バスキュラーアクセス再狭窄病変に対する 経皮経管的血管形成術前後の光干渉断層法所見

堀田 祐紀

心臓血管センター金沢循環器病院循環器内科

キーワード：バスキュラーアクセス再狭窄病変，経皮経管的血管形成術治療（PTA），光干渉断層法（OCT）
〈要旨〉

バスキュラーアクセス（vascular access：VA）病変に対する経皮経管的血管形成術（percutaneous transluminal angioplasty：PTA）は第一選択の治療法として普及しているが，慢性期の高い再狭窄率が問題である．再狭窄機序として，バルーン拡張後に生じる内膜・中膜などの亀裂あるいは剝離に対して，損傷血管修復のため平滑筋細胞活性化などの内膜増殖により再狭窄が生じる．したがって拡張後の内膜損傷軽減が重要であり，内膜性状評価の可能な光干渉断層法（optical coherence tomography：OCT）を用いて各種バルーン拡張前後の評価を行った．Non-compliant balloon および semi-compliant balloon での短時間加圧では，拡張後に内膜解離などの大きな内膜損傷を認めた．これに対して non-compliant balloon および scoring balloon（Cutting balloon・NSE balloon・AngioSculpt balloon）による低圧からの徐々な加圧では，拡張後の内膜損傷は比較的軽微であった．VA 再狭窄病変に対する PTA 後の内膜損傷評価に，OCT 画像は有用であると考えられた．

The findings of optical coherence tomography before and after percutaneous transluminal angioplasty for vascular access restenosis lesions

Yuki Horita

Department of Cardiology, Kanazawa Cardiovascular Hospital

Keywords：restenosis of arteriovenous fistula, percutaneous transluminal angioplasty (PTA), optical coherence tomography (OCT)

〈Abstract〉

Percutaneous transluminal angioplasty (PTA) for blood flow disturbances in arteriovenous fistulas has become a widely accepted technique and has been recommended as the first-line treatment for maintaining vascular access (VA), but the increased restenosis rate seen after balloon angioplasty remains a problem. Target lesion restenosis after PTA is mainly caused by neointimal proliferation associated with the repair of the injured intima and media. We studied optical coherence tomography (OCT) images obtained before and after PTA for restenosis lesions using non-compliant balloons, semi-compliant balloons, and scoring balloons, such as the Cutting balloon, NSE balloon, and AngioSculpt balloon. The OCT images showed large dissection lesions and a lot of intimal damage after PTA was performed using non-compliant or semi-compliant balloon, which are inflated rapidly. However, less intimal damage was caused by the non-compliant balloon, Cutting balloon, NSE balloon, and AngioSculpt balloon, which are inflated slowly at a minimal inflation pressure. The findings of OCT are useful for evaluating intimal damage after PTA for restenotic VA lesions.

緒 言

バスキュラーアクセス（vascular access：VA）狭窄あるいは閉塞に対する経皮経管的血管形成術（percutaneous transluminal angioplasty：PTA）は第一選択の治療法として普及しているが¹⁻⁷⁾，PTA の 1 年開存率は 31～91%と報告⁸⁻¹⁰⁾され高い再狭窄が問題である．PTA での VA 病変の拡張機序は，(1) バルーン拡張による血管自体の伸展，(2) バルーンによる肥厚した内膜の圧排・圧縮，(3) バルーンによる内膜・中膜・平滑筋層の亀裂および剥離である^{11,12)}．血管壁に亀裂が生じれば，損傷血管の修復のため平滑筋細胞の活性化などの内膜増殖が生じ再狭窄が惹起される．したがって，バルーン拡張により生じる血管内膜損傷を軽減することで，内膜増殖を抑制し再狭窄を軽減し得る可能性がある．われわれは各種バルーン拡張後の内膜損傷を光干渉断層法（optical coherence tomography：OCT）を用いて評価したので報告する¹³⁻¹⁵⁾．

I．対象および方法

VA 血流不全で PTA を施行した再狭窄病変（8 症例 9 病変：静脈再狭窄 6 病変，ステント内再狭窄 3 病変）を対象とした．各症例の透析歴，基礎疾患，過去の各々の病変に対する PTA 回数，対照血管径，使用バルーンおよび PTA 後の開存期間を表 1 に提示した．

PTA および OCT 撮像方法は，6F シースを挿入しヘパリン 3,000 単位を注入した後にイオバミロン 300[®]を用いて造影を行った．この後に 0.014 インチのガイドワイヤーで病変部を通過し，OCT カテーテル（Dragonfly OptisTM，St. Jude Medical 社製）を挿入した．シースから造影剤 6～10 mL を注入することで病変部を造影剤で充満し血球成分を除去した状態で，OCT カテーテル 20 mm/秒の pull-back を行い画像収集した．この後に PTA を施行し，狭窄部拡張後の血管造影画像と OCT 画像を再度収集した．病変長の長い病変では，バルーン拡張後の最も内膜損傷の高度な部分での拡張前後 OCT 画像を提示した．バルーン径の選択は対照血管径と同等あるいはそれ以下の径を選択した．

表 1 Patient, lesion characteristics and PTA balloon

Case Lesion	Age (y. o.)	Sex	HD duration (years)	Disease	Target lesion	PTA history (times)	RD (mm)	MLD (mm)	Balloon size (mm)	Max. inflation pressure (atm.)	Patent periods after PTA (months)
Case 1 Lesion A	64	F	2	DN	Restenosis in native vein	6	5.91	0.95	CONQUEST (6 mm)	20	2.5
Case 1 Lesion B	64	F	2	DN	Restenosis in stent	4	5.78	1.21	CONQUEST (6 mm)	20	2.5
Case 2 Lesion C	62	M	9	DN	Restenosis in stent	4	4.41	0.70	Slalom-thrill (4 mm)	12	4.0
Case 3 Lesion D	74	M	35	CGN	Restenosis in native vein	4	4.63	0.98	DORADO (5 mm)	14	1.0 No flow-disturbance
Case 4 Lesion E	78	F	11	NS	Restenosis in native vein	3	6.02	1.34	Cutting (4 mm)	12	9.3
Case 5 Lesion F	72	M	9	DN	Restenosis in stent	3	5.70	1.19	Cutting (4 mm)	12	4.0
Case 6 Lesion G	71	M	11	CGN	Restenosis in native vein	2	5.18	1.38	NSE-balloon (6 mm)	16	7.5
Case 7 Lesion H	64	M	20	DN	Restenosis in native vein	1	4.70	1.28	AngioSculpt (4 mm)	4	36.0 No flow-disturbance
Case 8 Lesion I	71	F	13	DN	Restenosis in native vein	2	6.01	1.84	AngioSculpt (6 mm)	14	25.0 No flow-disturbance

F：female，M：male，DN：diabetic nephropathy，CGN：chronic glomerulonephritis，NS：nephrosclerosis，RD：reference diameter，MLD：minimum lumen diameter

図 1 Angiographic and OCT findings before and after dilatation by non-compliant and semi-compliant balloon with “Rapid inflation”.

Lesion A : Recurrent restenosis lesion of native AVF. Multiple dissections and incomplete dilatation were presented after PTA.

Lesions B & C : Recurrent restenosis of in-stent. Large dissection and deep incisions were presented after PTA.

症例 1-Lesion A, B および 2-Lesion C は, non-compliant balloon および semi-compliant balloon を用いて 30 秒程度で balloon indentation 解除圧まで加圧を行う拡張方法 (rapid-inflation) を行った. 他の症例はバルーン拡張を 2 気圧 30 秒から開始し, balloon indentation が消失するまで 1 気圧/30 秒の徐々な加圧を行い, balloon indentation が解除された圧で 120~180 秒間維持する単回拡張を行った (slow-inflation).

本臨床研究は, 心臓血管センター金沢循環器病院倫理審査委員会 (16000023) の承認を得て行い, 患者に説明後にその承諾内容をカルテに記載した.

II. 各種バルーンによる VA 狭窄拡張前後の OCT 所見

1. Non-compliant balloon の rapid-inflation (図 1-Lesion A, B)

左前腕部 arteriovenous fistula (AVF) で上腕部機

側皮静脈閉塞病変に PTA が施行され, 静脈解離修復のため自己拡張型ステントが留置されている. ステント遠位部の静脈再狭窄 (図 1-Lesion A) およびステント内再狭窄 (図 1-Lesion B) を認めた. 拡張前 OCT 画像では, 繰り返す PTA による内膜増殖を反映した年輪様内膜構造を認め, ステント内再狭窄部位では増殖内膜に侵入した微小血管を確認できる (図 1-Lesion B-(V)). 両病変ともに 6 mm 径の non-compliant balloon (CONQUEST, Medicon 社) にて rapid-inflation を行い 20 気圧拡張にて balloon indentation が解除された. 拡張後 OCT 画像では, 静脈部位は不規則拡張で大きな内膜損傷が確認され, ステント内病変でも大きな内膜剥離および解離を認めた (図 1 右). 本例は 2.5 か月で再狭窄を認めた.

2. Semi-compliant balloon の rapid-inflation (図 1-Lesion C)

右前腕 AVF で上腕部の尺側皮静脈に自己拡張型ステントが留置されたが, ステント内再狭窄を繰り返し

図 2 Angiographic and OCT findings before and after dilatation by non-compliant balloon and cutting balloon with “Slow inflation”.

Multiple incisions by scoring elements and cutting blade were revealed, but large dissection was not presented in Lesions D, E and F.

再度 PTA となった。OCT 画像では全周性びまん性の内膜肥厚を認め、4 mm 径 semi-compliant balloon (Slalom-thrill, Cordis 社) にて rapid-inflation を行った。Balloon indentation は 12 気圧で解除され、OCT 画像では内膜の不規則拡張および解離を伴う高度の内膜損傷が確認された。

3. Non-compliant balloon の slow-inflation (図 2-Lesion D)

左前腕 AVF の繰り返す再狭窄病変で、non-compliant balloon (DORADO, Medicon 社) を用いて slow-inflation を行った。14 気圧拡張後の OCT 画像では、数箇所内膜の小解離を認めるも損傷程度は比較的軽度であった。

4. Cutting balloon の slow-inflation (図 2-Lesion E, F)

図 2-Lesion E は右前腕部 AVF であり、上腕部橈側皮静脈の再狭窄に対して PTA を施行した。4 mm 径 Cutting balloon (Boston Scientific Japan 社) にて slow-inflation を行った。2 箇所 cutting blade によ

る切痕を認め、切痕の深い部位からは 45 度程度の浅い内膜解離を認めているが、他の部位での内膜損傷は認めなかった。本例は PTA から 9.3 か月間の血流維持が可能であった。

また図 2-Lesion F の症例は右上腕部橈側皮静脈に自己拡張型ステントが留置されている再狭窄病変である。4 mm 径 Cutting balloon の slow-inflation で 12 気圧拡張を行った。Cutting blade により生じた深い切痕を認めているが解離所見は認めず、他の部位の内膜損傷は認めなかった。

5. NSE balloon の slow-inflation (図 3-Lesion G)

図 3-Lesion G 症例は左肘部分での AVF であり、cephalic arch 部位での再狭窄病変である。NSE balloon により slow-inflation を行い、balloon indentation が解除された 16 気圧で 120 秒間維持の拡張を行った。拡張後 OCT 画像では 5 時方向の切痕から始まる内膜解離が認められた。本例は 7.5 か月後に再狭窄を認めた。

図 3 Angiographic and OCT findings before and after dilatation by NSE balloon and AngioSculpt balloon with "Slow inflation".

Dissection was presented at one portion, but other intimal damages were little in Lesion-G.

Small incisions by scoring elements and a little intimal damages were presented in Lesion-H and I.

6. AngioSculpt balloon の slow-inflation(図 3-Lesion H, I)

図 3-Lesion H 症例は吻合部近傍静脈の再狭窄病変で、拡張前 OCT 画像では年輪様内膜肥厚および微小血管が観察された。4 mm 径 AngioSculpt balloon で slow-inflation を行い、4 気圧で 120 秒間の単回拡張を行った。拡張後の OCT 画像では scoring element によるわずかな浅い切痕を認めるが内膜損傷は軽微であった。また図 3-Lesion I の症例は 6 mm 径 AngioSculpt balloon の slow-inflation にて 14 気圧拡張を行った。14 気圧の比較的高圧拡張を行ったが OCT 画像では scoring element による小切痕を認めるも内膜損傷は軽微であった。いずれの症例も長期間の血流維持が可能であった。

Ⅲ. 考 察

VA 病変に対する PTA では高い再狭窄率が大きな問題であり、高耐圧バルーンでの完全拡張、長時間拡張、低圧頻回拡張、Cutting balloon 拡張などさまざま

な報告が散見されるが、いまだ有効な手段は確立されていない¹⁶⁻²³⁾。今回われわれは、内膜損傷を詳細に評価し得る OCT により再狭窄病変に対する各種バルーン拡張前後の評価を行った¹³⁾。VA 病変を OCT で観察した報告は、われわれの報告のみである^{14,15)}。拡張前の OCT 画像では、過去の PTA を反映した層状の年輪様内膜肥厚を認め、また新生内膜内に侵入した微小血管が確認された。

Non-compliant balloon あるいは semi-compliant balloon での比較的早い加圧での病変拡張は、拡張後に大きな内膜解離・剥離、不規則拡張を認め、高度の内膜損傷を認めた。一方、non-compliant balloon, Cutting balloon, NSE balloon および AngioSculpt balloon による低圧からの 1 気圧/30 秒の徐々な加圧では、拡張後の内膜損傷は比較的軽微であった。また、Cutting balloon, NSE balloon, AngioSculpt balloon では scoring element による切痕を認め、深い切痕を認める部位では切痕部から始まる内膜解離が確認された。AngioSculpt にて拡張した病変は長期の開存が得られたが、いずれも初回および 2 回目の再狭窄病変であり、

他の病変に比べて再狭窄回数が少なく、このことが長期開存が得られた一因とも考えられる。

VA の繰り返す再狭窄病変に対して、病変拡張前後の内膜損傷を OCT を用いて観察した。OCT 画像は、PTA 前後の血管内膜の状態を観察するのに優れていた。今回の結果からは、低圧からの徐々な拡張が内膜損傷を軽減する可能性が示唆されたが、さらなる検討が必要である。今後は初回 PTA 症例を含め多数例での詳細な検討を要すると考えられる。

文献

- 1) 大平整爾, 阿部憲司. 二次的シャント作成法とその限界. 臨牀透析 1993; 9: 1173-81.
- 2) 日本透析医学会. 慢性血液透析用バスキュラーアクセスの作製および修復に関するガイドライン. 透析会誌 2005; 38: 1491-551.
- 3) 佐藤隆, 古賀伸彦. 経皮的血管形成術 (PTA) によるシャント狭窄部拡張法. 臨牀透析 1993; 9: 1197-202.
- 4) Gaux JC, Bourqueler P, Raynaud A, Seurot M, Cattani S. Percutaneous transluminal angioplasty of stenotic lesions in dialysis vascular accesses. Eur J Radiol 1983; 3: 189-93.
- 5) Spinowitz BS, Carsen G, Meisell R, Charytan C. Percutaneous transluminal dilatation for vascular access. Nephron 1983; 35: 201-4.
- 6) 天野泉. プラッドアクセス合併症に対するインターベンション治療. 臨牀透析 1997; 13: 1021-8.
- 7) 佐藤隆, 姜景智, 福成健一, 古賀伸彦. プラッドアクセス合併症に対する Interventional Therapy. 臨牀透析 2003; 19: 999-1007.
- 8) Windus DW. Permanent vascular access: a nephrologist's view. Am J Kidney Dis 1993; 21: 457-71.
- 9) Glanz S, Gordon DH, Butt KM, Hong J, Lipkowitz GS. The role of percutaneous angioplasty in the management of chronic hemodialysis fistulas. Ann Surg 1987; 206: 777-81.
- 10) Gmelin E, Winterhoff R, Rinast E. Insufficient hemodialysis access fistulas: late results of treatment with percutaneous balloon angioplasty. Radiology 1989; 171: 657-60.
- 11) 幾高敏晴, 石黒源之, 藤吉晃彰, 他. shunt 狭窄用 PTA バルーンカテーテルの開発. 臨牀透析 1994; 109: 1729-33.
- 12) 中里和彦. PTCA 後再狭窄のメカニズム. アクセス 2009. 腎と透析 2009; 66: 19-20.
- 13) 亀山剛義, 猪野靖, 久保隆史, 赤坂隆史. 冠動脈イメージングの進歩. 冠疾患誌 2016; 22: 39-44.
- 14) 堀田祐紀, 名村正伸, 池田正寿, 他. VAIVT 前後の Optical coherence tomography (OCT) 画像—内膜損傷を OCT から評価する—. 腎と透析アクセス 2011; 7: 147-52.
- 15) 堀田祐紀. IVUS, OCT を用いた VA 形態評価. 腎と透析 2014; 76: 177-201.
- 16) 井上浩伸, 副島一晃, 木村亜由美, 他. 頻回再発例における拡張時間が与える PTA の治療効果. アクセス 2013. 腎と透析 2013; 74: 46-8.
- 17) 村上雅章, 川口佑, 渡邊沙也花, 他. Under size balloon による PTA の試み. アクセス 2010. 腎と透析 2010; 69: 210-2.
- 18) 川合徹, 山内崇宏, 山下秀樹, 土井盛博. Conventional balloon による VAIVT で 6 ヶ月開存しない症例に対する peripheral cutting balloon の効果. アクセス 2014. 腎と透析 2014; 77: 208-10.
- 19) Wu CC, Lin MC, Pu SY, Tsai KC, Wen SC. Comparison of cutting balloon versus high-pressure balloon angioplasty for resistant venous stenosis of native hemodialysis fistulas. J Vasc Interv Radiol 2008; 19: 877-83.
- 20) Bhat R, McBride K, Chakraverty S, Vikram R, Severn A. Primary cutting balloon angioplasty for treatment of venous stenosis in native hemodialysis fistulas: long-term results from three centers. Cardiovasc Intervent Radiol 2007; 30: 1166-70.
- 21) 池田潔. 再狭窄を防ぐ PTA のテクニック. アクセス 2009. 腎と透析 2009; 66: 16-8.
- 22) 堀田祐紀, 田口富雄, 伊藤秀樹, 斎藤靖人, 坂本和英, 石川勲. シャント狭窄の PTA に際し Parallel wire technique が有用であった 2 症例. 透析会誌 1998; 31: 1031-7.
- 23) 山谷秀喜, 堀田祐紀, 中澤哲也, 田口富雄, 斎藤靖人, 石川勲. 内シャント狭窄に対する parallel wire technique の有用性についての検討. 透析会誌 2000; 33: 127-31.