

Protection balloon catheter を用いた静脈洞温存下の硬膜動静脈シャント塞栓術

昭和大学 藤が丘病院 脳神経外科

寺田友昭、藪崎肇、田中優子、松田芳和、津本智幸、西山徹、梅寄有砂、松本浩明

連絡者：寺田友昭

昭和大学藤が丘病院 脳神経外科

神奈川県横浜市青葉区藤が丘 1-30

電話 045-971-1151

e-mail: [tma-terada@wakayamah.johas.go.jp](mailto:tma-terada@wakayamah.johas.go.jp)

本論文を、日本脳神経血管内治療学会 機関誌 JNET Journal of Neuroendovascular Therapy に投稿するにあたり、筆頭著者、共著者によって、国内外の他雑誌に掲載ないし投稿されていないことを誓約致します。

Key Words: dural arteriovenous fistula, embolization, balloon, ONYX, sinus protection

## 要旨

バルーンカテーテルを用いた静脈洞温存下の硬膜動静脈シャントの治療法を紹介する。バルーンは Kaneka Shoryu 7x7mm を使用する。まず、体外で数分間かけてバルーンを 1.5-2.0ml の生理食塩水で拡張し破裂しないことを確認しておく。患側の経頸静脈アプローチで 6 F の親カテーテルを閉塞したい静脈洞の近位に挿入。閉塞用バルーンカテーテルを目的とする部位に挿入。テストインフレーションを行い、できる限り Labbe を閉塞せず、シャントが消失する部位を探し、その部位でバルーンで閉塞する。その状態で流入動脈シャント直近に挿入したマイクロカテーテルから ONYX を注入する。それぞれの流入動脈に順行性あるいは逆行性に ONYX が拡散してゆく。ほぼ、すべての流入動脈が閉塞されたと考えられればバルーンを解除して血管撮影を行い、シャントが残存していればさらに注入し、消失していればそこで注入を中止する。治療成功のコツはバルーンを拡張させる位置の決定である。バルーンの移動を防ぐためにバルーンの後端に親カテーテルを持って行き、少しバルーンを引き気味にしておけば、バルーンを正確な位置に固定できる。

はじめに：

静脈洞閉塞は硬膜動静脈シャント(d AVF)の根治的治療となる反面、静脈洞閉塞に伴う静脈圧亢進により新たな動静脈シャントが発生することも知られている<sup>1)</sup>。ONYX 導入により経動脈的塞栓術で、大部分の dAVF が治療されるようになってきていたが、静脈洞が開存している症例では静脈洞温存用の Copernic バルーンカテーテル (BALT, Montmorency, France) が開発されるまでは静脈洞を温存した根治的塞栓術は困難であった<sup>2)</sup>。ただ、欧米で使用されている Copernic balloon は国内では認可を受けておらず使用できないため、2008年より国内で使用可能な種々のバルーンカテーテル (PTA バルーン、動脈瘤の neck remodeling balloon 等) を静脈洞閉塞に使用してみたが、バルーンの性状、大きさから静脈洞を確実に隙間なく閉塞できるバルーンはなかった。Kaneka Medics の Shoryu 7 x 7 mm (Kaneka Medics, Kanagawa, Japan) が発売開始となったとき、バルーンの破裂容量を調べていると 2 ml の液体注入ではほとんどのバルーンが破裂しないことが確認できた。また、大きさは均一ではないが 2 ml で拡張径は 10 - 12 mm、長さは、20 - 30 mm になることが確認でき、大部分の静脈洞を安全に確実に閉塞できることがわかった<sup>3,4)</sup>。このバルーンの利点は supercompliant balloon であり、不整形の静脈洞でも確実に閉塞できることである。今回、静脈洞開存症例において本バルーンを用いた静脈洞温存下の d AVF に対する根治的塞栓術について解説する。

注：現在、Kaneka Medics では、さらに大容量、大口径のバルーンカテーテルが開発されている。また、Copernic balloon は種々の理由で現在製造中止 (Chapot: personal communication) となっている。

バルーンカテーテルの特性と使用方法について：

欧米では BALT 社が静脈洞閉塞用に Copernic RC balloon catheter を製造販売している。このバルーンは拡張径と長さが 8mmx80mm, 10mmx80mm の 2つのタイプがあり、長い範囲で静脈洞を閉塞するのに適している。ただ、静脈洞の径は 10 mm を越えるものがあり、そのような場合は、複数本のバルーンを並列に並べて対応することもある<sup>4)</sup>。

国内で使用可能なバルーンとしては、通常の動脈瘤のネックリモデリングに用いられるバルーンでは、その拡張径から正常の静脈洞を閉塞することは困難である。また、頸動脈や末梢血管に用いる PTA バルーンもこの手技を始めた当初（2008年）使用してみたが、静脈洞を確実に閉塞することは困難でありバルーンの間隙に液体塞栓物質が流出した場合は Labbe の流出部を閉塞する可能性もある（図1）。また、のちに症例で示すが、静脈洞の大きさは一定ではなく狭窄や拡張のある部分ではこのバルーンでは閉塞することは不可能である。Kaneka Medics の Shoryu 7x7mm は静脈洞を閉塞するために開発されたバルーンではないが、非常に柔軟性に富み 2 ml の注入ではほとんど破裂せず 3 ml 注入すると約半数が破裂する。したがって、注入量は原則 2 ml 以下にとどめることが望ましい。また、拡張時の長さ、太さは一定ではないが、概算で 1 ml の注入で 10 x 16 mm、2 ml で 12 x 24 mm、3 ml で 14 x 32 mm 程度に拡張する（図2）。Copernic RC に比べて短いが太くなる利点があり、拡張した静脈洞の閉塞には有利である。バルーン拡張、収縮に伴いバルーンが血流に沿って流されることがあるが、これを防ぐためにはバルーン導入用の 6 F の親カテーテルを閉塞させたい部位の少し近位部に留置し、バルーンを拡張した状態で少し親カテーテル内に引き入れるようにすればバルーンが移動することはない。また、静脈洞交会など血管径が 14 ミリを超える部分では、バルーンを並列に留置することによりシャントの静脈洞への開口部を閉塞することが可能である<sup>4)</sup>。

Shoryu の使用のコツをまとめると以下のようなになる。

- **バルーンの拡張**:体外で2mlになるまで数分かけてゆっくり拡張する。
- **造影剤濃度は1:1を用いている(もう少し濃度を落とすことも可能である)**
- Labbe の位置を確認しておき、原則 Labbe を閉塞させないようにバルーンを拡張する。Labbe をバルーンで閉塞した場合は、CAGで側副血行路を確認しておく。
- 閉塞後にアンギオを行う。うまくシャントが閉塞できていればAVFは描出されない
- 6 F親カテーテルをバルーン直近に留置しバルーンを少し引き気味にしておく。そうすればバルーンは動かない。
- ONYX が十分注入されたと判断されれば、適宜バルーンをデフレートし dAVF の閉塞状況を確認する。

臨床例での具体的な使用法:

まず、どの動脈からアクセスするかを決定する。最も重要なポイントは、シャントポイントにできる限り近づける血管を選択することである。Main feeder (血管の太さ) にこだわる必要はない。また、液体塞栓物質注入前に他の feeder の閉塞は原則行わない。むしろこれらの血管には手を付けずに残しておいた方がシャント残存時のアクセスルートに使用できる。一般的に中硬膜動脈を選択することが多いが、シャント部位によっては後頭動脈、後耳介動脈を選択することもある。後頭動脈を選択する場合でも、マイクロカテーテルは、できるだけシャントに接近できる位置まで挿入する。出来ない場合はダブルルーメンバルーンカテーテルでフローコントロール下に液体塞栓物質を注入する。

液体塞栓物質の注入は、バルーンカテーテルを使用しない場合は **plug and push** で注入する。中硬膜動脈は比較的真っ直ぐな血管なので **distal access catheter (DAC)** を使用していれば、数センチのプラグでも十分カテーテルは回収できる。Shoryu で静脈洞を閉塞する場合、NBCA を用いて塞栓すると、バルーンに NBCA が接触した瞬間に破裂するので NBCA は使用してはいけない。

静脈洞へのアクセスは大腿動脈、頸静脈からの直接穿刺どちらでもよいが、我々はカテーテル操作が容易なので頸静脈からのアプローチを選択している。通常の 6 F のカテーテルは容易に横静脈洞に挿入可能である。また、Shoryu を並列に使用する場合は 7 F の親カテーテルを使用する。カテーテル先端はバルーンで閉塞したい部位のやや近位側に留置する。閉塞用バルーンは 0.014 “ガイドワイヤーで誘導し、バルーンを拡張する。バルーンが流される場合は親カテーテルの中に少し引き込むようにすると移動することはない。バルーンの拡張部位は重要であり、Labbe を閉塞しないでシャント全体が閉塞できる部位に固定する。順行性に流れている Labbe を閉塞する場合は、閉塞は数分間にとどめ液体の注入を間欠的に行う。シャントの近位部で静脈洞をバルーンで閉塞してしまうと皮質静脈逆流が生じ、出血性合併症が生じる可能性があるので十分な注意が必要である。また、Labbe 以外にも、basal temporal vein, superior petrosal sinus の開口部、側副血行の状態も調べておく必要がある。両側の横一S 状静脈洞が通常に開存している場合は、静脈洞の閉塞時間にこだわる必要はない。

塞栓物質は ONYX の場合は 18 を用いる。塞栓が進行すると中硬膜動脈から注入した ONYX は後頭動脈や他の流入動脈に逆流してゆく。術前に中硬膜動脈、後頭動脈以外に内頸動脈、椎骨動脈硬膜枝、上行咽頭動脈等からの feeder にどこまで ONYX を逆流させてもよいかを確認しておき、その部位までくれば注入を中止し、ポーズをとって注入を再開する。最終段階で注入圧が高くなるとバルーンの壁に沿って ONYX が進みだす。大抵は、この時点でシャントは消失している。最後にバルーンを解除するが、まだシャントが残存している場合はアクセスできる feeder から再度注入を行う。残存している血管からは大部分の症例で再度のアクセスが可能である。

原則、TAE を行うが、venous pouch のあるような症例では TVE も行うこともできる<sup>5)</sup>。

この場合は静脈サイドから動脈に逆流が生じるので過剰な逆流が生じさせないように注意を要する。

代表例を提示する。

症例 1： 右拍動性耳鳴りで発症した 61 歳、男性。右横静脈洞から S 状静脈洞の dAVF を認める。罹患静脈洞部に狭窄を認め、主な流入動脈は右後頭動脈で S 状静脈洞の後方にシャントの集簇するポーチを形成している。また、右中硬膜動脈も静脈洞狭窄部周囲にわずかにシャントを形成している。皮質静脈逆流はない (図 3)。選択的右後頭動脈撮影ではポーチに流入するシャント血流は静脈洞狭窄部末梢側に開口している (図 4)。静脈洞のシャント開口部やや中枢側で静脈洞を閉塞するとシャント血流は静脈洞を逆流し Labbe 静脈への逆流を認める (図 4)。バルーンを少し末梢側にずらして静脈洞を閉塞するとシャントは完全に閉塞されているのが確認できる。また、バルーンは静脈洞の形状にフィットして静脈洞を完全に閉塞している (図 5)。Scepter C を後頭動脈末梢に挿入し、バルーンを拡張し流入動脈を遮断した状態で ONYX 18 を注入してゆくと、シャントポーチに ONYX が充填され後頭動脈からのシャントは消失した (図 6)。しかし、右外頸動脈撮影では中硬膜動脈から横静脈洞狭窄部近位部にわずかにシャントの残存が確認された。TACTICS を右中硬膜動脈に挿入し撮影するとわずかなシャントの残存が確認できた (図 7)。Defrictor (Medicos Hirata, Osaka, Japan) を中硬膜動脈の posterior convexity branch を通してシャント直近まで挿入し、撮影するとわずかなシャントが横静脈洞—S 状静脈洞のコーナーに開口しているのが確認できた (図 7)。バルーンで静脈洞を再度閉塞し ONYX 18 を注入するとシャントは完全に消失した (図 8)。また、静脈洞が温存されているのも確認できた (図 9)。

症例 2： 27 歳女性、juvenile type の dAVF で多発性に dAVF が存在し、過去に数回流入動脈閉塞が行われ、狭窄した右横静脈洞に対してステント留置による静脈洞形成術が行われている。今回頭蓋内圧亢進症状による眼球突出などの症状改善のために治療を行うこととした。左横静脈洞から confluence にかけてのシャントを閉塞するためにバルーンによる静脈洞温存下に流入動脈である中硬膜動脈から ONYX18 を注入することとした (図 10)。まず、シャント開口部を Shoryu7x7mm バルーンで閉塞する (図 11)。中硬膜動脈に挿入された Scepter C を拡張させ血流遮断後 ONYX18 を注入する。注入された ONYX はシャント腔に充填され、一部他の流入動脈にも逆流し、静脈洞を温存した状態でこの部のシャントは閉塞できた (図 11)。中硬膜動脈の petrosquamous branch からも同様に ONYX を注入し、この部のシャントは完全に閉塞できた。ただし、対側頭蓋底部に別なシャントが存在している (図 12)。

## 考察

静脈洞の開存している横静脈洞から S 状静脈洞の dAVF の治療において、バルーンを用いて静脈洞温存を試みた症例で合併症が極めて少なく、長期予後も良好なことを考えると<sup>6,7)</sup>、拍動性耳鳴りを主訴とし静脈洞が開存しているような Borden type I<sup>8)</sup> 症例には本手技積極的に応用して良いと考えられる。ただ、本治療で起こり得る合併症としては静脈洞のバルーン閉塞に伴うものが考えられる。症例 1 に示したように、シャント血流が皮質静脈に逆流するような状況が生じた場合や、長時間にわたる順行性の皮質静脈流出路の閉塞は、静脈性梗塞や出血性合併症を引き起こす可能性がある。したがって、我々が、最も時間をかけるのがバルーンを静脈洞のどの部位で拡張するかという点である。そのためにはバルーンを安定させ適切な位置で拡張させることである。適切な位置というのは、正常の静脈灌流を阻害せず、シャント開口部を完全に閉塞できる部位である。TS-SS コーナーの dAVF を例にとると、大抵のシャントは Labbe 開口部の中枢側に存在している。そのため、Labbe の開口部を残し、シャント開口部を確実に閉塞できる部位でバルーンを拡張する必要がある。この時にバルーン的位置が末梢にずれると Labbe を閉塞することがある。Labbe の数分程度の閉塞は大丈夫 (personal communication, Chapot) であるが、閉塞した場合は必ず内頸動脈撮影で Labbe の循環動態がどのようになっているかを確認しておく必要がある。

また、塞栓の最終段階になるといかに静脈洞をタイトにバルーンで閉塞していてもバルーンと静脈洞壁の間を通過して ONYX が静脈洞に流出してくる。この場合は、一度だけポーズをとり再注入してみて、それでも ONYX が静脈洞に出てくるようであればこの時点で治療は終了する。ほとんどの症例では、静脈洞に ONYX が流入してくる時点でシャントは閉塞されているので、注入終了の一つの目安となる。ONYX そのものには血栓性は少ないと考えられるが、接着性も少ないので肺動脈に迷入することがある。また、静脈洞壁に大量に付着すると静脈洞閉塞を来すこともあるので、大量の静脈洞への ONYX の迷入は避けるべきと考えられる。

最後に、頸動脈狭窄や末梢血管用の PTA バルーンによる静脈洞の閉塞であるが、我々も 2008 年にこの手技を始めたときに大口径の PTA バルーンで静脈洞閉塞を試みたことがある。しかし、このバルーンでは静脈洞を完全に閉塞することはできず、図 1 に示すように閉塞しきれていない空間に ONYX が出てくると Labbe などの重要な静脈を閉塞する危険性もあるのと、高圧で拡張すると静脈洞壁に存在するシャント腔を閉塞してしまうため、ONYX で本来のシャントの閉塞ができない可能性がある (personal communication : Chapot) ので使用すべきではないと考えている。

## 結語

我々の行っている Kaneka Shoryu を用いた静脈洞温存下の dAVF 塞栓術を紹介した。前述した注意点を守りバルーンを慎重に使用すれば、静脈洞を温存した状態でシャントの完全閉塞が可能である。

本論文発表に関連し、開示すべき利益相反関係にある企業などはありません。

## References

1. Terada T, Higashida RT, Halbach VV, et al. Development of acquired arteriovenous fistulas in rats by venous hypertension. *J Neurosurg* 1994; 80:884-889
2. Jittapiromsak P, Ikka L, Bennachour N, et al. Transvenous balloon-assisted transarterial Onyx embolization of transverse-sigmoid dural arteriovenous malformation. *Neuroradiology* 2013; 55: 345-350
3. 寺田友昭,藤本剛士,恩田清. 静脈洞の開存している横一S状静脈洞の硬膜動静脈シャントに対する根治的塞栓術,脳神経外科速報 2018; 28: 574-583
4. Yabuzaki H, Terada T, Ikeda H, et al. A Case of Transverse-sigmoid Sinus Dural Arteriovenous Fistula Treated by Transarterial and Transvenous Embolization via the Balloon Microcatheter with Overinflated Balloon Protection of the Torcula, *Journal of Neuroendovascular Therapy*. 2019; 13: 388-394
5. Kerolus MG, Chung J, Munich SA, et al. An Onyx tunnel:reconstructive transvenous balloon-assisted Onyx embolization for dural arteriovenous fistula of the transverse-sigmoid sinus. *J Neurosurg* 2018; 129: 922-927
6. Piechowiak E, Zibold F, Dobrocky T, et al. Endovascular Treatment of Dural Arteriovenous Fistulas of the Transverse and Sigmoid Sinuses Using Transarterial Balloon-Assisted Embolization Combined with Transvenous Balloon Protection of the Venous Sinus. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2017; 38: 1984-9.
7. Ertl L, Brückmann H, Kunz M, et al. Endovascular therapy of low and intermediate-grade intracranial lateral dural arteriovenous fistulas: a detailed analysis of primary success rates, complication rates, and long-term follow-up of different technical approaches. *J Neurosurg* 2017;126:360–67
8. Borden JA, Wu JK, Shucart WA. A proposed classification for spinal and cranial dural arteriovenous fistulous malformations and implications for treatment. *J Neurosurg*. 1995; 82: 166-79.

## Figure legends

### Figure 1 : Schema of balloon protection

Complete occlusion of the sinus is difficult with PTA balloon catheter due to its low conformability. There exist the risk of ONYX migration into the open space between sinus wall and inflated balloon. If the vein of Labbe drains into this space, migrated ONYX may occlude the Labbe.

### Figure 2 : Shape and size of Shoryu 7x7mm

The shape of balloon inflated with 1ml, 2ml, and 3ml saline.

### Figure 3 : 3D rotational angiographic findings of the right external carotid angiography (stereoscopic view)

The main feeder is the right occipital artery (arrow head) and the main fistula (dotted circle) is formed at the posterior wall of the right sigmoid sinus. The shunt flow is drained into the parallel sinus located at the posterior part of the right sigmoid sinus. Small shunt supplied from the right middle meningeal artery (arrow) is formed around the stenosed right transverse sinus (large arrow).

### Figure 4 : PCG and angiographic findings of the right occipital artery angiogram during balloon occlusion at the proximal portion of the right transverse sinus.

A. Plain craniogram, A P view. B. Plain craniogram, lateral view. The balloon is inflated and occludes the proximal part of the stenosed transverse sinus.  
C. Selective right occipital artery angiogram. AP view. D. lateral view. The proximal part of the stenosed right transverse sinus is obliterated with the balloon catheter. However, the shunt is not completely occluded. Therefore, retrograde cortical venous drainage (arrow head) appeared after balloon occlusion. Arrow shows the stenosed sinus. Dotted square circle shows obliterated sigmoid sinus and dotted circles show the shunt pouch.

### Figure 5 : PCG and angiographic findings of the right occipital artery angiogram during balloon occlusion at the proximal portion of the right transverse sinus.

A. Plain craniogram, A P view. B. Plain craniogram, lateral view. The balloon catheter is inflated at the distal and proximal part of the right transverse sinus including the stenotic portion.  
C. Selective right occipital angiogram. AP view. D. lateral view. The right transverse

sinus is completely occluded with the balloon including the entire shunt. The shunt is not opacified on the right occipital artery angiogram.

Figure 6 : ONYX injection from the balloon inflated Scepter C

A,B,C,D. Angiogram during ONYX injection. ONYX is injected from the Scepter C balloon catheter. ONYX diffuses into the the occipital artery and parapell sinus located at the posteior part of the right sigmoid sinus beyond the shunt. (dotted circle)

Figure 7 : Selective and superselective right middle meningeal artery angiogram

A. AP view, B. Lateral view. Tiny shunt supplied from the posterior convexity branch of the right middle meningeal artery is demonstatd at the stenoed posrtion of the right transverse sinus (arrow) .Superselective angiogram from the Defrictor navigated into the just proximal portion of the shunt point.

C. AP view, D. lateral view. The tiny shunt draining into the distal portion of the sigmoid sinus is opacified. Arrows demonstrates the navigated Defrictor.

Figure 8 : Right external carotid angiogram after occlusion of the shunt under sinus protection

A,B. AP view, C,D. lateral view. Dural shunts are completely obliterated.

Figure 9 : Right internal carotid angiogram after embolization

A. AP view, B. lateral view. The normograde flow of right transverse sinus, sigmoid sinus (arrow) and the vein of Labbe are kept patent (arrow head) .

Figure 10 : The external carotid angiogram beyond the posterior auricular artery

A. Anter-posterior view of the angiogram, B. Lateral viewof the angiogram.

The shunt is formed around the distal part of the transverse sinus and shunt flow drains from the right confluence to the transverse – sigmoid sinus. Arrows show the shunt pouch.

Figure 11 : Road mapping images and plain craniogram before and after treatment.

A: The balloon is inflated at the confluence to occlude the entry of ONYX into the sinus. Arrows show the figure of the inflated balloon. B: The migration of ONYX into the confluence is protected by the inflated balloon. C: ONYX diffuses into the shunt pouch around the transverse sinus. D: ONYX is injected from the proximal branch of the middle

meningeal artery. Shunt pouch around the left transverse sinus is completely closed. Coils shows the occlusion of the feeding artery for the another shunts at the previous treatment session.

Figure 12 : Left external carotid angiogram

A,B. Antero-posterior view, C, D. Lateral view

The shunt located at the left transverse sinus was completely disappeared, although another shunts located at the skull base is demonstrated.

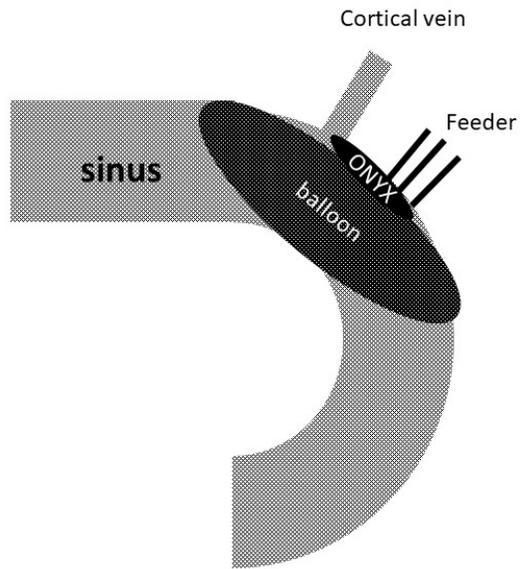


Figure 1

254x190mm (96 x 96 DPI)

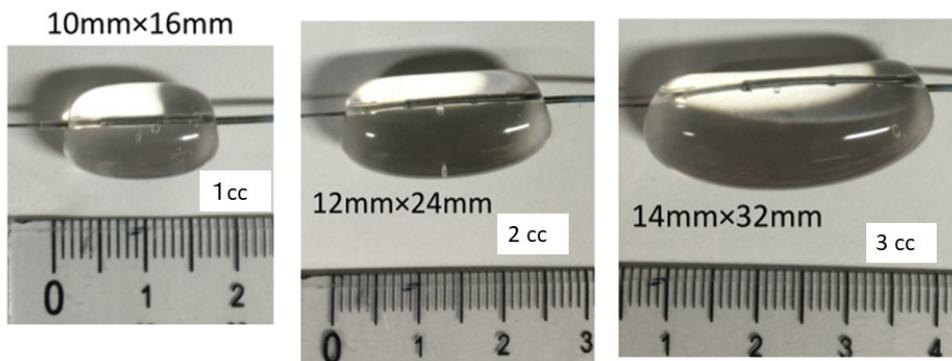


Figure 2

254x190mm (96 x 96 DPI)

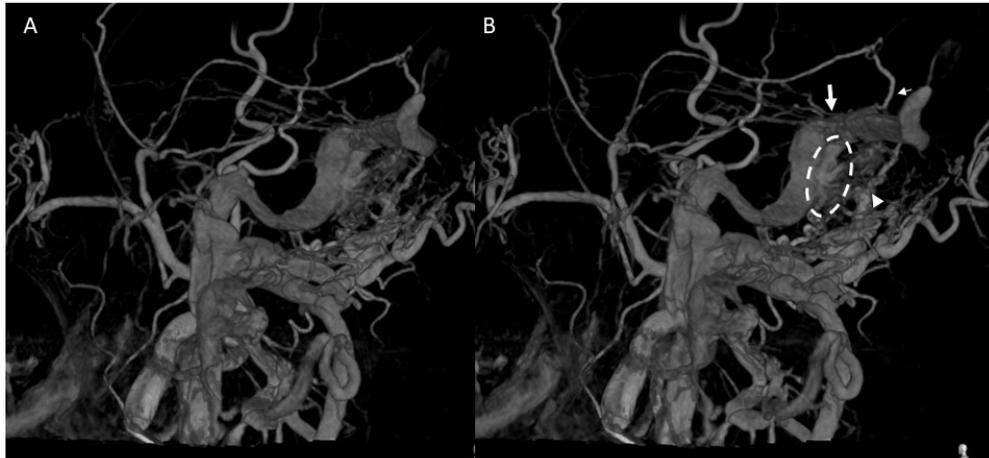


Figure 3

254x190mm (96 x 96 DPI)

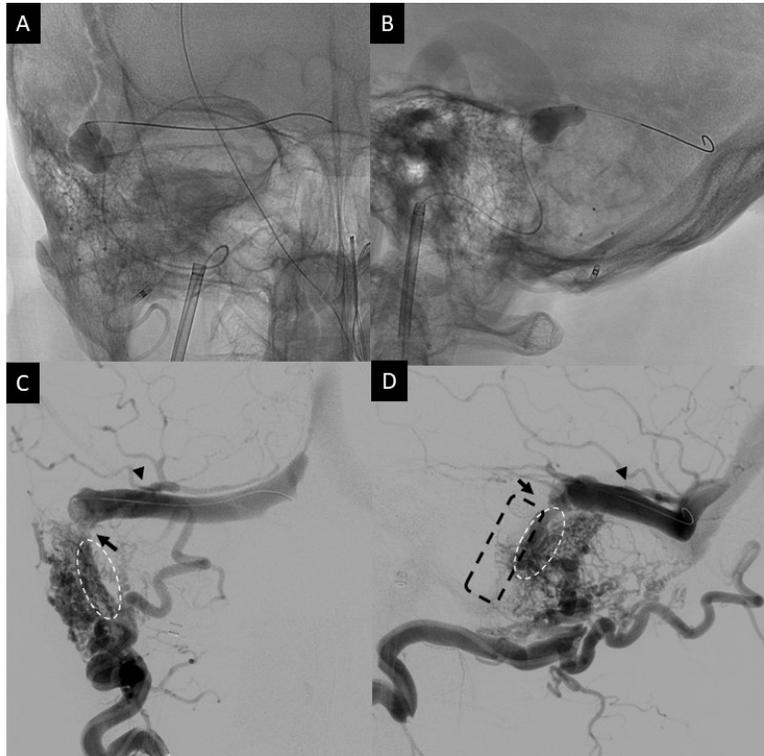


Figure 4

254x190mm (96 x 96 DPI)

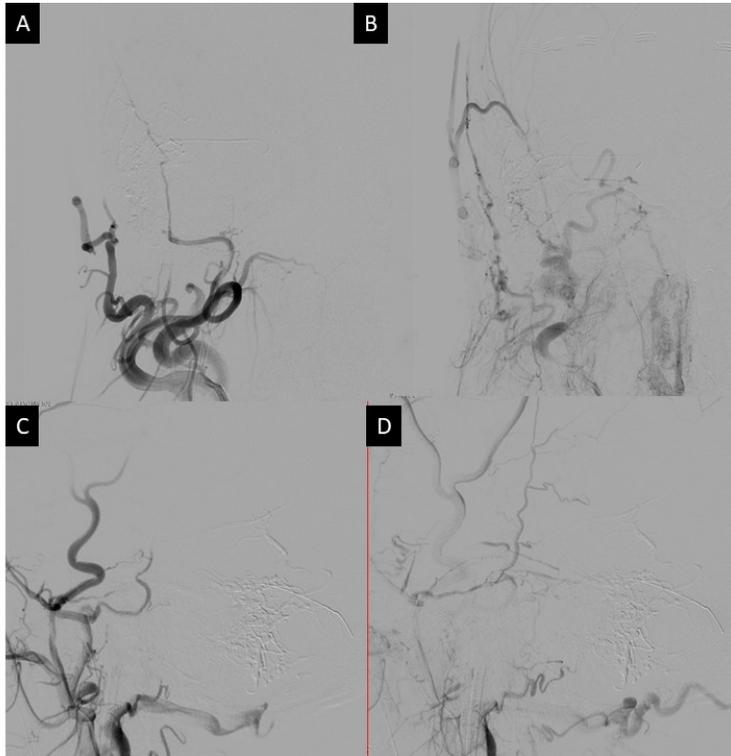


Figure 5

254x190mm (96 x 96 DPI)

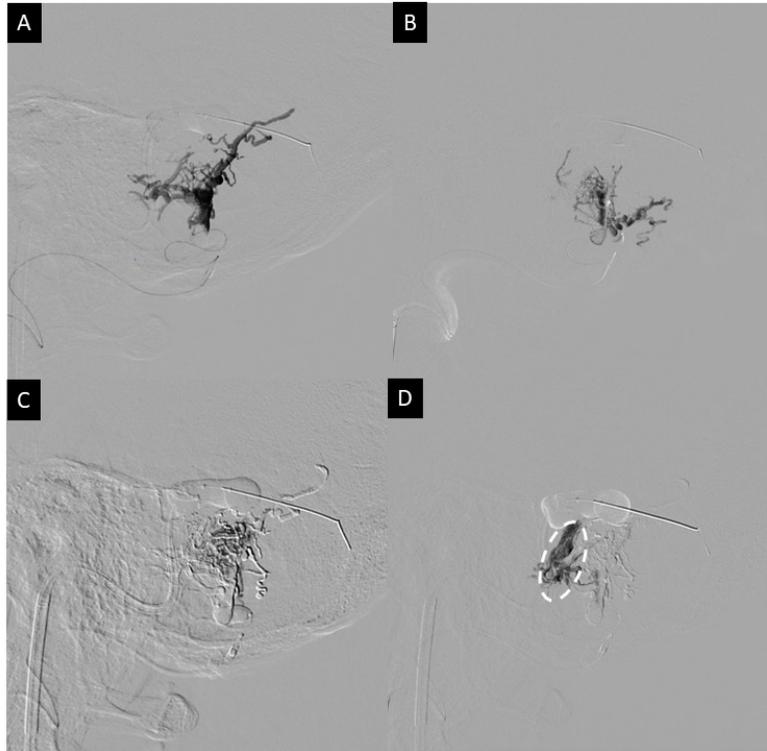


Figure 6

254x190mm (96 x 96 DPI)

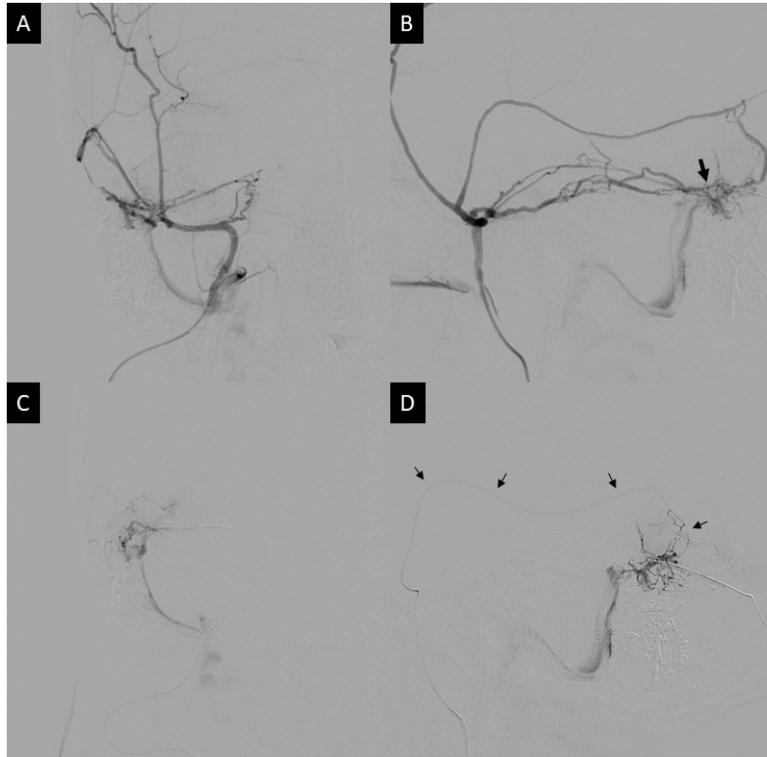


Figure 7

254x190mm (96 x 96 DPI)

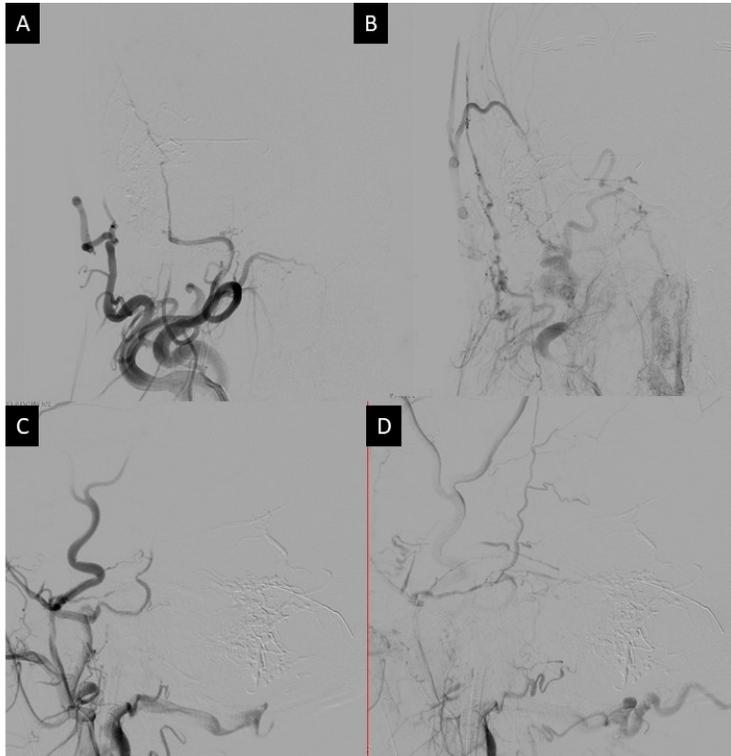


Figure 8

254x190mm (96 x 96 DPI)

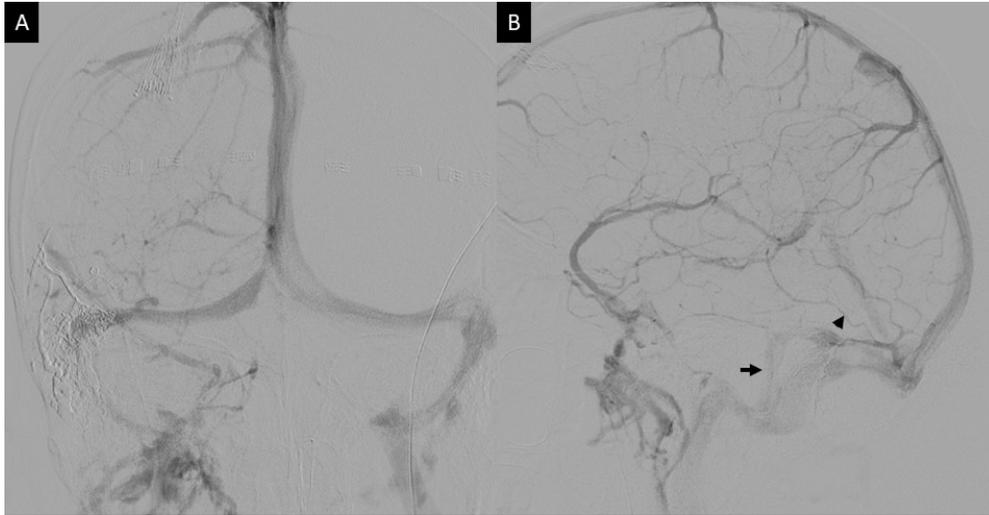


Figure 9

254x190mm (96 x 96 DPI)

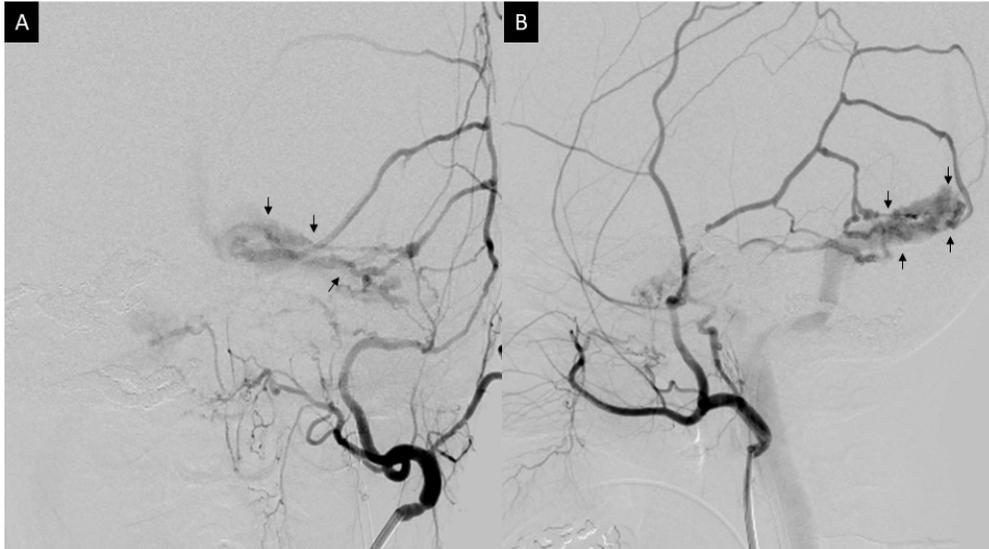


Figure 10

254x190mm (96 x 96 DPI)

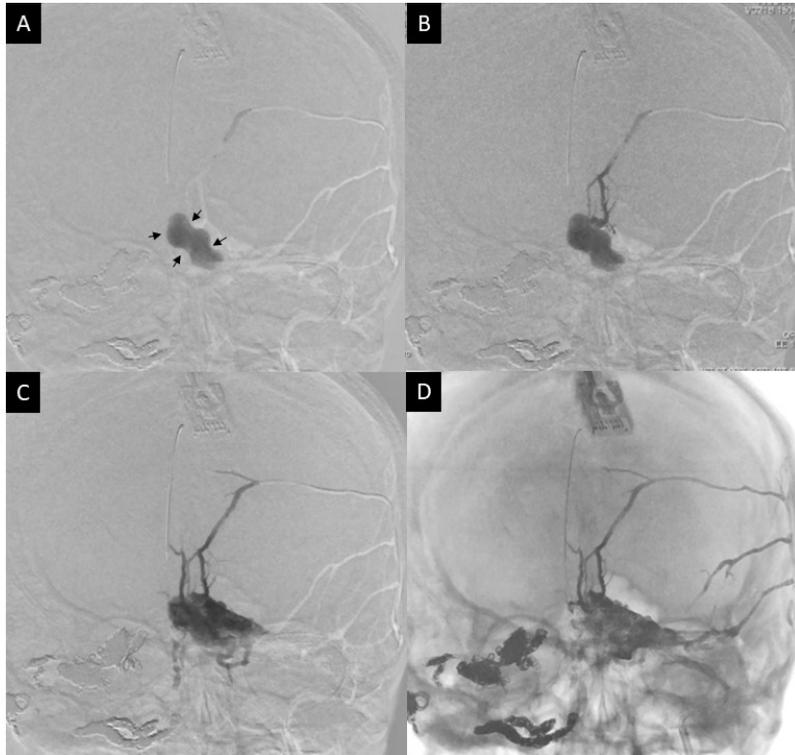


Figure 11

254x190mm (96 x 96 DPI)

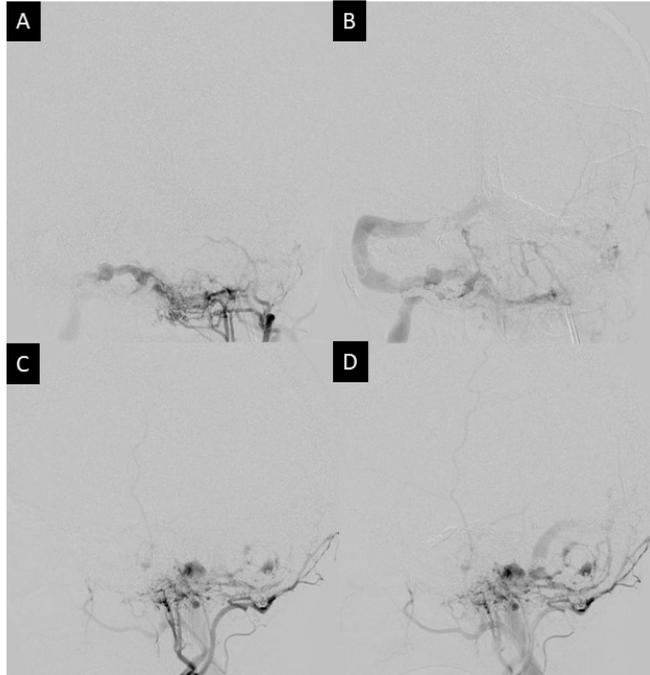


Figure 12

254x190mm (96 x 96 DPI)