

前頭蓋底硬膜動静脈瘻に対する 血管内治療：種々のアクセスルートを用いて根治した3例

木下由宇¹⁾, 岡部純也¹⁾, 名取郁也¹⁾, 東園和也¹⁾, 藤島裕丈¹⁾, 山家弘雄¹⁾, 寺田友昭¹⁾

1) 昭和大学横浜市北部病院脳神経外科 〒224-8503 神奈川県横浜市都筑区茅ヶ崎中央 35-1

前 頭蓋底硬膜動静脈瘻 (Anterior Cranial Fossa dural ArterioVenous Fistula : ACF dAVF) に対する血管内治療は、血管内デバイスの進化とともに治療成績が向上している。Ophthalmic artery (OphA) 経由のtransarterial embolization (TAE) は、ACF dAVFの主な治療経路である。しかしながら、OphA経由のTAEのみでは血管内治療ですべてのACF dAVFを治療するには不十分であり、今回我々はOphA経由のTAEとは異なるアクセスルートを用いて根治したACF dAVFの3症例を提示する。

症例1：Infraorbital arteryからのTAEにてONYX18のplug & push methodでshuntの根治を得た症例。

症例2：適切なfeeding arteryを認めなかったため経静脈的塞栓にて根治した症例。マイクロカテーテルを内頸静脈→上矢状静脈洞→左anterior medial frontal vein (shuntのごく近傍の遠位) に誘導し、ONYX34で閉塞した。

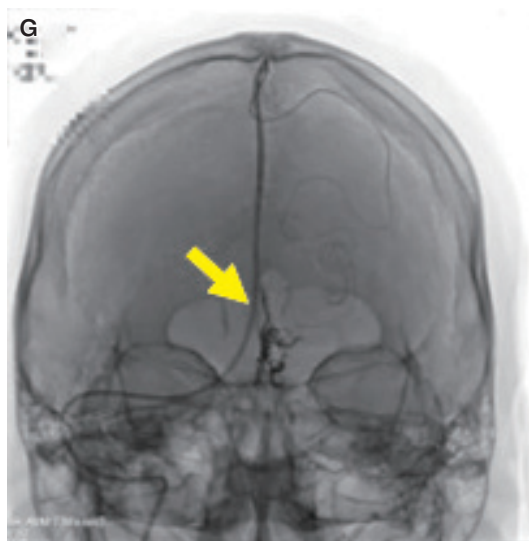
症例3：マイクロカテーテルをOphA経由で導出静脈に誘導し、ONYX34でtransarterial intravenous embolizationで閉塞した。

結 論：ACF dAVFの血管内治療の成績は、OphA経由のTAE以外にこれらのアクセスルートを用いた治療によってさらに向上するであろう。

Key Words

ACF dAVF, TAE, TVE, ONYX

Key Slide



(Received July 3, 2024; Accepted July 24, 2024)

1. 諸言

前頭蓋底硬膜動静脈瘻（Anterior Cranial Fossa dural ArterioVenous Fistula : ACF dAVF）は ethmoidal dAVF ともいわれ、cribriform plate 近傍の硬膜に shunt を有する dAVF で全 dAVF の 1～1.5% と稀であり、男性に多いとされている¹⁾。ACF dAVF は静脈洞に関与せず、皮質静脈に直接流入する、Borden type III、Cognard type III もしくは IV に分類され、自然歴として 91% の出血を伴う dAVF であり、症候性はもちろん、無症候性であっても治療介入の余地があることが考えられる²⁾。ACF dAVF は、従来では開頭手術による治療が一般的とされてきた³⁾。しかしながら、近年ではカテーテルの遠位到達性の向上と中間カテーテルの性能向上、および塞栓物質の進歩により血管内治療による根治症例の報告が増加しており⁴⁾、我々の施設でも ACF dAVF は ONYX（日本メドトロニック）を用いた transarterial embolization（TAE）を第一選択としている。ACF dAVF は、ophthalmic artery（OphA）から分岐する anterior ethmoidal artery（AEA）が feeder として発達している症例が多く、こちらからの TAE が一般的である⁵⁾。しかしながらそれだけでは不十分であり、今回我々は一般的な OphA からの TAE とは異なるルートを用いて治療した 3 例を報告し、我々の ACF dAVF の血管内治療戦略を述べる。

症例 1（外頸動脈からの塞栓）：70 歳、男性。

肺がんの頭蓋内精査目的の頭部 MRI にて ACF dAVF が incidental に発見された。Feeder は両側の AEA および右 infraorbital artery で、左 cribriform plate（CP）に shunt を形成し、anterior medial

frontal vein（AMFV）に varix を形成し、superior sagittal sinus（SSS）へと流出する ACF dAVF であった（Fig. 1A, B）。右 infraorbital artery から比較的太い feeder が shunt 直近まで伸びており、TAE による閉塞が可能と考え、血管内治療を行った。右 femoral artery（FA）に 6 Fr sheath を挿入して 6 Fr FUBUKI 90 cm（朝日インテック）を右外頸動脈に留置し、Guidepost 120 cm（東海メディカルプロダクツ）を Rt. internal maxillary artery に留置し、DeFrictor nano（SB カワスミ）と CHIKAI X10（朝日インテック）にて shunt 直近まで誘導した（Fig. 1C）。ここから、ONYX18 で feeder から shunt を越えて drainer まで塞栓することができた（Fig. 1F）。

症例 2（Transvenous embolization : TVE）：

44 歳、男性。

頭痛精査の MRI で発見された。Feeder は両側の AEA および右 sphenopalatine artery で、左 CP に shunt を形成し、左 AMFV に varix を形成し、SSS へと流出する ACF dAVF であった（Fig. 2A, B）。右 sphenopalatine artery からの feeder は比較的細かったが、血管内治療を強く希望されたため TVE を施行することとした。右の内頸静脈に 6 Fr sheath を留置し、6 Fr FUBUKI 90 cm を SSS に留置、そこから Guidepost 130 cm を AMFV に留置し、DeFrictor Bull（SB カワスミ）を CHIKAI X10 を用いて shunt 直近の drainer へ留置できた（Fig. 2D）。低血圧（収縮期血圧 60 mmHg 台）にし、ONYX34 を shunt を越えて feeder まで逆流させた（Fig. 2G）。Shunt は完全閉塞した（Fig. 2E, F）が、カテーテル先端がトラップされたため、頸部で Bull を切断し皮下に埋没させ手技終了とした（Fig. 2H）。

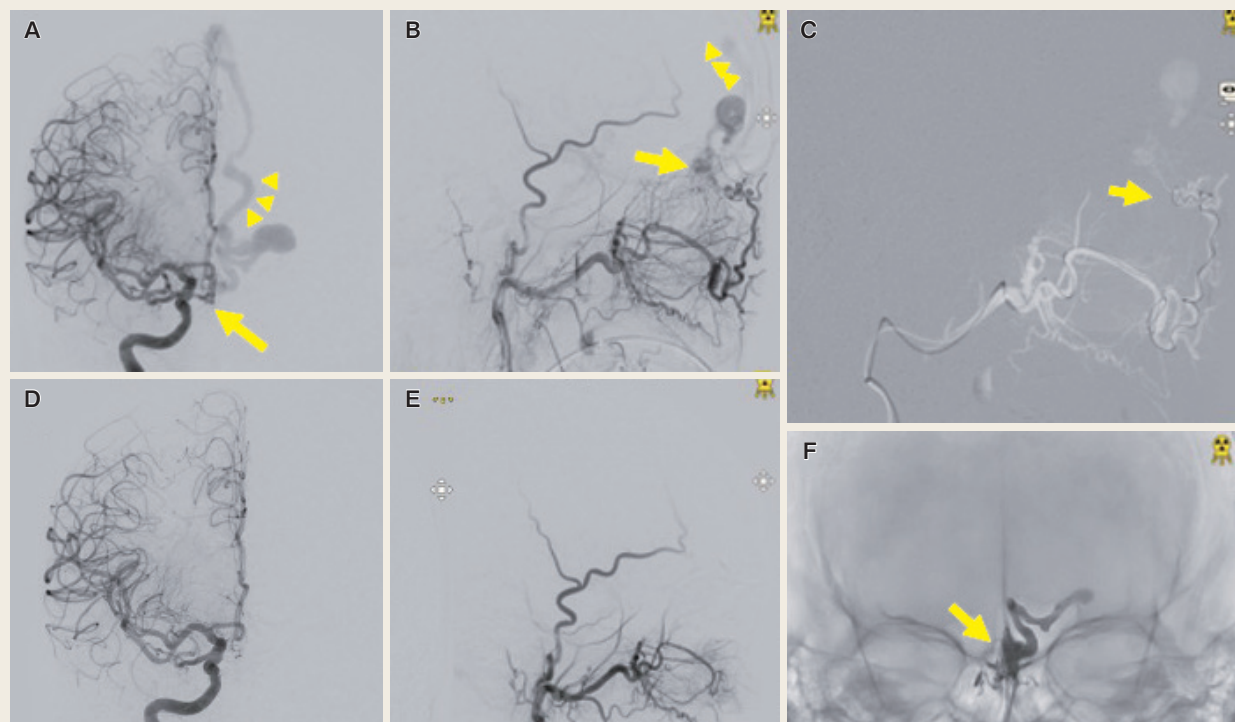


Fig. 1

- A** : Right internal carotid artery (ICA) angiography shows shunt (arrow) from the right anterior ethmoidal artery (AEA) and varix draining into the left AMFV (arrowhead) .
- B** : Right external carotid artery (ECA) angiography reveals shunt from the right infraorbital artery (arrow) and varix draining into the left AMFV (arrowhead) .
- C** : Superselective image shows the Defractor nano is navigated to just proximal portion of the shunt of the right sphenopalatine artery (arrow) .
- D, E** : Postoperative angiography shows the shunt is completely occluded.
- F** : X-ray : ONYX mass which penetrated through the shunt into the drainer (arrow) is demonstrated.

症例 3 (Transarterial intravenous embolization:

TAVE) : 72 歳, 男性.

頭痛の精査のため MRI を行ったところ ACF dAVF が発見された. Feeder は両側の AEA で右 CP に shunt を形成し, AMFV に varix を形成し, SSS へと流出していた (Fig. 3A, B). AEA からの feeding artery が比較的太く経動脈的アプローチで shunt 直近までアプローチでき, 根治できると考えられたので血管内治療を選択した. 右 FA に 6 Fr sheath を挿入して 6 Fr FUBUKI 90 cm を右内頸動脈に留置し, Guidepost 120 cm を右 OphA

起始部に留置し, DeFractor nano と CHIKAI X10 にて右 AEA より shunt を越えて drainer に nano を挿入できた (Fig. 3C). 低血圧下に ONYX34 を静脈内に注入し, 動脈サイドに ONYX が逆流した時点で, 血管撮影を行い, 完全閉塞を確認後, マイクロカテーテルを抜去した (Fig. 3H).

II. 考 察

ACF dAVF の血管内治療は, TAE, TVE とともに shunt 直近までカテーテルアクセスができた場合の根治率は極めて高い. Trivelato らの報告によ

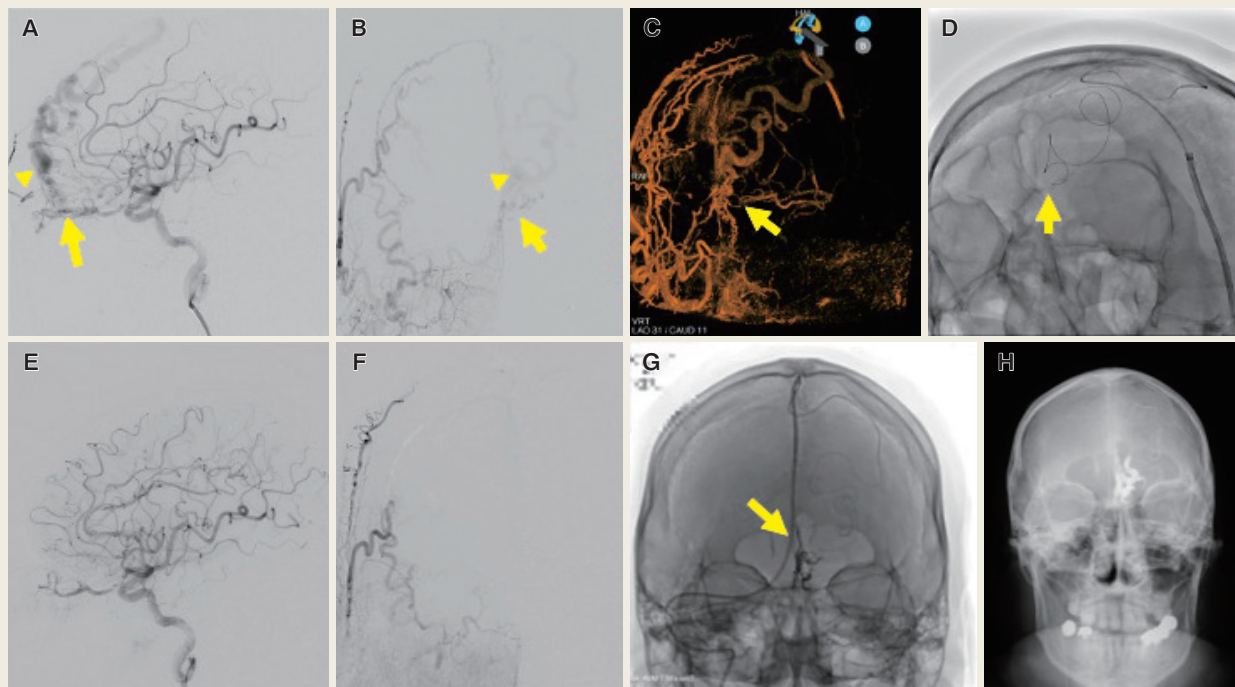


Fig. 2

A : Left ICA angiography reveals shunt is fed from the left AEA to the left cribriform dura mater (arrow) and a varix has formed in the left AMFV (arrowhead) .
B, C : Right ECA angiography and 3 dimensional rotated angiography showing the shunt point (arrow) and varix (arrowhead) .
D : X-ray showing the route of the microcatheter (arrow) .
E, F : Postoperative angiography reveals the shunt is completely occluded.
G : X-ray shows ONYX plug formation (arrow) .
H : X-ray reveals ONYX mass and entrapped microcatheter navigated from internal jugular vein.

ると ACF dAVF の血管内治療根治率は 97.1% であり、内訳は TAE 54.3%, TVE 34.3%, TAE & TVE 11.4%であった⁶⁾。

TAE の場合は OphA から分岐する AEA, posterior ethmoidal artery が標的血管となることが多い⁷⁾。ONYX を用いた OphA からの TAE では網膜中心動脈に ONYX が迷入したり、カテーテル抜去困難に陥ったりすることがあり得る^{8, 9)}。さらに、anterior cerebral artery (ACA) からの pial supply がある場合は、ONYX が pial feeder から ACA へ逆流してしまうこともあるので細心の注意を払う必要がある¹⁰⁾。

TAE が困難である場合 TVE を選択するが、SSS 経由で AMFV に canulation することになる。DeFrictor nano はカテーテル外径が世界最小の 1.3 Fr であり、症例 3 に示すように動脈側から shunt を越えて静脈側に挿入できることもある。このような報告は transverse sinus や cavernous sinus の dAVF に多く^{11, 12)}、TAVE などと呼ばれ根治率は非常に高い。この場合、低血圧下に ONYX34 をゆっくり注入し、shunt 直後の drainer を閉塞すれば根治となるので、カテーテルの抜去困難もほとんど生じない。

TVE に関して最も注意すべきは、静脈へのカ

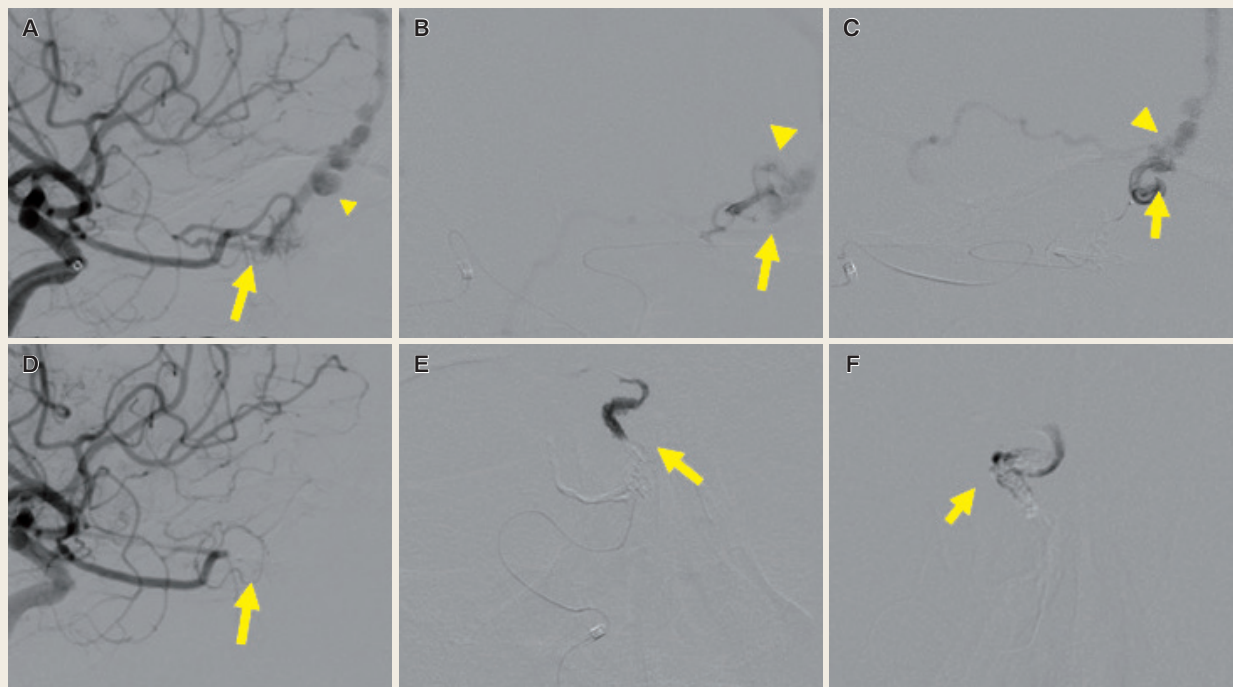
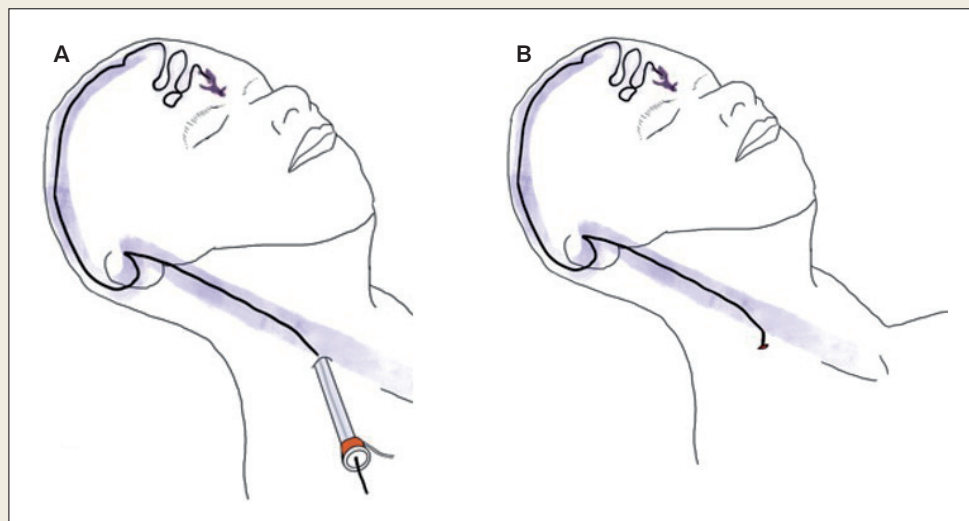


Fig. 3

- A :** Right ICA angiography shows the shunt is formed from the right ICA to the right cribriform dura mater (arrow) and flows into the AMFV (arrowhead) .
- B :** Superselective angiography shows the shunt has formed from the right AEA to the right cribriform dura mater (arrow) and is flowing into the AMFV (arrowhead) .
- C :** Superselective angiography demonstrates Defractor Nano is navigated through the shunt to the venous component (arrow) and a varix is formed in the right AMFV (arrowhead) .
- D :** Angiography shows the shunt is completely occluded.
- E :** Superselective angiography shows a plug is formed using ONYX34 (arrow) .
- F :** Superselective angiography reveals the shunt is occluded with ONYX (arrow) .

テール誘導時の穿孔である。静脈穿孔による急性硬膜下血腫が原因の予後不良例が報告されている^{4, 13)}。また、TVEの際にコイルを使用することも、蛇行した静脈を直線化して、穿孔の危険が指摘されている¹³⁾。静脈のアプローチに関しては内頸静脈穿刺を通常としているが、TVE単独の場合はカテーテル先端のONYXによるトラップが起り抜去困難となる場合が多い^{4, 13)}。2024年現在、本邦ではデタッチャブルチップマイクロカテーテルが使用できず、ONYXで先端がトラップされて抜去困難に陥った場合にも内頸静脈穿

刺は有利であり、頸部でカテーテルを切断して頸部皮下に埋没する(**Fig. 4**)。TVEの第1段階として、頸静脈に留置した6 Fr sheathから6 Frの親カテーテルをSSSの脳表の静脈の流入部まで挿入する。脳表の静脈はSSSからヘアピン状に分岐するため、マイクロカテーテルの誘導が困難になるので、中間カテーテルの使用は必須と考えるべきである。TVEの際にマイクロガイドワイヤーはより柔軟なCHIKAI X10を、マイクロカテーテルに関しては、より柔軟長の長いDeFrictor Bullを選択することが多い。Bullは全

**Fig. 4**

Schema of TVE treatment by puncturing the right internal jugular vein, a 6F sheath is inserted into the right internal jugular vein (A) . Next, the sheath is removed and the microcatheter is cut and buried subcutaneously (B) .

長は 172 cm で nano と同じで先端は 1.5 Fr とやや太いが、柔軟長が 27 cm と nano よりも 12 cm 長いため、血管構造が脆弱な静脈への使用に適している。注入の際に shunt flow を落とすため、意図的低血圧にすることも重要なポイントである。

以上、異なる 3 つのアプローチルートを用いて根治した症例を提示した。適切な戦略をもってすれば ACF dAVF は血管内治療にて根治が狙える疾患となってきたが、JR-NET3 では、ACF dAVF は血管内治療による合併症率が 22.2% と全 AVF のなかで最多であると報告されている¹⁴⁾。shunt 近傍までカテーテルが到達できない無理な血管内治療は控えるべきであり、開頭術も重要な選択肢の 1 つであることを忘れてはならない。

III. 結 語

ACF dAVF に対する血管内治療による根治率は向上している。TAE, TAVE, TVE などを用いれば根治性、安全性がさらに高まるとされる。

COI

本論文の投稿に関して患者および家族から投稿同意を取得済みである。

本論文の投稿に際して利益相反 (COI) はありません。

文献

- 1) Kuwayama N: Epidemiologic Survey of Dural Arteriovenous Fistulas in Japan: Clinical Frequency and Present Status of Treatment. *Acta Neurochir Suppl* 123: 185-8, 2016
- 2) Xu K, et al: Current status of endovascular treatment for dural arteriovenous fistulae in the anterior cranial fossa: A systematic literature review. *Int J Med Sci* 16: 203-11, 2019
- 3) Sanchez S, et al: Natural history, angiographic presentation and outcomes of anterior cranial fossa dural arteriovenous fistulas. *J Neurointerv Surg* 15: 903-8, 2023
- 4) Ferreira MY, et al: Feasibility, safety, and efficacy of endovascular treatment of anterior cranial fossa dural arteriovenous fistulas: a systematic review and meta-analysis with a subanalysis for Onyx. *Neurosurg Rev* 47: 217, 2024
- 5) Piergallini L, et al: Anterior cranial fossa dural arteriovenous fistula: Transarterial embolization from the ophthalmic artery as first-line treatment. *J Neuroradiol* 48: 207-14, 2021
- 6) Trivelato FP, et al: Endovascular treatment of anterior cranial base dural arteriovenous fistulas as a first-line approach: a multicenter study. *J Neurosurg* 137: 1758-65, 2022
- 7) Kulanthaivelu K, et al: Anterior Cranial Fossa Dural Arteriovenous Fistulae - Angioarchitecture and Intervention. *Clin Neuroradiol* 31: 661-9, 2021
- 8) Flores BC, et al: Use of the Apollo detachable-tip microcatheter for endovascular embolization of arteriovenous malformations and arteriovenous fistulas. *J Neurosurg* 130: 963-71, 2019
- 9) Gravino G, et al: Simultaneous bilateral application of the Scepter mini balloon microcatheter for occlusion of ethmoidal dural arteriovenous fistulas. *World Neurosurg* X 21: 100261, 2023
- 10) Osada T, Krings T: Intracranial Dural Arteriovenous Fistulas with Pial Arterial Supply. *Neurosurgery* 84: 104-15, 2019
- 11) Tokunaga K, et al: Transarterial approach for selective intravenous coil embolization of a benign dural arteriovenous fistula. Case report. *J Neurosurg* 99: 775-8, 2003
- 12) Shimada K, et al: Transarterial Sinus Coiling for Dural Arteriovenous Fistula: Two Case Reports. *J Neuroendovasc Ther* 15: 380-6, 2021
- 13) Limbucci N, et al: Transvenous Embolization of Ethmoidal Dural Arteriovenous Fistulas: Case Series and Review of the Literature. *World Neurosurg* 110: e786-93, 2018
- 14) Hiramatsu M, et al: Results of 1940 embolizations for dural arteriovenous fistulas: Japanese Registry of Neuroendovascular Therapy (JR-NET3) . *J Neurosurg* 133: 166-73, 2019

Endovascular treatment of anterior cranial fossa dural arteriovenous fistula: 3 cases treated through various access routes.

Yu KINOSHITA ¹⁾, Junya OKABE ¹⁾, Ikuya NATORI ¹⁾, Kazuya HIGASHIZONO ¹⁾,
Hirotake FUJISHIMA ¹⁾, Hiroo YAMAGA ¹⁾, Tomoaki TERADA ¹⁾

1) Department of Neurosurgery, Showa University Northern Yokohama Hospital

Introduction: The endovascular treatment of anterior cranial fossa dural arteriovenous fistula (ACF dAVF) has dramatically developed due to new endovascular devices. Transarterial embolization (TAE) through the ophthalmic artery is the main access route for ACF dAVF. However, TAE through the ophthalmic artery sometimes causes ophthalmic complication due to the occlusion of the central retinal artery. We demonstrate 3 cases of ACF dAVF accessed from different route. Case 1: TAE from the infraorbital artery using ONYX18 plug and push method resulted in complete occlusion. Case 2: Transvenous embolization was chosen due to the lack of appropriate feeding artery. Microcatheter was navigated through the internal jugular vein, superior sagittal sinus to the proximal part of the anterior medial frontal vein (just distal of the shunt) was closed using ONYX 34. Case 3: Microcatheter was navigated through the ophthalmic artery and finally it entered the draining vein through the shunt (transarterial intravenous embolization, TAVE). Draining vein including shunt was occluded using ONYX 34.

Conclusion: The outcome of endovascular treatment for ACF dAVF will be improved by using these types of access route except for transarterial access through the ophthalmic artery.