頭蓋内硬膜動静脈瘻に対する血管内治療のスタンダード

桑山 直也, 久保 道也, 津村貢太郎
平島 豊, 西畠美知春, 遠藤 俊郎

Intracranial Dural Arteriovenous Fistulas: Current Standard of Endovascular Treatment

Naoya KUWAYAMA, M.D., Michiya KUBO, M.D., Kohtaro TSUMURA, M.D.,
Yutaka HIRASHIMA, M.D., Michiharu NISHIJIMA, M.D., and Shunro ENDO, M.D.

Department of Neurosurgery, Toyama Medical and Pharmaceutical University, Tokyo, Japan

Summary: To delineate the current standard of endovascular treatment for intracranial dural arteriovenous (AV) fistulas, we retrospectively evaluated the results of endovascular procedures in the last 10 years.

We experienced 98 lesions of intracranial dural AV fistulas in 93 patients from 1991 to 2001. Location of the lesion was the cavernous sinus (CS) in 37 patients, transverse-sigmoid sinus (TSS) in 37, superior sagittal sinus (SSS) in 4, marginal sinus (MS) in 1, tentorium in 3, anterior cranial base (ACB) in 6, craniocervical junction (CCJ) in 7, and other cortical veins in 3. Of these 93 patients, 9 (6 with CS, 2 with TSS, and 1 with CCJ lesions) were treated conservatively, and 10 (6 with ACB, 2 with CCJ, and 2 with tentorial lesions) were treated with surgical intervention. Seventy-five patients (32 males and 43 females with 79 lesions, mean age of 62.6 years) underwent 155 sessions of endovascular treatment. Thirty-one CS lesions were treated with 52 endovascular procedures (13 transarterial embolization (TAE), 37 transvenous embolization (TVE), and 2 surgical transvenous embolization (surgical TVE)). Thirty-five TSS lesions were treated with 82 procedures (45 TAE, 26 TVE, and 11 surgical TVE). The other 13 lesions (4 SSS, 1 MS, 1 tentorium, 4 CCJ, and 3 cortical lesions) were treated with 21 procedures (19 TAE, 1 TVE, 1 surgical TVE).

The outcome and complications of these treatments were retrospectively analyzed and the current standard of endovascular treatment was delineated.

[CS] Angiographic results were complete or subtotal obliteration of the fistula in 30 of 31 patients. Transient minor complications occurred in 3 procedures. Eye symptoms were relieved in all patients but one who experienced the so-called paradoxical worsening after treatment (TAE). Hemiparesis remained in 1 patient, who had presented with an intracerebral hematoma. [TSS] Angiographic results were complete obliteration in 21, subtotal in 8 of 35 patients. Transient and permanent complications occurred in 2 and 1 patients, respectively. Clinical outcome was GR in 28, MD in 3, SD in 1, VS in 1, and D in 2 (acute myocardial infarction and pulmonary embolism after treatment). [other lesions] Angiographic results were complete obliteration in 5, subtotal in 4, and partial in 4 patients. Two permanent complications occurred in TAE of CCJ lesion. Clinical results were GR in 9 patients,

Key words:

- dural arteriovenous fistula
- endovascular treatment
- transarterial embolization
- transvenous embolization
- surgical transvenous embolization

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 30: 346-353, 2002

MD in 1, SD in 1, and VS in 1. One patient died from hemorrhagic shock caused by retroperitoneal bleeding.

Endovascular procedures were a very efficacious method to treat dural AV fistulas involving the cavernous and transverse-sigmoid sinuses. Transarterial embolization effectively played a supplementary role of reducing the arterial inflow. Transvenous embolization, if available, was a radical treatment for these lesions. Surgical transvenous embolization was an alternative treatment for lesions with no venous access routes. Surgical intervention played a leading part for lesions involving the tentorium and cortical veins at the anterior cranial base and craniocervical junction.

はじめに

頭蓋内硬膜動静脈瘻は硬膜動脈を主な流入動脈とし、硬膜静脈洞（あるいはまれに脳表静脈）に流出する動静脈シャントである。その多くは海綿静脈洞部および横・S静脈洞部に発生するが、上矢状静脈洞、静脈洞交会、テント、上および下錐体静脈洞、辺縁静脈洞などにもまれにみられる。また前頭蓋底、頭蓋頸椎移行部などには静脈洞を介さず、脳表静脈に直接流出するタイプの動静脈瘻もみられる。脳血管内治療の導入以来、本疾患に対する治療成績は飛躍的に向上し、その果す役割は他疾患に比し、きわめて大きいといえる。われわれは本疾患に対して血管内治療を本格的に導入したこの10年間の治療成績から、本疾患における脳血管内治療の安全性と有効性を検討し、そのスタンダードについてわれわれの基本姿勢を提示する。

対象と方法

1991年から2001年までに経験した頭蓋内硬膜動静脈瘻の93症例/98病変(男性41例/46病変、女性52例/52病変、年齢：0.5-87歳、平均61.4歳)を対象とした。このうち5例は多発性動静脈瘻による重複症例である。硬膜動静脈瘻の部位は海綿静脈洞部37症例、横・S状静脈洞部37症例、上矢状静脈洞部4症例、辺縁静脈洞部1症例、テント部3症例、前頭蓋底6症例、頭蓋頸椎移行部7症例、円蓋部脳表静脈3症例であった(表1)。これらに対し、下記のような基本的方針に沿った治療を行い、特に脳血管内治療を施行した症例における治療結果、合併症、長期成績について検討した。これらの結果に基づき、頭蓋内硬膜動静脈瘻に対するわれわれの基本的治療方針がスタンダードになるか否かについて検証した。

[海綿静脈洞部]

期間前半部は禁忌症例を除き、1カ月間のマス手技を第一選択、血管内治療を第二選択としたが、期間後半部は一部の症例を除き、有症状例には血管内治療を第一選択とした。

血管内治療については経静脈的塞栓術(TVE)を第一選

択とし、進入静脈経路のない症例に対しては経動脈的塞栓術を施行する。また、頭蓋内静脈(浅中大脳静脈)のみに還流する症例では開頭による静脈洞塞栓術(surgical TVE)

Table 1 Location of fistulas and modality of treatment

Location	Case	Conservative Tx	Surgical Tx	Endovascular Tx
CS	37	6	0	31
TSS	37	2	0	35
SSS	4	0	0	4
MS	1	0	0	1
tent	3	0	3	1
ACB	6	0	6	0
CCJ	7	1	2	4
CV	3	0	0	3
Total	98	9	11	79

ACB: anterior cranial base, CS: cavernous sinus, CCJ: craniocervical junction, MS: marginal sinus, SSS: superior sagittal sinus, TSS: transverse-sigmoid sinus, Tx: treatment, CV: cranial vault

Fig. 1

Table 2 Modality of endovascular treatment and it's outcome

Location	Case	Procedure of endovascular treatment				PRCSO*	Procedure related	
		TAE	TVE	sTVE/DSP	total		morbidity	mortality
CS	31	13	37	2	52	31/31	0%	0%
TSS	35	45	26	11	82	29/35	3%	3%
SSS	4	7	0	1	8	3/4	0%	0%
MS	1	0	1	0	1	1/1	0%	0%
tent	1	2	0	0	2	0/1	0%	0%
ACB	0	—	—	—	—	—	—	—
CCJ	4	6	0	0	6	2/4	50%	0%
CV	3	4	0	0	4	3/3	0%	0%
Total	79	77	64	14	155	69/79 (87%)	3.8%	1.3%

ACB: anterior cranial base, CS: cavernous sinus, CCJ: craniocervical junction, CV: cranial vault, DSP: direct sinus packing, MS: marginal sinus, SSS: superior sagittal sinus, sTVE: surgical transvenous embolization, TAE: transarterial embolization, TSS: transverse-sigmoid sinus, TVE: transvenous embolization

*: patients ratio with complete and subtotal obliteration on the angiogram

¹¹⁾ を選択する。

[横・S状静脈洞部]

静脈洞閉塞病変の部位とシャントの還流形態により、以下のごとくA～Dの4タイプに分類した¹²⁾ (Fig. 1)。37例中タイプAは11例、タイプBは11例、タイプCは2例、タイプDは12例であった。他の1例は分類不能(いわゆるpara-sinus type)であった。

タイプA：シャント部位の近位側(頸静脈球側)と遠位側(静脈洞交会側)の2カ所に静脈洞閉塞病変(isolated sinus)があるため、還流方向がすべて逆行性に脳静脈に向かうもの(retrograde leptomeningeal drainage)。

タイプB：静脈洞閉塞病変が1カ所(通常、頸静脈球側)で、罹患静脈洞を逆行性に還流し(retrograde sinus drainage)、対側の頸静脈に流出するもの。罹患静脈洞に入るvein of Labbeなどの脳静脈の還流が順行性のものと、停滞を示すもの、および逆行性のものがある。重症例では上矢状静脈洞、直静脈洞の圧上昇により脳内静脈還流障害(慢性頭蓋内圧亢進症状)を呈する。

タイプC：静脈洞閉塞病変が1カ所(通常、静脈洞交会側)で、罹患静脈洞を順行性に還流し、罹患側の頸静脈に流出するもの。

タイプD：静脈洞閉塞病変がなく、罹患静脈洞を順行性に還流し、罹患側の頸静脈に流出するもの。ときにhigh flowのため罹患静脈洞から順行性と逆行性の両方向に還流し、両側の頸静脈に流出する例がある。重症例では上矢状静脈洞、直静脈洞の圧上昇により脳静脈還流障害

(慢性頭蓋内圧亢進症状)を呈する。

それぞれのタイプにつき、以下のような治療方針を原則とした。

タイプA：全身麻酔下あるいは局所麻酔下での小開頭によりdirect sinus packing (DSP)⁵⁾を行う。high flowの例では術前にTAEを追加する。

タイプB：まずTAEによりシャント流量を低減したのち、対側頸静脈から静脈洞交会を経てアプローチし、罹患静脈洞を閉塞部(頸静脈球側)から順にコイルで充填・閉塞する(TVE)。罹患静脈洞に脳静脈が順行性に還流する場合は、静脈洞の充填を脳静脈入口部までとし、残存する動静脈瘻は液体塞栓物質(NBCAなど)を使用したTAEで閉塞する。

タイプC：保存的加療を原則とする。血管雑音による重度の不眠を呈する場合は、罹患部への脳静脈還流、上錐体静脈洞の還流方向などを考慮し、必要に応じてTAE、TVEを施行する。

タイプD：順行性還流を呈し、脳静脈還流障害を伴わない例では保存的加療を原則とする。血管雑音による重度の不眠を呈する場合、およびretrograde sinus drainageのために脳静脈還流障害を呈する場合は、液体塞栓物質を使用したTAEで瘻を閉塞する。

[その他の部位]

上矢状静脈洞部：脳静脈還流障害による脳内出血、静脈性梗塞、慢性頭蓋内圧亢進症状などを呈する症例を治療の対象とする。基本的にはTAEで流入量を低減し、経過を

Table 3 Modality of endovascular treatment of the transverse-sigmoid sinus dural AVF

Type	Case	Procedure of endovascular treatment				PRCSO*	Procedure related	
		TAE	TVE	DSP	total		morbidity	mortality
A	11	12	2	9	23	12/12	0	0
B	11	10	18	2	30	8/11	0	0
C	2	1	2	0	3	2/2	0	0
D	10	22	3	0	25	8/10	1/10	1#/10
others	1	0	1	0	1	0/1	0	0
Total	35	45	26	11	82	28/35 (80%)	2.9%	2.9%

DSP: direct sinus packing, TAE: transarterial embolization, TVE: transvenous embolization

*: patients ratio with complete and subtotal obliteration on the angiogram, #: due to pulmonary embolism

観察する。静脈洞近位側に閉塞病変があり、isolated sinusを呈する場合は小開頭によるDSPを施行する。必要に応じて外科的手技(静脈洞離断または摘出術)を追加する。

辺縁静脈洞部：TVEを原則とする。必要に応じてTAEを追加する。

テント部：TAEにより流入量を低減したのち、開頭により流出静脈を遮断する。

前頭蓋底部：血管内治療は適応とせず、手術を第一選択とする。

頭蓋頸椎移行部：手術による流出静脈の遮断を原則とする。症例によってはTAEにて流入量を低減する。

円蓋部脳表静脈：TAE、手術を症例により選択する。血管内治療で根治を目指す場合は液体塞栓物質を使用する。

結 果

93例(98病変)中、74例(79病変)に155件の脳血管内治療を施行した。血管内治療の内訳はTAEが77件、TVEが64件、surgical TVE/DSPが14件であった(1病変あたり2.0件)。動静脈瘻の治療結果(**Table 2**)は、血管写上、完全閉塞が55病変(70%)、90%以上の閉塞が13病変(17%)、部分閉塞が10病変(13%)であった。部位別に血管写上の結果、合併症、臨床転帰、追跡結果を示す。

[海綿静脈洞部]

37例中、6例は保存的加療により治癒した。31例に対して血管内治療(TAE 13件、TVE 37件、surgical TVE 2件：1症例あたり1.7件)を行った。

血管写：31例中25例では最終的にTVEが施行でき、うち24例で術中に動静脈瘻の完全閉塞を、他の1例で90%以上の閉塞を得た。TVEはすべて下錐体静脈洞、ま

たは脳底静脈叢経由で行った。経静脈的アプローチが不能であった4例にはTAEのみを施行し、全例で1-6カ月後に動静脈瘻の閉塞を確認した。また2例では開頭によるsurgical TVEを施行し、術後、動静脈瘻の閉塞を得た。

合併症：TAEによる軟口蓋の壊死、TVEによる術後一過性の外転神経麻痺がそれぞれ1例にみられた。

臨床転帰：血管内治療を施行した31例中28例は退院時に症状は消失していた。TVE後に外転神経麻痺を呈した症例は、1カ月後にその他の眼症状も含め根治した。症状が持続したのは2例で、1例はretrograde leptomeningeal drainageによる脳内出血で発症した症例¹¹⁾(片麻痺残存)、他の1例はTAE後、シャントが消失したにもかかわらず重度の視力障害を生じた症例(いわゆるparadoxical worsening)であった。血管内治療に起因するmorbidity, mortalityは0%であった。

追跡結果：3例に再発がみられた。この3例はいずれも初回TVEの術中に動静脈瘻が完全に閉塞した症例で、それぞれ2, 4, 8週後に同部位での再発が確認された。追加治療としてそれぞれTVE, TAE, TVEを行うことにより、再び完全閉塞が得られた。その他の症例においては6カ月から10年の追跡期間中、再発はみられなかった。

[横・S状静脈洞部]

37例中、2例(いずれもタイプD)は保存的加療により治癒した。35例(タイプA：11例、タイプB：11例、タイプC：2例、タイプD：10例)に対して血管内治療(TAE 45件、TVE 26件、DSP 11件：1症例あたり2.3件)を行った。

血管写：35例中21例に動静脈瘻の完全閉塞を、8例に90%以上の閉塞を得た。6例は部分閉塞で追跡中である。完全閉塞および90%以上の閉塞を得た症例は全体の83%であった。以下にタイプ別の結果を述べる(**Table 3**)。

Type A : 11 例中9例は最終的に DSP により動静脈瘻の完全閉塞を得た。他の2例は TAE (NBCA を使用) のみを施行し、2例とも動静脈瘻の完全閉塞を得た。この群ではすべての症例で動静脈瘻の閉塞が得られた。

Type B : 11 例中2例は最終的に DSP により動静脈瘻の完全閉塞を得た。8例は TAE の有無にかかわらず最終的に TVE を施行し、完全閉塞を2例、90% 以上の閉塞を4例、部分閉塞を2例に得た。11 例中残りの1例は途中で治療を拒否したため部分閉塞に終わった症例であった。この群では完全閉塞を得た症例が37%、90% 以上の閉塞を得た症例が37%、部分閉塞の症例が26% であった。

Type C : このタイプの症例は最も少なく、2例のみであった。2例とも強い耳鳴のため治療を希望し、TVE を施行した結果、完全閉塞を得た。

Type D : このタイプは静脈洞閉塞性病変を伴わないが、10 例中6例が high flow のため retrograde sinus drainage を呈し、それに伴う脳静脈還流障害をきたしていた。9例で NBCA を用いた TAE、もしくは静脈洞閉塞を意図しない選択的 (部分的) TVE を施行し、3例で動静脈瘻の完全閉塞、4例で90% 以上の閉塞、2例で部分閉塞を得た。経過中に S 状洞中枢側の閉塞を生じた1例 (タイプ B に変化) は、TAE および TVE にて動静脈瘻の完全閉塞を得た。この群では完全閉塞を得た症例が40%、90% 以上の閉塞を得た症例が40%、部分閉塞の症例が20% であった。

合併症 : 3例に発生した。2例は上行咽頭動脈の塞栓術 (NBCA を使用) 後に一過性の下位脳神経麻痺をきたし、他の1例は浅側頭動脈の塞栓術 (PVA particle を使用) 中に particle が眼動脈に迷入し、永続的な視力障害をきたした。TVE、および DSP における合併症はみられなかった。

臨床転帰 : 35 例中28例が GR、3例が MD (2例は脳内出血発症による症状残存、1例が合併症による視力障害)、1例が SD (脳内出血発症による症状残存)、1例が VS (脳内出血発症による症状残存)、2例が D (それぞれ術1週間後の急性心筋梗塞、術翌日の肺塞栓症) であった。タイプ別の臨床転帰はそれぞれ、タイプ A [GR 7 例、MD 2 例、SD 1 例、D 1 例]、タイプ B [GR 10 例、VS 1 例]、タイプ C [GR 2 例]、タイプ D [GR 8 例、MD 1 例、D 1 例] であった。血管内治療に起因する morbidity, mortality はそれぞれ1例で、2.9% (視力障害)、2.9% (肺塞栓症) であった。

追跡結果 : 再発が2例にみられた。1例目 (タイプ C) はコイルによる TAE にて完全閉塞を得たが、その3カ月後に同部位に再発し、TVE にて根治した。2例目 (タイプ B) は TVE にて完全閉塞を得たが、その2カ月後、コイル周囲の硬膜に動静脈瘻が再発した。再度 TVE にて根治したが、再々発し、現在は経過を観察中である。その他の症例

においては1から10年の追跡期間中、再発はみられなかった。部分的閉塞に終わった症例において、追跡期間中に明らかな血管写上、および臨床上の増悪をきたした症例はみられていない。

[その他の部位]

この群では23例中13例に血管内治療 (TAE 19 件、TVE 1 件、DSP 1 件 : 1 症例あたり1.6 件) を行った。以下に部位別の結果を述べる。

上矢状静脈洞部 : 4 例中3例に TAE を行い、それぞれ完全閉塞、90% 以上の閉塞、部分閉塞を得た。1例は isolated sinus を呈しており、小開頭による上矢状洞の DSP にて完全閉塞を得た。合併症はなく、痲呆、痲痺、両下肢麻痺などの臨床症状はすべての症例で消失した。1 カ月から5年の追跡期間中、症状の増悪、再発はなかった。

辺縁静脈洞部 : 1 例に TVE を行い、動静脈瘻は完全閉塞した。症状はなく、8 年間の追跡で再発もなかった。

テント部 : 2 例は外科的手術を行った。他の1例では TAE ののち、開頭にて流出静脈 (錐体静脈) のクリッピング術を施行し、根治した。5 年間の追跡で再発はなかった。前頭蓋底部 : 6 例全例に外科的手術を行った。血管内治療を行った症例はなかった。

頭蓋頸椎移行部 : 7 例中2例は手術を施行し、1例は経過を観察した。4 例 (3 例は出血発症、1 例はめまいで発症) に TAE による血管内治療を行い、2 例に90% 以上の閉塞、他の2例に部分閉塞を得た。合併症は2例 (術後、後腹膜出血によるショック、および NBCA の迷入による脳幹部梗塞) に発生し、転帰はそれぞれ VS、SD であった。血管内治療を施行した他の2例の臨床転帰は D (出血発症による脳損傷)、GR (TAE 後に定位放射線療法を追加) であった。血管内治療後の追加治療として1例に定位放射線療法を施行したが、他の3例では状態不良のため以後の治療を断念した。TAE で部分閉塞を得たのち定位放射線療法を追加した症例は2年間の追跡で動静脈瘻は90% 以上閉塞している。その他の2症例は追跡から外れた。

円蓋部脳表静脈 : 3 例に NBCA による TAE を行い、2 例に完全閉塞、1 例に90% 以上の閉塞を得た。いずれも無症状の症例で、2 から3 年間の追跡期間中、症状の出現はみられなかった。

その他の群において、血管内治療に起因する morbidity, mortality はそれぞれ15% (後腹膜出血、脳幹部梗塞)、0% であった。

考 察

頭蓋内硬膜動静脈瘻の治療における脳血管内治療の役割はきわめて大きく、また施行される手技は非常に多種、多

彩である。血管内治療を行うさいには、まず段階的な戦術を十分練り、それぞれの手技による到達点をしっかり設定したうえで、治療を組み立てることがきわめて重要と考えられる。われわれは血管内手技に対する基本的姿勢として、経動脈的塞栓術(TAE)は原則としてシャント流入量の低減をはかる補助療法であり、経静脈的塞栓術(TVE, すなわち罹患静脈洞充填術)はシャントを閉塞する根治療法であると考えている¹⁵⁾。しかし、経静脈ルートのない症例や、硬膜静脈洞ではなく脳静脈に直接シャントを有する(Cognard Type-III, IV, V³⁾)症例では、根治的なTAEを目指す、外科的手法(直達手術/surgical TVE/DSP)を併用する、あるいは放射線療法¹³⁾を施行するなど、症例により柔軟な対応をとることが必要と思われる。

今回の検討において、血管内治療の結果、動静脈瘻の「完全閉塞」および「ほぼ完全閉塞」が得られた症例は全体の87%であり、治療に起因するmorbidity, mortalityがそれぞれ3.8%, 1.3%であったことから、頭蓋内硬膜動静脈瘻に対するわれわれの基本的治療方針に大きな間違いはないように思われる。症例数の比較的多い海綿静脈洞部、横・S状静脈洞部の病変については、これまで多くの文献報告がなされており、例外的な症例を除けば、血管内治療の基本方針(スタンダード)についてはある程度のコンセンサスが得られていると思われる。しかし、その他の部位に発生する硬膜動静脈瘻は症例数が少なく、また複雑な血行動態を呈する症例の割合が高いため、現段階では血管内治療単独での根治は困難であることが多い。以下に、現在考えられる血管内治療のスタンダードについて部位別に考察した。

[海綿静脈洞部硬膜動静脈瘻]

血管内治療は歴史的には経動脈的塞栓術(TAE)から始められたが⁸⁾、その後、海綿静脈洞を経皮的アプローチで充填する経静脈的塞栓術(TVE)が導入された⁹⁾。現在では後者が主流と考えられる。ほとんどの症例において内頸動脈硬膜枝が流入すること、および流入外頸動脈が海綿静脈洞部のvasa nervosumとなっている例や、内頸動脈、眼動脈との豊富な側副血行をもつ例が多いことなどから、われわれはTVEを治療の第一選択としている。またTAEが必要な場合も、同様の理由でNBCAなどの液体塞栓物質は使用していない。high flowの症例において、TVEの前処置としてTAEを行う場合は、主に危険の少ないコイルを使用している。high flowであっても海綿静脈洞の解剖学的特徴から、洞内に留置したコイルが流される危険がほとんどないため、最近ではTAEを行わず、はじめから根治性の高いTVEを行う術者が多いようである。今回の検討においてもTVEの根治性はきわめて高く、われわれ

は本法を海綿静脈洞部硬膜動静脈瘻のスタンダード治療と考えている。今回、31例中4例ではTAEのみを施行し、結果的には数カ月をおいて4例全例で瘻が閉塞していることから、TAEはTVE不能例に対する次のオプションになりうると思われる。

一般的にこの部位ではretrograde leptomeningeal drainageを伴っていても頭蓋内出血を生ずることはほとんどない¹⁾と報告されているが、われわれの36例では2例が脳内出血で発症している。この2例はいずれも著明なretrograde leptomeningeal drainageを呈しており、そのような例では緊急治療の適応にすべきと考えている。

経皮的静脈ルートがなく、著明なretrograde leptomeningeal drainageを呈する症例では、開頭による経浅中大脳静脈経由の塞栓術(surgical TVE)が有効である¹¹⁾。われわれは2例にこの方法を用いて治療を行ったが、いずれも良好な成績を得ている。ただし罹病期間の短い症例では進入ルートとなる浅中大脳静脈が十分動脈化していないため、カテーテル操作による静脈穿孔を生じやすく、アプローチには十分な注意が必要と思われた。

[横・S状静脈洞部硬膜動静脈瘻]

血管内治療が導入される以前はsinus isolation (skeletonization)、さらにはsinus removalなどが単独で行われたが、いずれも出血量が多く、それなりのリスクと労力を要した。最近では単純な症例においてはTAE, TVEにより根治せしめることが可能となり、また複雑な症例においても血管内治療と外科治療の併用⁷⁾により治療成績が向上している。

この部の硬膜動静脈瘻はその血行動態にさまざまなステージがあるため、それに基づく分類が治療戦略をたてるために必要となる。われわれは治療を組み立てるうえでのキーポイントを以下の3点と考え、それらに基づいて症例をタイプA～Dの4型に分類している¹²⁾。

1. 静脈洞閉塞病変の有無と位置
2. シャント血流の方向(逆行性, 順行性)
3. 脳静脈還流障害の有無(順行性還流, 停滞, 逆行性還流)

タイプC, および順行性還流のみを呈しているタイプDは脳静脈還流障害を呈することがほとんどなく、耳鳴のみを症状とすることが多いため、絶対的治療の適応はないと考えている。これに対し、retrograde leptomeningeal drainageのみを呈するタイプA, およびhigh flowのために脳静脈還流障害(脳静脈の停滞あるいはretrograde leptomeningeal drainage)を伴うタイプB, Dは積極的治療の適応と考えている。

タイプAについては罹患静脈洞摘出術などの外科治療

に加え、われわれが報告したdirect sinus packing⁵⁾ (DSP)も1つの有力な選択肢になりうると考えている。今回も11例に施行しているが、開頭範囲が小さいため低侵襲であり、罹患静脈洞が閉鎖腔のため根治性がきわめて高い。ただし静脈洞が複雑な形状を呈する症例では、残存腔を生じないように充填する注意が必要である。タイプAであっても、ときに経皮的アプローチにより罹患静脈洞への到達が可能な症例があり、まず試行してみる価値がある⁶⁾。われわれはタイプAのうち2例にNBCAを用いたTAEで動静脈瘻の完全閉塞を得ているが、本法は手技に熟練を要する点、また内頸動脈からの流入枝には使用しにくいことから、普遍的な治療法となりにくいのが現状と考えている。

最近、静脈洞閉塞部位をステントで再開通させた結果、シャントまでも閉塞したとの報告¹⁶⁾があり、将来の治療における1つの可能性と思われる。

タイプBにおける問題点はTVEによる静脈洞閉塞の是非と再発である。罹患静脈洞に連絡する脳静脈が逆行性還流(retrograde leptomeningeal drainage)、あるいは停滞を呈する場合は、静脈入口部を含めた罹患静脈洞の閉塞術(充填術)に大きな問題はないと考えられる。しかしながら、TAEによりシャントのみを閉塞することができれば、逆行性還流あるいは停滞を呈していた脳静脈が順行性還流に復帰する可能性があり、TVEでよいのか、あるいはできるだけTAEを行い、静脈を温存すべきなのか、今後、議論の残る点である。これに対し、シャントのretrograde sinus drainageがありながら脳静脈が罹患静脈洞に順行性に流入する場合、脳静脈入口部を閉塞するTVEは禁忌と考えている。脳静脈を温存するためには、コイルを充填するとしても脳静脈入口部直前までとし、残存するシャントは液体塞栓物質を用いて根治的に閉塞する必要がある。

11例のタイプBのうち、10例にTVEを施行したが、うち1例で完全閉塞後の再発を経験した。この症例ではコイルが充填された静脈洞は閉塞したまま、その周囲に新たなシャント腔が形成されており、recanalizationではなくrevascularizationと考えられた。コイルで充填された静脈洞の正中側が開いていることが、再発のなんらかの誘因となった可能性が示唆されるが、いずれにせよ、血管写での厳重な追跡が必要と考えられた。

タイプDでhigh flowのためにretrograde sinus drainageを呈する症例は脳静脈還流障害を伴うことが多く、積極的な治療適応と考えている。このタイプは静脈洞閉塞がないため、根治的TAEを施行することにより脳静脈還流を正常化できる可能性が高い。一方、TVEは理論的には1つの選択肢とも考えられるが、現実には静脈洞閉塞病変がないためコイルの固定が悪く、密な充填が困難であるこ

と、コイルが流出する危険性があることなどから、われわれはこのタイプにはTVEは行っていない。

[その他の部位の硬膜動静脈瘻]

今回の結果が示すように海綿静脈洞部、横・S状静脈洞部以外の硬膜動静脈瘻の治療では外科療法の比率が高くなる。これはCognardのType III, IV, Vに分類される病変が多い、すなわち前頭蓋底、円蓋部、頭蓋頸移行部にみられるような、静脈洞を介さず脳静脈に直接シャントを有する病変が多くなるためと思われる。液体塞栓物質を用いたTAEは困難かつ危険な場合が多く、外科的治療が第一選択となることが多い。症例数が少ないため、治療のスタンダードが確立されていない部位が多いが、今回の結果から主な病変について簡単に考察した。

上矢状静脈洞(SSS)部：この部は多くの架橋静脈が流入するため、それらの還流障害による症状(出血、静脈性梗塞、慢性頭蓋内圧亢進症状など)で発症することが多い。両側大脳半球の静脈還流路となっているSSSをできるだけ温存するため、基本的にはTAEを行うのがわれわれの方針である。しかしながら著明なretrograde leptomeningeal drainageを呈し、SSSがもはや脳の静脈還流路として機能していない症例では、TVEによるSSS充填術、外科的摘出術なども適応と考えられる。また静脈洞閉塞性病変のためにisolated sinusを呈する症例においては、小開頭によるDSPが低侵襲で非常に有効な治療法となる。

テント部：大脳鎌付近の正中部から上錐体静脈洞付近の外側部にかけて発生し、多くは静脈瘤を伴った逆行性脳静脈還流を呈するため、頭蓋内出血のリスクが他部位に比して有意に高いといわれている²⁾。多くは治療難易度が高く、症例によりTAE、外科療法、放射線療法などを併用する必要がある¹⁴⁾。症例が少ないうえにaggressiveな病変が多く、治療のスタンダードを示すのは困難である。

前頭蓋底部：眼動脈から分枝する篩骨動脈を流入動脈とし、前頭蓋底の脳静脈に直接シャントを生じるため、血管内治療は困難かつ危険で、外科療法(流出静脈の遮断)がスタンダードとされる。

頭蓋頸移行部：椎骨動脈から分枝する脊髓根動脈の硬膜枝を流入動脈とし、上位頸髄から延髄前面の静脈に流出する。流入動脈が短いため液体塞栓物質を用いたTAEは非常に難易度が高い。われわれも、NBCAが椎骨動脈に迷入し脳幹部梗塞を生じた1例を経験している。この部の治療は外科療法(流出静脈の遮断)が確実に安全であるとの意見が多い¹⁰⁾。流出静脈が上位頸髄から延髄の前面に位置しているため手術の難易度もときに高く、定位放射線療法もオプションとして期待される¹³⁾。

円蓋部脳表静脈：われわれは3例ともにTAEを行い、

その治療成績は良好であった。TAEを行う場合は液体塞栓物質が動静脈瘻そのものか、さらにはその下流にある流出静脈にまで到達することが必要である。それ以外の塞栓法では常に再発の可能性があることを念頭におく必要がある。これに対し外科療法では、病変が脳表にあるため、比較的容易かつ確実に根治が可能と思われる⁴⁾。

結 語

1. 海綿静脈洞部硬膜動静脈瘻においてはTVEがスタンダードであるが、TVE不能例では根治的TAE, surgical TVEなどがオプションとなる。
2. 横・S状静脈洞部硬膜動静脈瘻においては、脳の静脈還流を含めた血行動態の把握が重要で、それに応じてTAE, TVE, DSPを駆使する必要がある。
3. その他の部位の硬膜動静脈瘻、特に脳静脈にシャントを有する症例においては外科療法が主役であり、血管内治療は難易度の高い補助療法である場合が多い。

文 献

- 1) Barrow DL, Krisht A: Dural arteriovenous malformations, American Association of Neurological Surgeons, Illinois, 1993, pp117-130
- 2) Brown RD Jr, Wiebers DO, Nichols DA: Intracranial dural arteriovenous fistulae: angiographic predictors of intracranial hemorrhage and clinical outcome in nonsurgical patients. *J Neurosurg* 81: 531-538, 1994
- 3) Cognard C, Gobin YP, Pierot L, *et al*: Cerebral dural arteriovenous fistulas: clinical and angiographic correlation with a revised classification of venous drainage. *Radiology* 194: 671-680, 1995
- 4) Collice M, D'Aliberti G, Talamonti G, *et al*: Surgical interruption of leptomeningeal drainage as treatment for intracranial dural arteriovenous fistulas without dural sinus drainage. *J Neurosurg* 84: 810-817, 1996
- 5) Endo S, Kuwayama N, Takaku A, *et al*: Direct sinus packing of the isolated sinus in patients with dural arteriovenous fistulas of the transverse-sigmoid sinus. *J Neurosurg* 88: 449-456, 1998
- 6) Gobin YP, Houdart E, Rogopoulos A, *et al*: Percutaneous transvenous embolization through the thrombosed sinus in transverse sinus dural fistula. *AJNR* 14: 1102-1105, 1993
- 7) Goto K, Sidipratomo P, Ogata N, *et al*: Combining endovascular and neurosurgical treatments of high-risk dural arteriovenous fistulas in the lateral sinus and the confluence of the sinuses. *J Neurosurg* 90: 289-299, 1999
- 8) Halbach VV, Higashida RT, Hieshima GB, *et al*: Dural fistulas involving the cavernous sinus: results of treatment in 30 patients. *Radiology* 163: 437-442, 1987
- 9) Halbach VV, Higashida RT, Hieshima GB, *et al*: Transvenous embolization of dural fistulas involving the cavernous sinus. *AJNR Am J Neuroradiol* 10: 377-383, 1989
- 10) Kinouchi H, Mizoi K, Takahashi A, *et al*: Dural arteriovenous shunts at the craniocervical junction. *J Neurosurg* 89: 755-761, 1998
- 11) Kuwayama N, Endo S, Kitabayashi M, *et al*: Surgical transvenous embolization of a cortically draining carotid cavernous fistula via a vein of the sylvian fissure. *AJNR Am J Neuroradiol* 19: 1329-1332, 1998
- 12) 桑山直也, 遠藤俊郎, 高久 晃: 頭蓋内硬膜動静脈瘻の治療. *脳神経外科* 28: 305-319, 2000
- 13) Link MJ, Coffey RJ, Nichols DA, *et al*: The role of radiosurgery and particulate embolization in the treatment of dural arteriovenous fistulas. *J Neurosurg* 84: 804-809, 1996
- 14) Lucas CP, Oliveira ED, Tedeschi H, *et al*: Sinus skeletonization: a treatment for dural arteriovenous malformations of the tentorial apex. *J Neurosurg* 84: 514-517, 1996
- 15) Mullan S: Reflections upon the nature and management of intracranial and intraspinal vascular malformations and fistulae. *J Neurosurg* 80: 606-616, 1994
- 16) Murphy KJ, Gailloud P, Venbrux A, *et al*: Endovascular treatment of a grade IV transverse sinus dural arteriovenous fistula by sinus recanalization, angioplasty, and stent placement: technical case report. *Neurosurgery* 46: 497-500, 2000