をどのように温存するかについてわれわれの経験を中心に説明した。しかし何度も強調するが、今回述べた海綿静脈洞部腫瘍、軟骨肉腫が手術切除のみで治癒できるわけではない。このためどちらの腫瘍も神経機能の温存を最重点に考えたうえで手術戦略を立てることが重要である。

本論文は第 38 回日本脳神経外科コンgres総会において発表させていただいた内容をまとめたものである。

筆者の COI (conflicts of interest) 開示

筆頭および共同演者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。本演題の発表に関して開示すべき COI はありません。

Fig. 9 Chondrosarcoma occupying the right cavernous sinus
 A, B : Preoperative magnetic resonance image.
 C, D : Preoperative computed tomography.

Fig. 10 Postoperative magnetic resonance image (A) and computed tomography (B)

Fig. 11 Photographs showing his fully recovered eye movement

文 献

- 1) Dolenc V, Kregar T, Ferluga M, Fettich M, Morina A : Treatment of tumors invading the cavernous sinus. in Dolenc VV (ed) : *The Cavernous Sinus : A Multidisciplinary Approach to Vascular and Tumorous Lesions*. Vienna, Springer, 1987, pp.377-391.
- 2) Hakuba A, Tanaka K, Suzuki T, Nishimura S : A combined orbitozygomatic infratemporal epidural and subdural approach for lesions involving the entire cavernous sinus. *J Neurosurg* **71** : 699-704, 1989.
- 3) Hasegawa T, Kida Y, Yoshimoto M, Koike J, Iizuka H, Ishii D : Long-term outcomes of Gamma Knife surgery for cavernous sinus meningioma. *J Neurosurg* **107** : 745-751, 2007.
- 4) Kawase T, Toya S, Shiobara R, Kimura C, Nakajima H : Skull base approaches for meningiomas invading the cavernous sinus. in Dolenc VV (ed) : *The Cavernous Sinus : A Multidisciplinary Approach to Vascular and Tumorous Lesions*. Vienna, Springer, 1987, pp.346-354.
- 5) Lee CC, Trifiletti DM, Sahgal A, DeSalles A, Fariselli L, Hayashi M, Levivier M, Ma L, Álvarez RM, Paddick I, Regis J, Ryu S, Slotman B, Sheehan J : Stereotactic radiosurgery for benign (World Health Organization Grade I) cavernous sinus meningiomas—International Stereotactic Radiosurgery Society (ISRS) Practice Guideline : a systematic review. *Neurosurgery* **3** : 1128-1142, 2018.
- 6) Lee JY, Niranjan A, McNerney J, Kondziolka D, Flickinger JC, Lunsford LD : Stereotactic radiosurgery providing long-term tumor control of cavernous sinus meningiomas. *J Neurosurg* **97** : 65-72, 2002.
- 7) Morisako H, Goto T, Ohata H, Goudihalli SR, Shirohara K, Ohata K : Safe maximal resection of primary cavernous sinus meningiomas via a minimal anterior and posterior combined transpetrosal approach. *Neurosurg Focus* **44** : E11, 2018.
- 8) Shin M, Kurita H, Sasaki T, Kawamoto S, Tago M, Kawahara N, Morita A, Ueki K, Kirino T : Analysis of treatment outcome after stereotactic radiosurgery for cavernous sinus meningiomas. *J Neurosurg* **95** : 435-439, 2001.

要 旨

海綿静脈洞部の手術—動眼，滑車，外転神経の温存について—

後藤 剛夫 大畑 建治

海綿静脈洞部腫瘍に対する治療としては定位放射線治療の役割が大きい。しかし放射線照射後の再発や症候性腫瘍ではときに外科的切除が必要になることがある。海綿静脈洞部髄膜腫，軟骨肉腫の2つの疾患について解剖学的特徴を踏まえた腫瘍切除について解説した。髄膜腫については後方から腫瘍に到達する最小合併経錐体到達法が有用であった。また内側海綿静脈洞部髄膜腫，海綿静脈洞部軟骨肉腫は経鼻内視鏡手術での摘出が有用であった。手術適応をよく検討すれば，動眼，滑車，外転神経機能を温存して腫瘍減圧ができることを説明した。

脳外誌 28 : 398-406, 2019