脳動脈瘤クリッピング術における穿通枝温存の工夫 —ポリグラクチンメッシュの有用性—

村田 英俊, 吉川信一郎, 東田 哲博, 田中 貴大
吉田 俊, 高瀬 創, 大竹 誠, 川原 信隆

Preservation of Perforating Arteries in Cerebral Aneurysm Surgery: Clinical Usage of Polyglactin Mesh

Hidetoshi MURATA, M.D., Ph.D., Shinichiro YOSHIKAWA, M.D., Tetsuhiro HIGASHIDA, M.D., Ph.D.,
Takahiro TANAKA, M.D., Shun YOSHIDA, M.D., Hajime TAKASE, M.D., Makoto OTAKE, M.D., and
Nobutaka KAWAHARA, M.D., Ph.D.

*Department of Neurosurgery, Yokohama City University Graduate School of Medical Sciences and
School of Medicine, Yokohama, Kanagawa, Japan*

Summary: Adequate operative field and preservation of perforating arteries is necessary for successful, safe clipping of cerebral aneurysm. However, it is often difficult to avoid multiple perforators adjacent or dorsal to the aneurysm even if they could be separated from the aneurysm. Here, we used a polyglactin mesh (Vicryl mesh®) for aneurysmal clipping surgery. The polyglactin mesh is made of glycolic-lactic acid polyester and can be hydrolyzed within a living body. It is very thin, about 0.1 mm, without being fuzzy, and can be cut freely into any size and shape. Because of its consistency, it can hold dissected perforators off the aneurysm while clipping the neck, thus facilitating safe and successful maneuvers. It can also be retrieved safely and easily because it does not adhere to the surrounding structures. We used them in 45 cases of aneurysm. We could clip the cerebral aneurysms safely while avoiding perforators, other critical arteries, and cranial nerves around the aneurysm. No complications like vasospasm and perforator injuries were noted. Eighty-seven percent of the clipping procedures were accomplished by junior neurosurgeons under the guidance of senior instructors using the polyglactin mesh. This procedure is useful and safe in preserving critical arteries and structures like perforators and cranial nerves around the cerebral aneurysm.

Key words:

- ・ cerebral aneurysm
- ・ clipping
- ・ perforating artery
- ・ polyglactin mesh

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 44: 81-87, 2016

はじめに

脳動脈瘤クリッピング術において、脳動脈瘤周囲の適切な術野展開と穿通枝の温存は、手術の成否を分かつ重要な手技である⁶⁾¹³⁾。

剝離子などで穿通枝の同定と剝離が可能であっても、とりわけ、複数の穿通枝が動脈瘤に近接する場合や動脈瘤の背側にある場合では、穿通枝を回避したクリッピングに難渋する場合がある⁹⁾。

そこで、私たちは、生体吸収素材であるポリグラクチン

910 メッシュ(バイクリルメッシュ®)[Ethicon Inc., Somerville, NJ/Cincinnati, OH, USA]を用いて穿通枝の干渉を回避し、クリップアクセスを容易にしている。本稿では同メッシュを用いた工夫とその有用性について報告する。

ポリグラクチン 910 メッシュの特性

ポリグラクチン 910 メッシュ(バイクリルメッシュ®)は生体吸収されるグリコール酸/乳酸ポリエステル(90/10)(ポリグラクチン 910)で編まれたメッシュであり、60-90 日で加水分解され、生体内で吸収される。用途は「臓器の欠損部、脆弱部の補強」となっており、生体内で加水分解されるが、本使用では必ずしも留置する必要はない。同メッシュのこれまでの使用経験では、通常の綿片や他の生体吸収素材(オキシセルロース、ゼラチンスポンジ)と異なり、脳表や神経・血管への接着がきわめて少なく、約 0.1 mm 厚と非常に薄く、線維の毛羽立ちもない。そのため、術中の脳や神経の保護として使用することも可能である。術野にあわせて自在にサイズを調整できる(Fig. 1A)。また、水分を含むと透過性が高まり、メッシュ背面の構造物が視認できる、ウーブンタイプのものである程度の硬性を有するため術野を確保しやすく、狭小化したスペースでも挿入しやすい。したがって、脳動脈瘤手術において、同メッシュを用いることにより穿通枝や近傍の動静脈、脳神経から脳動脈瘤を分離・孤立させ、クリッピングスペースをつくることが可能となる。また、クリップ挿入時もメッシュを巻き込みにくい。

対 象

2010 年 4 月から 2014 年 9 月において、45 例で親動脈および脳動脈瘤周囲の穿通枝や重要構造物の回避のためにクリッピング術に付随してポリグラクチンメッシュを使用した。

破裂脳動脈瘤(くも膜下出血)21 例、未破裂脳動脈瘤 24 例で、動脈瘤部位は、内頸動脈瘤 15 例〔内頸動脈-後交通動脈瘤(internal carotid-posterior communicating: IC-PC): 6、内頸動脈-前脈絡叢動脈瘤(IC-anterior choroidal: IC-Ach): 2、前床突起近傍部内頸動脈瘤(IC-paraclinoid): 4、内頸動脈先端部瘤(IC-top): 3〕、中大脳動脈瘤 middle cerebral artery(MCA) 16 例、前交通動脈瘤 anterior communicating artery(A-com)12 例、前大脳動脈遠位部瘤 1 例、脳底動脈先端部瘤 1 例であった。

方 法

動脈瘤処置に先立って、親動脈の確保として、近接する穿通枝を回避して同メッシュを挿入し、必要時に即座にクリップがアプライできるようにしておく(Fig. 1B)。動脈

瘤周囲の穿通枝を視認・剝離した後、穿通枝を回避するように、動脈瘤周囲にメッシュを配し、動脈瘤を孤立させ、クリップによる穿通枝閉塞や脳神経への接触を防ぐ(Fig. 1B)。また、動脈瘤背側に同メッシュをおくことによりクリップ進入深度の指標となる。さらに、実際施行してみるとわかるが、クリップ挿入時には同メッシュによって動脈瘤に対してカウンターがかかるため、動脈瘤がクリップで押し込まれず、クリップアプライが容易となる(Fig. 1C)。生体吸収素材だが、周囲との癒着が少ないため、容易に除去可能である。

結 果

穿通枝をはじめ、重要な周囲構造物とクリップとの干渉を回避でき、親血管の確保やクリッピングが容易かつ安全になった。同素材に伴うスパズムなどの発生はなく、穿通枝障害をきたした症例はなかった。また、動脈瘤背側に敷いた症例では同メッシュがクリップ進入深度の指標となり、挿入時もメッシュが動脈瘤に対してカウンターがかかるためクリップアプライは容易となった(Fig. 1C)。クリップがメッシュを巻き込むことはなかった。生体吸収素材であるが、いずれも回収は容易であった。なお、本シリーズ 45 例中、指導医のもと 23 例で専門医取得前後の若手術者がクリッピング術を施行したが、20 例(87%)でクリッピングの完遂が可能であった。

症 例

〈症例 1〉72 歳、女性。

左 IC-PC aneurysm: IC-PC An(Fig. 2)。

若い頃からときおり起こるめまいで前医受診。MRI、MRA を施行したところ、偶然、内頸動脈瘤を指摘され、当院紹介された。3DCTA にて 8 mm 大の左未破裂 IC-PC An と判明し(Fig. 2A)、本人、家族の希望にて手術となった。

手術は左前頭側頭開頭にてアプローチし、シルビウス裂を遠位から剝離した。中大脳動脈 M2 → M1 → 内頸動脈へと辿り、動脈瘤を視認した。近位内頸動脈の動脈硬化が強いため、頸部内頸動脈を確保し、flow control を行った。瘤は動眼神経に癒着しており(Fig. 2B)、これを慎重に剝離し、動眼神経上にポリグラクチンメッシュを敷いて動脈瘤と分離・保護した。また、Ach が動脈瘤に付着しており(Fig. 2B)、これを剝離して、同メッシュにて動脈瘤と分離した(Fig. 2C)。さらに、動脈瘤背側に posterior communicating artery(P-com)穿通枝が複数走行するため、動脈瘤底面に同メッシュを敷いた(Fig. 2C)。最終的に動脈瘤を孤立させるような術野環境を整えた。10 mm ストレートクリップ(SugitaClip, Titanium II, MIZUHO, To-

Fig. 1 Clinical usage of polyglactin (PG) mesh.

A/B
C

A: Photograph shows the appearance of a polyglactin 910 mesh (woven type). It can be organized freely into any size and shape.

B: Illustrations represent the left middle cerebral artery (MCA) aneurysm. There are some lenticulo-striate arteries (LSAs) dorsal to the M1 and the aneurysm (left). PG meshes were placed under the M1 and aneurysm avoiding the LSAs (right). The parent artery of the M1 (①) and MCA aneurysm (②) were secured and isolated.

C: Illustrations represent the relationship between clip application and PG mesh.

a: Scheme of the aneurysm before clipping.

b: The aneurysm is often pushed down towards the clip insertion (down-arrows).

c: PG mesh is placed just under the aneurysm, avoiding perforators.

d: PG mesh has a counterforce (up-arrow) for the clip insertion (down-arrow), and the aneurysm is not pushed down much.

e: The tip of the clips is closed at the position of PG mesh using its counterforce (up-arrow).

f: Clipping is completed in the ideal position for the aneurysmal neck. PG mesh is then removed.

kyo)を動脈瘤頸部にアプライした(**Fig. 2C, D**).

クリップ進入深度は、動脈瘤底面に敷いた同メッシュが指標になり、挿入時もメッシュが動脈瘤に対してカウンターがかかるためクリップアプライは比較的容易であった。スリップアウト防止のため、8mm ストレートクリップを initial clip の外側に平行にかけた(**Fig. 2E**)。メッシュは容易に除去可能であった(**Fig. 2F**)。indocyanine green (ICG) およびドップラー血流計にて動脈瘤の閉塞と IC 本

幹、Ach、P-com 穿通枝の patency を確認し、クリッピングを終了した。術後、3DCTA では動脈瘤は消失し、穿通枝梗塞などはなかった(**Fig. 2G, H**)。神経学的脱落症状なく、独歩退院された。

〈症例 2〉69 歳、女性。

前交通動脈瘤(**Fig. 3**)。

数年前から間欠的なめまい、頭痛あり、当院神経内科受

Fig. 2 Case 1:

A	B	C
D	E	F
G	H	

A: Computed tomography (CT) angiogram shows left internal carotid-posterior communicating artery (IC-PC) aneurysm (arrow).

B-F represents intraoperative photographs.

B: Surgical view before clipping indicates P-com, Ach, perforators of P-com, oculomotor nerve (III), and Ach adjacent to the aneurysm. III and origin of Ach adhered to the aneurysm, and then were detached from the aneurysm.

C: Polyglactin (PG) meshes are placed over the Ach, III, and perforators of P-com to avoid interference by the clip. The first clip is going to be applied.

D: The first clip is completed. Ach, III, and perforators of P-com are avoided.

E: The second clip is applied parallel to the blade of the first clip.

F: PG meshes are taken off after clipping. Ach, III, and perforators of P-com remain intact.

G: CT, one day after the operation shows uneventful postoperative course.

H: CT angiogram shows complete clipping of IC-PC aneurysm (arrow).

ON: optic nerve, P-com: posterior communicating artery, Ach: anterior choroidal artery

Fig. 3 Case 2:

- A, B:** Computed tomography (CT) angiogram shows A-com (anterior communicating artery) aneurysm of 11 mm size. Three dimensional CT angiogram (**B**) shows that the aneurysm has blebs and right A2 runs just in front of it.
- C-F** represents intraoperative photographs.
- C:** Hypothalamic arteries (As) are identified dorsal to the aneurysm after left A1 was closed with a temporary clip.
- D:** Hypothalamic As are separated from the aneurysm and protected with polyglactin (PG) mesh.
- E:** PG mesh is placed anterior to the aneurysm avoiding right A1 and A2. The first clip is going to be applied.
- F:** The second clip is applied outside right A2.
- G, H:** Illustration before clipping (**I**) and after clipping (**J**).
- I:** CT a day after operation shows uneventful postoperative course.
- J:** CT angiogram shows complete clipping of A-com aneurysm.

診。MRIにて前交通動脈瘤を指摘され、当科紹介。3DCTAにて8 mm大の前交通動脈瘤認めた。当初、本人は治療希望せず、経過観察となっていたが、2年後に11 mm大と動脈瘤増大し、プレブを伴うようになり(Fig. 3A, B)、手術となった。画像上、右A1は低形成で、右A2は動脈瘤前面を横切る走行をしていた(Fig. 3B, G)。

手術はbasal interhemispheric approach¹⁵⁾で行った。大脳半球間裂の剥離は、脳梁膝部近傍からA2を逆行性に辿るとともに、前頭蓋底部から剥離を進め、最終的に、両側A2、動脈瘤、左A1を露出した。右A1は細かったが血流はあった(Fig. 3G, F)。右A2は動脈瘤ドームと強く癒着していた(Fig. 3C, G)。まず左A1を確保するため、併走するHeubner's arteryの干渉を避けるようにして、ポリグラクチンメッシュを左A1に沿って敷き、いつでも左A1にtemporary clipをアプライできる状態にした。次に、A1遮断下に動脈瘤前面に付着する右A2の剥離を試みたが、動脈瘤から小出血をきたしたため、A2を動脈瘤に付着させたままでクリッピングすることとした。動脈瘤を挙上するとhypothalamic arteryが複数あり(Fig. 3C)、これを動脈瘤から剥離し、分離するよう同メッシュを敷いた(Fig. 3D)。さらに、動脈瘤前方では右A2と動脈瘤の間から細い右A1を確認し、右A1とA2を動脈瘤から分離するよう同メッシュを挿入した(Fig. 3E)。以上で、クリップのアクセスルートを確認し、12 mm長bayonet型クリップをアプライした(Fig. 3E)。クリップ挿入は、動脈瘤の背面に配した同メッシュを目安に挿入進度を決定した。クリップ挿入時はメッシュが動脈瘤に対してカウンターがかかるため、クリップアプライは比較的容易であった。ICGおよびドップラー血流計では動脈瘤の閉塞を確認できたが、スリップアウト防止のため、右A2の狭窄をきたさぬよう10 mm長bayonet型クリップをA2の外側から挿入した(Fig. 3F)。同メッシュは容易に除去できた。ICGおよびドップラー血流計にて動脈瘤の閉塞を確認し、両側A1、A2本幹、両側Heubner's artery、hypothalamic arteriesのpatencyを確認し、クリッピングを終了した(Fig. 3F, H)。

術後、3DCTAでは動脈瘤は消失し、穿通枝梗塞などもなかった(Fig. 3I, J)。神経学的脱落症状なく、独歩退院した。

考 察

脳動脈瘤ネッククリッピング術の合併症の中でも、穿通枝障害は予後に大きく影響する。従来の報告では、脳動脈瘤クリッピング術後の穿通枝を含む血管閉塞の合併症は4-12%で報告されてきた¹⁾⁵⁾⁸⁾¹¹⁾¹³⁾。近年では、内視鏡³⁾⁷⁾やICG²⁾⁴⁾¹²⁾が頻用され、機能モニタリングとしてmotor

evoked potential(MEP)モニタリング¹³⁾¹⁴⁾が日常的に行われるようになり、穿通枝の確認と温存に大きく寄与していると思われる⁶⁾。

その一方で、穿通枝の干渉を回避する具体的方法の報告は少ない。Kodamaらは動脈瘤と周囲血管の間にオキシセルロース(オキシセル[®])を挿入して、クリッピング操作における周囲動脈の温存を試みている⁹⁾¹⁰⁾。

しかし、生体吸収素材であるオキシセルロース(オキシセル[®]、サージセル[®])やゼラチンスポンジ(ゼルフォーム[®]、スポンゼル[®]など)は、ある程度の嵩がある。自身の使用経験では、動脈瘤と穿通枝間の非常に狭いスペースに、術者の意図するように挿入することは必ずしも容易ではなく、深部でのコントロールは困難である。また、その大きさに加えかつ不透透であることから、動脈瘤と穿通枝間に挿入できても、そのスペースは挿入物で占拠され、背後の穿通枝などの重要構造物の確認が不可能となる。実際、Kodamaらはクリップブレードでオキシセル[®]を奥に押し込むことでクリッピングを行っている⁹⁾¹⁰⁾。同報告でも指摘されているように、生体吸収性とはいえブレードによる挿入物の巻き込みにも注意が必要となってくる。

一方、ポリグラクチンメッシュは生体吸収素材であり、0.1 mm厚と薄く、wovenタイプのもものではやや硬性があり、毛羽立ちもほとんどない。そのため、これまでの使用経験では、脳や神経への固着をほとんどきたさないため、挿入操作がしやすく、かつ抜去もしやすい。また、通常の綿片や他の生体吸収素材(オキシセルロース、ゼラチンスポンジ)はある程度の嵩があり、むしろその嵩を利用して、前述のようにクリップ挿入スペースを確保し、その素材を押し込むことによって穿通枝の干渉回避する報告もみられる⁹⁾¹⁰⁾。しかし、本法では親血管や動脈瘤とそれらに近接する穿通枝との間に境界をつくるイメージであり、その素材によってスペースを占拠するものではなく、クリップとの干渉も少なく、巻き込みにくい。ひとたび親血管を穿通枝から分離し、同メッシュを敷いておけば、必要時に即座に親血管を遮断し、血流コントロールが可能となる。動脈瘤クリッピングにおいては、穿通枝を含めた周囲重要構造物から動脈瘤を孤立できれば、クリッピングはきわめて安全かつ容易になる。また、動脈瘤背面に同メッシュを敷いた場合には、穿通枝回避のみならず、クリップ進入深度の指標となる。さらに、実際に使用してみるとわかるが、クリッピング操作時においてメッシュが動脈瘤に対してカウンターの役割を果たすため、クリップ挿入方向に動脈瘤が押し込まれずクリップアプライも容易となる(Fig. 1C)。

脳動脈瘤周囲の操作において、動脈瘤と穿通枝の剥離は可能であっても、2つのクリップブレードをコントロール

しながら、複数の穿通枝を回避し、さらに動脈瘤背側の穿通枝や脳神経などに干渉しないようにすること、かつ完全閉塞が得られるようにブレード位置を調整すること、すなわちこれらの多次元的操作を同時に成し得ることは、決して容易な作業ではない。特に経験の浅い若手術者では、至難の業となり得る。しかし、動脈瘤の一侧を展開して、穿通枝を視認し、そこに薄いメッシュを配していく一元的作業は、それに比べてはるかに容易である。この作業を繰り返し、動脈瘤を孤立させ、クリッピングにふさわしい環境を整えると、複雑なクリッピングが単純化され、クリッピングが安全かつ容易となる。さらに、副次的効果として、動脈瘤背側にメッシュを敷いた場合には、クリップの進入方向に対して、同メッシュにより動脈瘤にカウンターがかかるため、クリップアプライが容易となる (Fig. 1C)。

教育的観点からも、指導医の管轄のもと経験の浅い術者に施行させる場合、親血管をはじめ動脈瘤周囲の要所に順次ポリグラクチンメッシュを敷かせることにより、安全性を担保でき、最終クリッピングまで完遂させることが可能となる。本シリーズでも指導医のもと専門医取得前後の若手医師が術者となったうち、87%でクリッピングの完遂が可能であった。

穿通枝障害の回避には、クリッピング操作以外にも術野の展開・確保や動脈瘤と穿通枝との剝離操作など適切な複数の操作が重要であるが、ポリグラクチンメッシュを用いることで、親動脈確保、穿通枝回避、クリップアプライ操作の一助となり、安全かつ簡便に施行できる。教育的観点からも安全性を確保し、指導医のもとで若手術者にクリッピングを完遂させ得る。脳動脈瘤クリッピング術における穿通枝の温存において、有用かつ簡便な手技と実感している。

結 論

生体吸収素材であるポリグラクチン 910 メッシュは、脳・血管に癒着せず、非常に薄く、自在にサイズを設定できる。親動脈確保、穿通枝回避、クリップアプライが安全かつ簡便に施行でき、教育的観点からも指導医のもとで若手術者にクリッピングを完遂させ得る。脳動脈瘤クリッピング術における穿通枝の温存において、有用かつ簡便な手技と実感している。

著者全員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。本論文の発表に関して開示すべき COI はありません。

文 献

- 1) Allcock JM, Drake CG: Postoperative Angiography in Cases of Ruptured Intracranial Aneurysm. *J Neurosurg* 20: 752-759, 1963
- 2) Dashti R, Laakso A, Niemelä M, *et al*: Microscope-integrated near-infrared indocyanine green videoangiography during surgery of intracranial aneurysms: the Helsinki experience. *Surg Neurol* 71: 543-550, 2009
- 3) Fischer G, Oertel J, Perneczky A: Endoscopy in aneurysm surgery. *Neurosurgery* 70 (2 Suppl Operative): 184-190, 2012
- 4) Fischer G, Stadie A, Oertel JM: Near-infrared indocyanine green videoangiography versus microvascular Doppler sonography in aneurysm surgery. *Acta Neurochir* (Wien) 152: 1519-1525, 2010
- 5) Friedman WA, Kaplan BL, Day AL, *et al*: Evoked potential monitoring during aneurysm operation: observations after fifty cases. *Neurosurgery* 20: 678-687, 1987
- 6) 片岡大治, 森田健一, 丸山大輔, ほか: 穿通枝温存の観点からみた脳動脈瘤クリッピング術の手術手技. *脳卒中の外科* 42: 157-163, 2014
- 7) 木内博之, 溝井和夫: 神経内視鏡支援による脳動脈瘤手術. *No Shinkei Geka* 32: 1117-1130, 2004
- 8) Kivisaari RP, Porras M, Ohman J, *et al*: Routine cerebral angiography after surgery for saccular aneurysms: is it worth it? *Neurosurgery* 55: 1015-1024, 2004
- 9) Kodama N, Matsumoto M, Sasaki T: Preservation of the arteries around an aneurysm: practical use of oxycellulose. Technical note. *J Neurosurg* 83: 748-749, 1995
- 10) 児玉南海雄, 松本正人, 佐々木達也, ほか: 脳動脈瘤周囲の動脈温存の工夫—Oxycel® の利用法について. *脳卒中の外科* 19: 585-589, 1991
- 11) Macdonald RL, Wallace MC, Kestle JR: Role of angiography following aneurysm surgery. *J Neurosurg* 79: 826-832, 1993
- 12) Raabe A, Beck J, Gerlach R, *et al*: Near-infrared indocyanine green video angiography: a new method for intraoperative assessment of vascular flow. *Neurosurgery* 52: 132-139, 2003
- 13) Sasaki T, Kodama N, Matsumoto M, *et al*: Blood flow disturbance in perforating arteries attributable to aneurysm surgery. *J Neurosurg* 107: 60-67, 2007
- 14) Suzuki K, Kodama N, Sasaki T, *et al*: Intraoperative monitoring of blood flow insufficiency in the anterior choroidal artery during aneurysm surgery. *J Neurosurg* 98: 507-514, 2003
- 15) Yasui N, Nathal E, Fujiwara H, *et al*: The basal interhemispheric approach for acute anterior communicating aneurysms. *Acta Neurochir* (Wien) 118: 91-97, 1992