

4 OFDI ガイドステント植え込み

1. OFDI ガイドステント植え込み術

IVUS ガイドステント植え込み術は、すでに確立された方法として広く行われている。ステント植え込み前に IVUS で病変評価を行い、前拡張後にエッジ解離が生じにくいプラークの少ない（半周以下）ランディングポイントを中枢と末梢の 2 カ所選択する。その 2 点間の距離を測り、ステント長を決める。ステント植え込み後は、エッジ解離の評価と良好なステント拡張が得られるまで、バルーニングと IVUS を繰り返す。最近は IVUS でランディングポイントを決めるため、エッジ解離は非常に稀である。IVUS のメリットは、冠動脈に挿入するだけですぐに画像を得られ、じっくりと見たいところに時間をかけられる点にある。OCT で画像を得るために造影剤のフラッシュを必要としていたため、繰り返しの観察が心苦しかったが、ODFI ではハーフコントラスト造影でスキャンを行い、angiostimulation 機能を使用することで、IVUS と同じようにステントを植え込むことが可能となった。ただ、ODFI はワンショット中に高速プルバックでスキャンをすることで、血球除去がうまくできなければやり直しになる。よって、1 回のフラッシュで安全にきれいな画像を得ることが重要となる。

本項では、通常の 3 連コックを用いた OFDI ガイドステント植え込み術について解説する。

2. OFDI ガイドステント植え込み術の流れ

- ① 治療前にハーフコントラストで病変をスキャンし、画像所見に応じて戦術を立てる (Rota or Filter etc.)。
- ② 前拡張後もハーフコントラストの造影と同時に OFDI のスキャンを行う。
- ③ OFDI でランディングポイントを選択し、angiostimulation 機能を用いて造影での位置を確認する。
病変の長さを測定し、ステントサイズと長さを決める。
- ④ 使用するステントが決定したら、どちらか一方の重要なランディングポイントの 1 点に着目し、ステント端をぴったりと合わせてステントを展開する。
- ⑤ ステント植え込み後は、血圧低下、胸痛、心電図変化がなければすぐに造影を行わず、ODFI を冠動脈内に挿入してからハーフコントラストで造影すると同時に OFDI のスキャンを行う（良好な拡張が得られるまで、IVUS ガイドと同じように追加拡張とスキャンを繰り返す）。
- ⑥ ステント植え込み後はエッジばかりに気をとられないようにし、ステント最小断面積を計測し十分に拡張できているかを評価する。なお、径計測だと細かな変化を捉えにくいので、断面積計測を行う。

実際の症例を元に解説する。

■ OFDI スキャンの準備…ハーフコントラストの作成（図 1）

図 1-1

通常の 3 連コックにルアーロックの付いた一般の 20 mL のシリンジを取り付け、垂直に向けて生食 10 mL を引く。



図 1-2

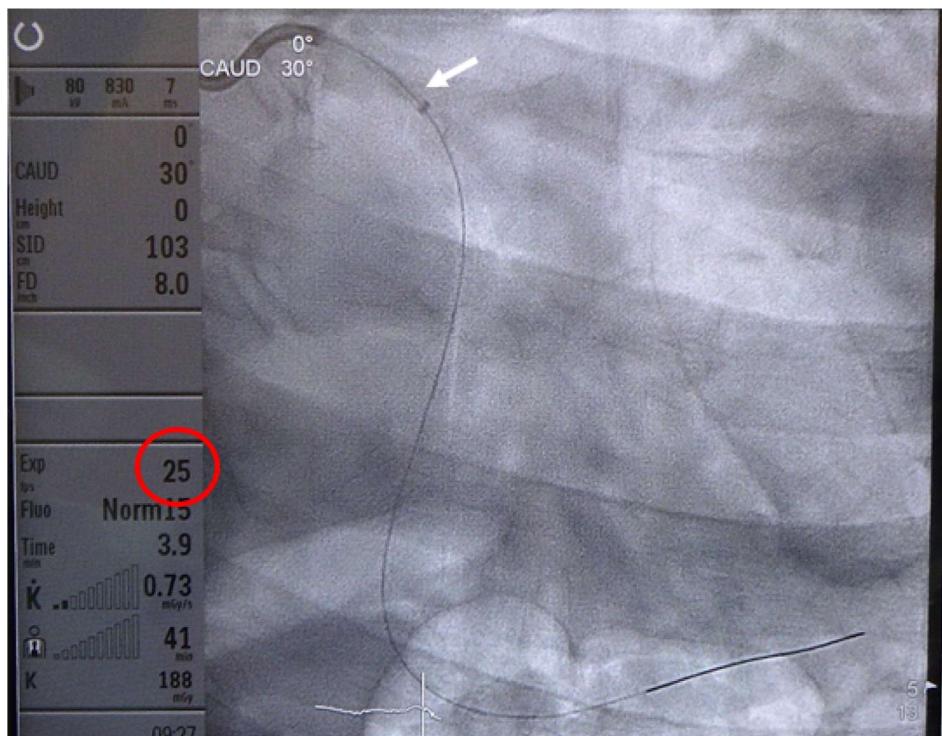
次に造影剤 10 mL を一気に引くことで生食と造影剤が良好に搅拌され、20 mL のハーフコントラストができる。20mL のシリンジは径が太いので乱流がうまくでき、搅拌が良好である。なお、10 mL の径の細いシリンジでは混ざりにくいので、シリンジを外して上下に回して搅拌するとよい。

右図では、合計 20 mL として準備している。



図 1-3

ハーフコントラストのインジェクション前に、ガイディングカテーテルが冠動脈に同軸性を保ってエンゲージしていることを透視で確認する。LCX の場合は GuideLiner 等のエクステンションカテーテルを選択的に挿入すると血球除去効率が良好となる(白矢印)。シネコマ数が 25 あるいは 30 コマ／秒(装置によって異なる)にセットされていることを確認する(赤丸)(注 1)。



～ OFDI ガイドステント植え込み術のちょっとしたコツ～

注 1 :

ブルーバックスピード 40 mm/秒の場合、25 コマの撮影ではシネフレーム 1 コマで OFDI のトランスデューサーは 1.6 mm 移動する。コマ数が 15 であれば 1 コマで 2.66 mm ($40/15 = 2.66$) 移動してしまい、IVUS によるマーキング法と比較し位置の精度が下がってしまう。よって、angiostimulation 同期機能を利用する場合は、シネのコマ数も最大にしておく。

ガイドエクステンションカテーテルを挿入した際に、血管の壁に当たる場合がある。一発勝負と思って強くフラッシュすると冠動脈解離になることがあるので、確認しながらシリジングを押す力を調整する(最初は難しいが、慣れてくるとできるようになる)。

図 1-4

ハーフコントラストを注入する前にルート内の血球除去を行い、ガイディングカテーテル内をハーフコントラストで充填しスキャンの準備を行う。写真のようにYコネクタ部分に血球が残っていると、スキャン開始時にきれいな画像を得にくい。

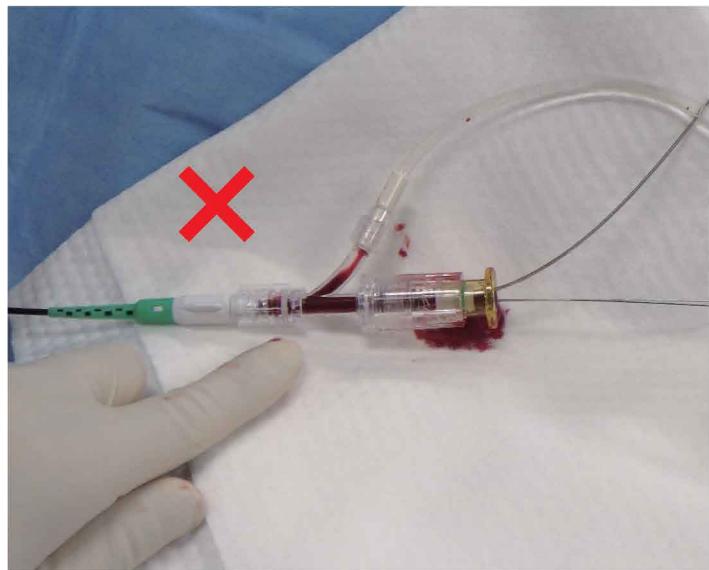
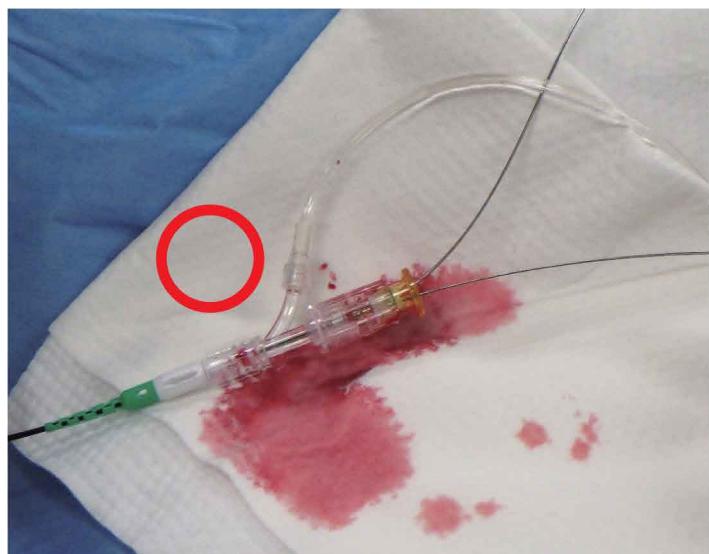


図 1-5

ガイディングカテーテル内にハーフコントラストを充填し、血球を除去した状態で準備する。減ったハーフコントラストは補充し、シリンジ内を 20 mL にしておくと、後で何 mL でフラッシュしたのか分かりやすい。



■ OFDI スキャン開始（図 2）

図 2

ガイドィングカテーテルが冠動脈入口部に同軸性を保ってエンゲージしていること、先端圧がダンピングやウエッジしていないことを確認した後、撮影ペダルを踏みハーフコントラストの入ったシリンジのシャフトを左手で握り（通常のシリンジなので注入圧で膨張するのを防ぐ）、右手で強く注入する。



3. 症例

60歳代 女性,

臨床診断：狭心症

標的病変：LAD #7 (Tandem病変), #8

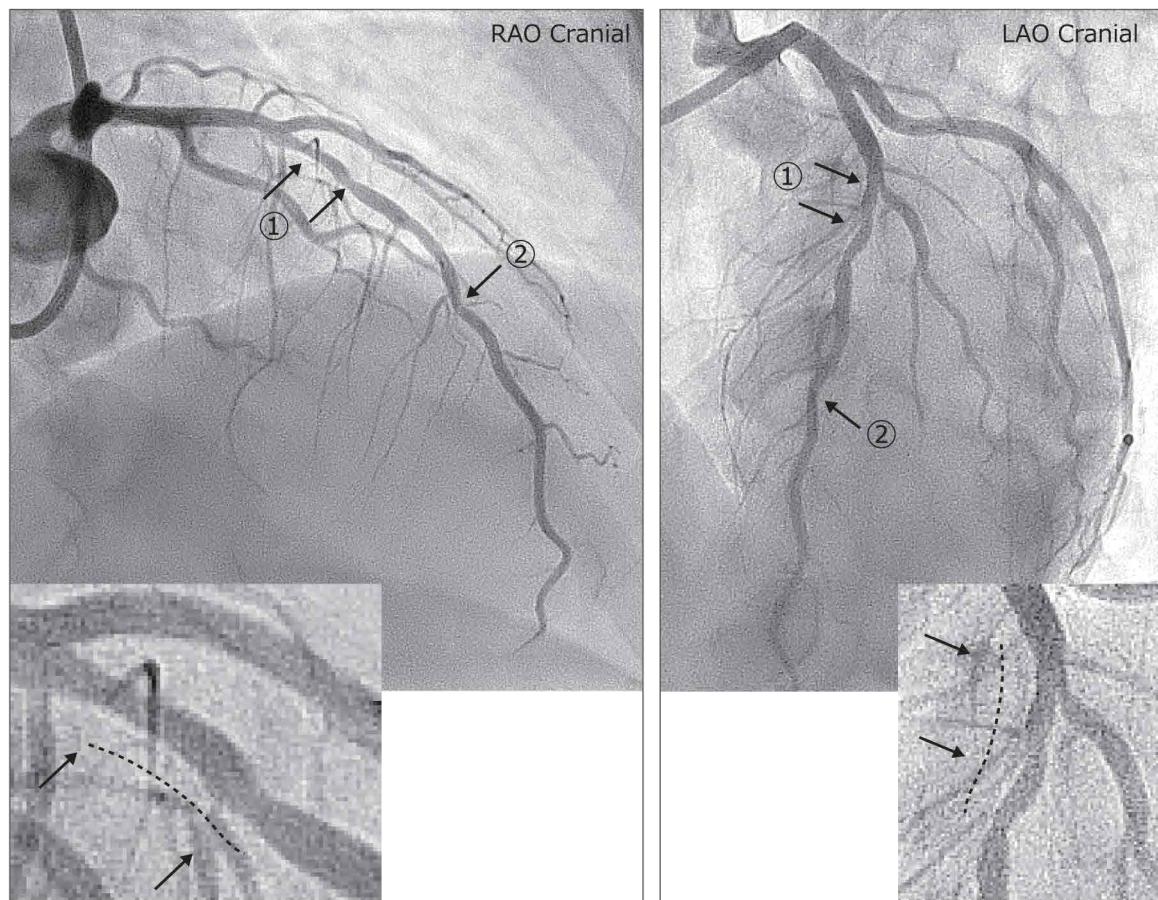
アプローチ部位：右 Radial

7Fr Glide sheath

Guiding catheter : 7Fr SPB 3.5

図3

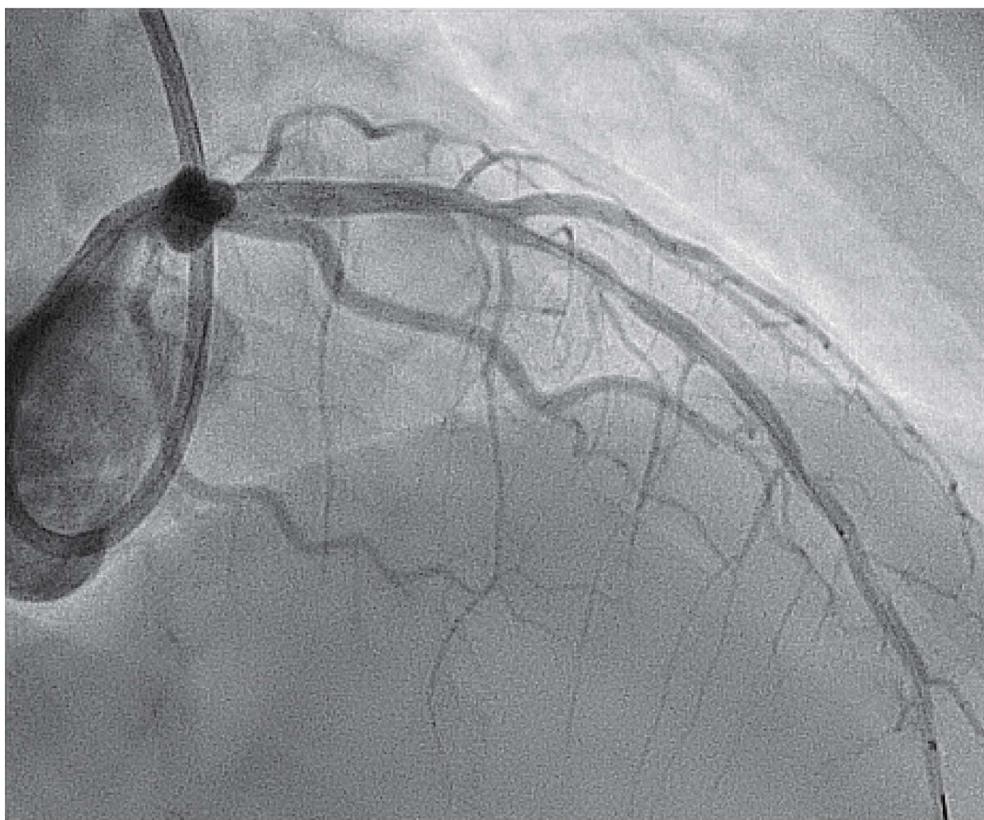
造影上, #7 の Tandem (矢印①) 病変部は中隔枝の分岐している側に石灰化陰影を認めている (点線部)。#8 の病変は偏心性 focal 病変である (矢印②)。



■ ハーフコントラストによる OFDI のスキャン（図 4）

図 4

通常はオートスタートモードで開始する。angiogram 画面を見ながら「強いフラッシュで冠動脈に解離形成していないか」、「注入したハーフコントラストがきちんと washout されているか」といった点に注視し、トランスデューサーがガイディングカテーテル内に入ったところで注入を中止する。トランスデューサーを先端に戻した後（マニュアルでボタンを押して戻す），OFDI カテーテルを冠動脈から抜去する。その後、画像の構築を待って読影を行う。上の画像を見ていただくと分かるが、ハーフコントラスト造影でも冠動脈評価は可能である。なお、本造影ではハーフコントラスト 17 mL で造影している。



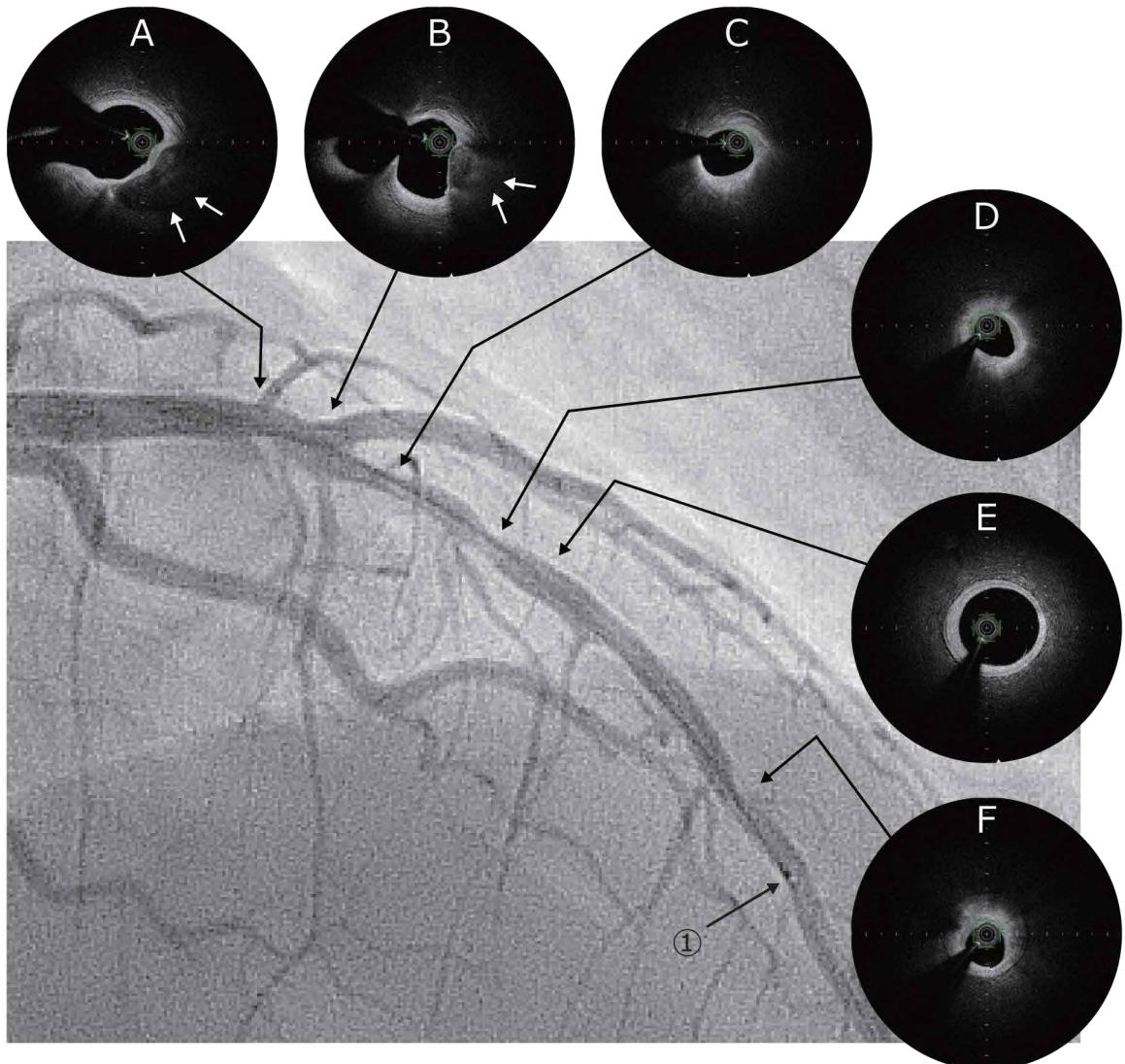
■ 治療前 OFDI イメージ（図 5）

図 5 治療前 OFDI イメージ

ハーフコントラストにすることで、OFDI のトランステューサーを確認できる（矢印①）。OFDI の画像は対角枝を分岐している B の断面を基とし、対角枝を 9 時方向に回し、全て 12 時を心外膜側方向にしている。断面 A, B では、3 時の右室側に偏心性石灰化プラーカーがある（矢印）。

C, D は tandem 病変で、C は石灰化を含んだ脂質プラーカー、D は線維性プラーカーである。E はプラーカーのない正常部である。F は focal な偏心性の線維性プラーカーを 12 時方向に認める。

以上の所見から、A と B では OFDI カテーテルが石灰化プラーカーに接しているため、1.75 mm Burr で Rotablator を行うこととした。



■ Rotablator で ablation (図 6)

図 6-1

Rota support wire に変更し,
Burr 1.75 mm で ablation を施行。
160,000 rpm で行ったが、回転数
は 3,000 rpm の低下にとどまり、
抵抗も少なかった。

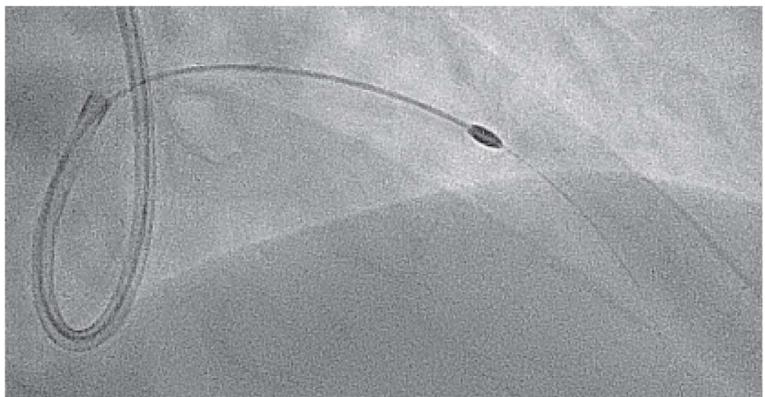
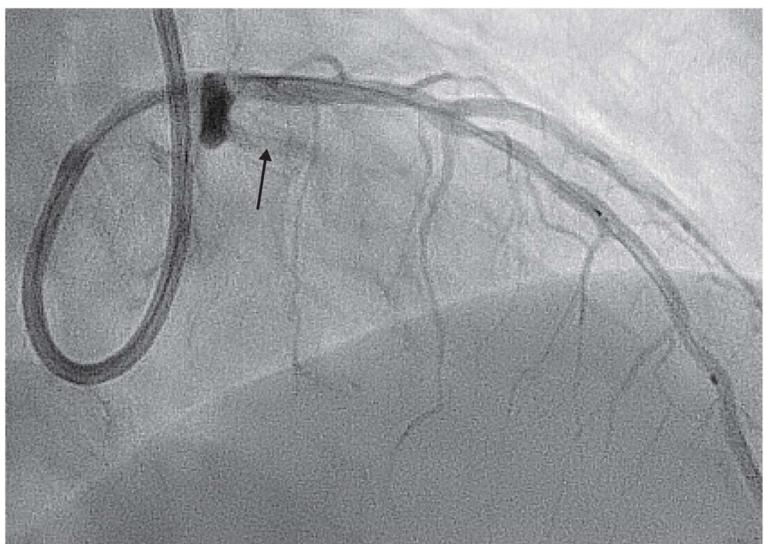


図 6-2

Rotablation 後の OFDI。7Fr
GuideLiner (矢印が先端) を LAD
入口部に導入し、#7 の病変のみを
ハーフコントラスト 8 mL で観察
した (注 2)。



～ OFDI ガイドステント植え込み術のちょっとしたコツ～

注 2 :

7Fr 以上のガイディングカテーテルになると、ハーフコントラスト注入量も増え、血管を全長にわたりフルスキャンしようとすると約 20mL 必要になる。観察したい部位が決まれば、その後は GuideLiner や Guidezilla といったエクステンションカテーテルを用いて標的冠動脈に選択的にハーフコントラストを注入すると、半量以下に削減できる。なお、腎機能障害のあるケースでも有用である。

観察範囲を短くして造影剤投与量を減らす方法として、スキャン開始部から 30 mm 見られれば十分と判断できたら、オートストップを 30 mm に設定しておけば 30 mm スキャン後に自動停止する。その結果、すぐに画像構築に入ることができ、待ち時間を短縮できる。

6Fr ガイディングカテーテル使用時に 6Fr GuideLiner を用いて OFDI 観察することもできるが、抵抗が強くなるため、十分に血球除去できないこともある。その際は造影用の耐圧シリンジを使うが、圧がかかりすぎると解離を作るので注意する。慣れてくると、画像を見ながら注入スピードと量を調節できるようになる。

■ Rotablator 後の OFDI (図 7)

図 7-1

1.75 mm Rotablator 後の OFDI。

図 5-B と同じ OFDI 断面でangiosteam同期機能を用いると、トランステューサーは対角枝分岐部にあり（黒矢印）、OFDI では 9 時方向に対角枝が見える。3 時方向の内皮がごくわずか切削されたのみで、サポートワイヤーを用いたが石灰化プラークは切削できていなかった。

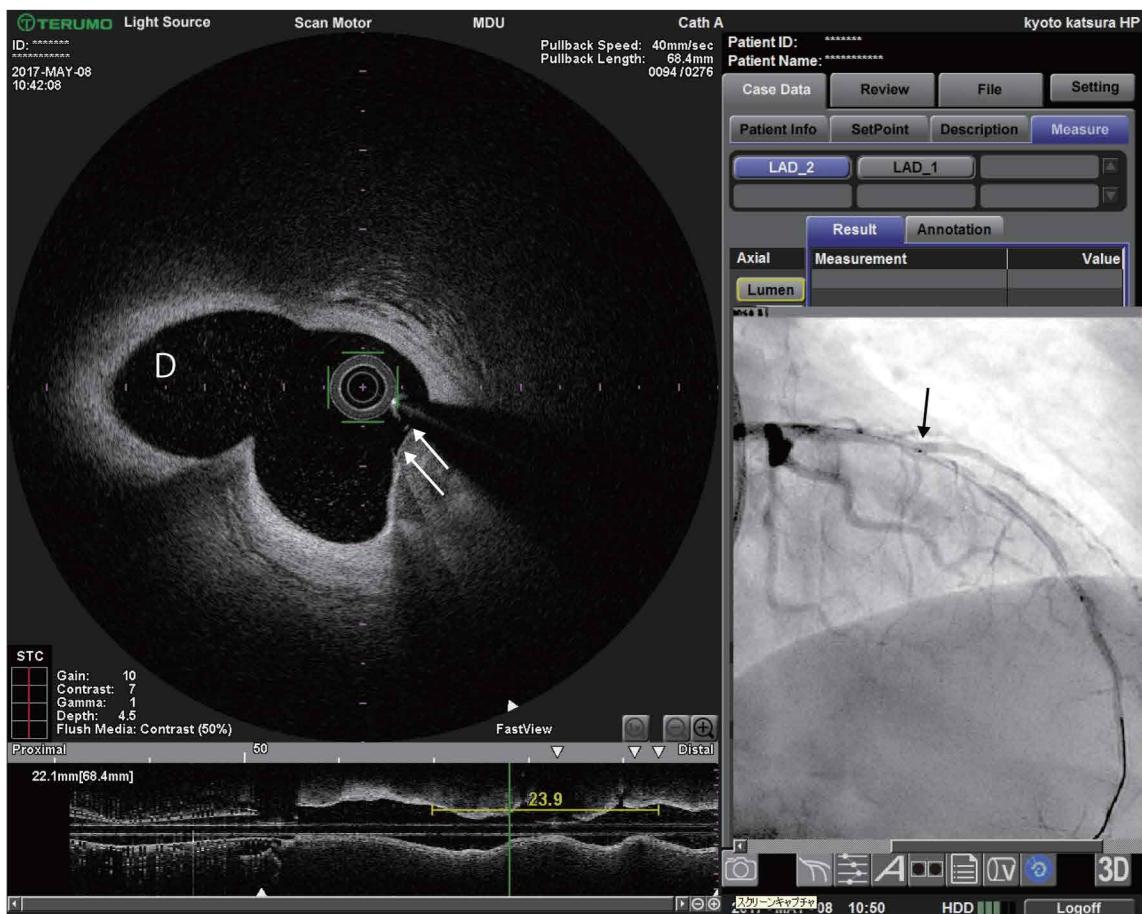


図 7-2

前拡張する前に病変部位の計測を行う。

OFDI画像は矢印のトランステューサーの位置であり、図5-Dの部位である。6～11時方向の線維性ラークが切削されていた。画面に示されている内径 1.61 mm, 血管径 3.13 mm は平均値であり、短径ではないので惑わされないこと。

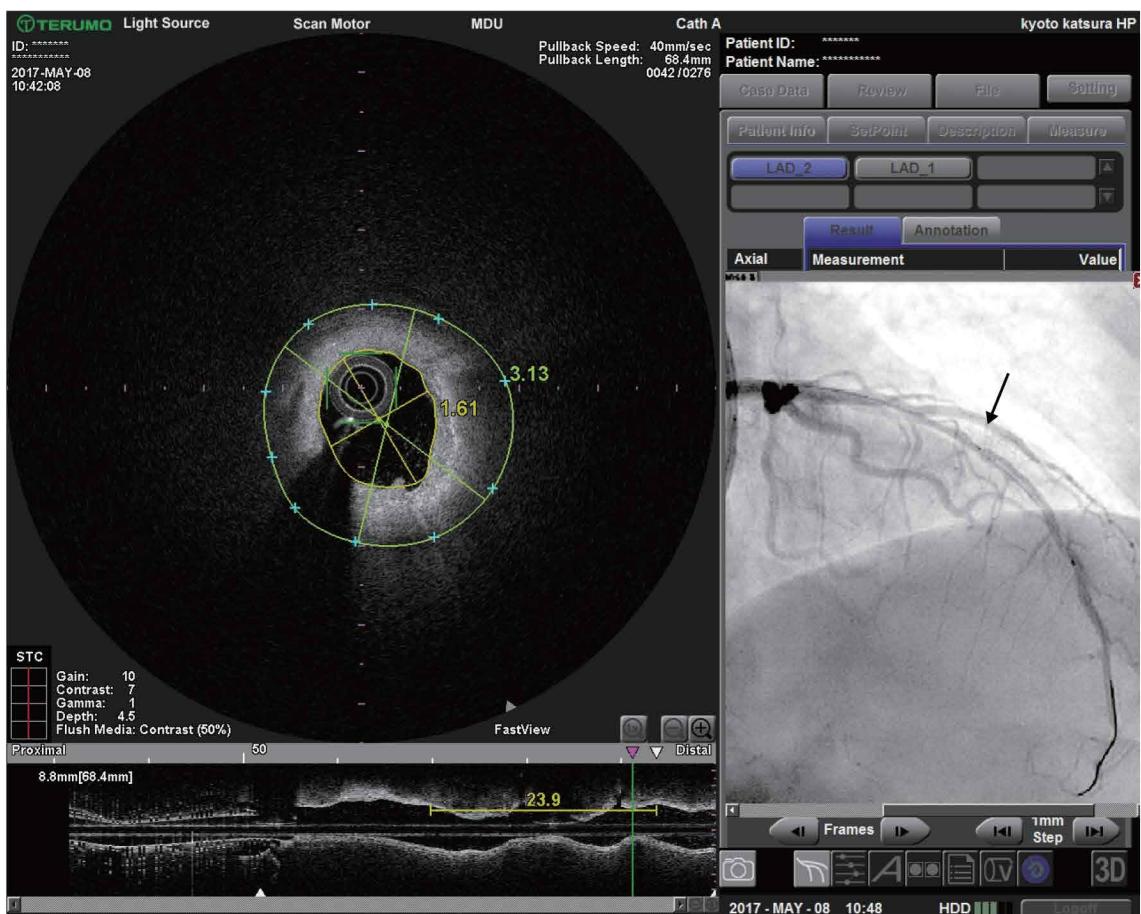


図 7-3

図 5-C の #7 中枢側病変は、内腔平均径 1.72 mm で内腔面積 2.3 mm² であった。

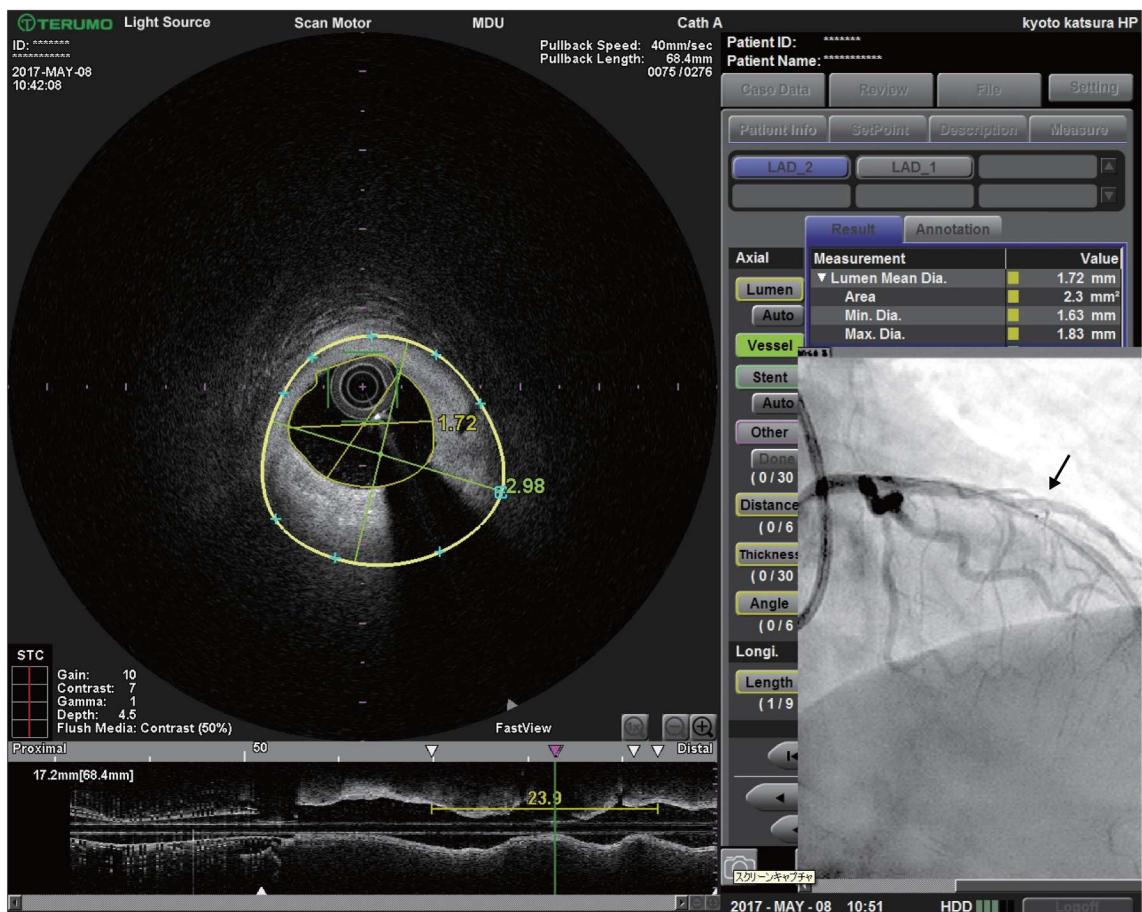
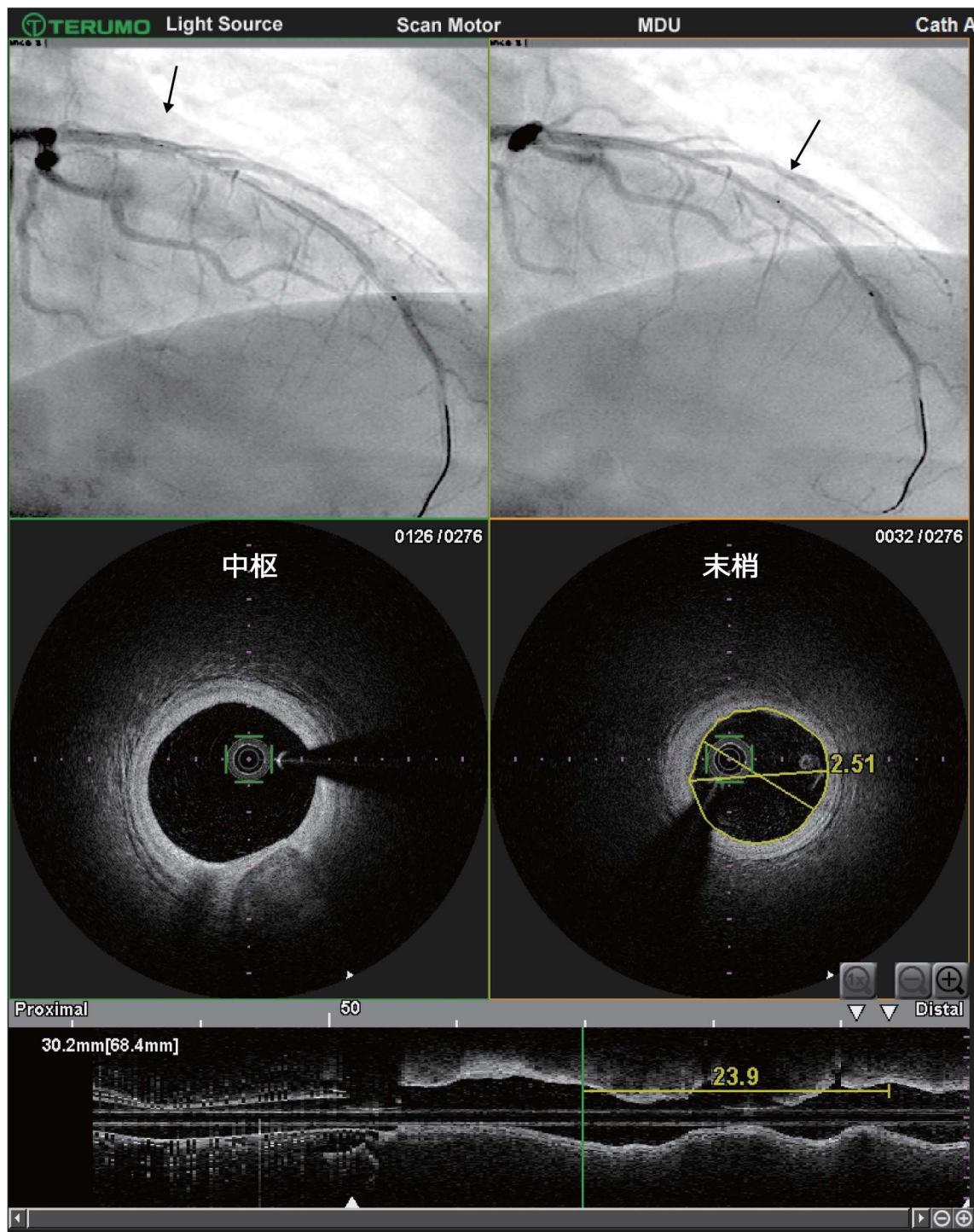


図 7-4

本例ではステンティングを予定しており、中枢と末梢のランディングポイントを選択。当院では OFDI の長軸画像の左側をガイディングカテーテル、右側を末梢とし、血管造影の位置関係と同じになるように配している。中枢のランディングポイントは左側に、末梢のランディングポイントは右側に示すように設定している。

本例の末梢側の健常部位の内腔径は 2.51 mm である。Length ボタンを押すと、2 点間の距離は 23.9 mm と計測された。



■ 前拡張（図 8）

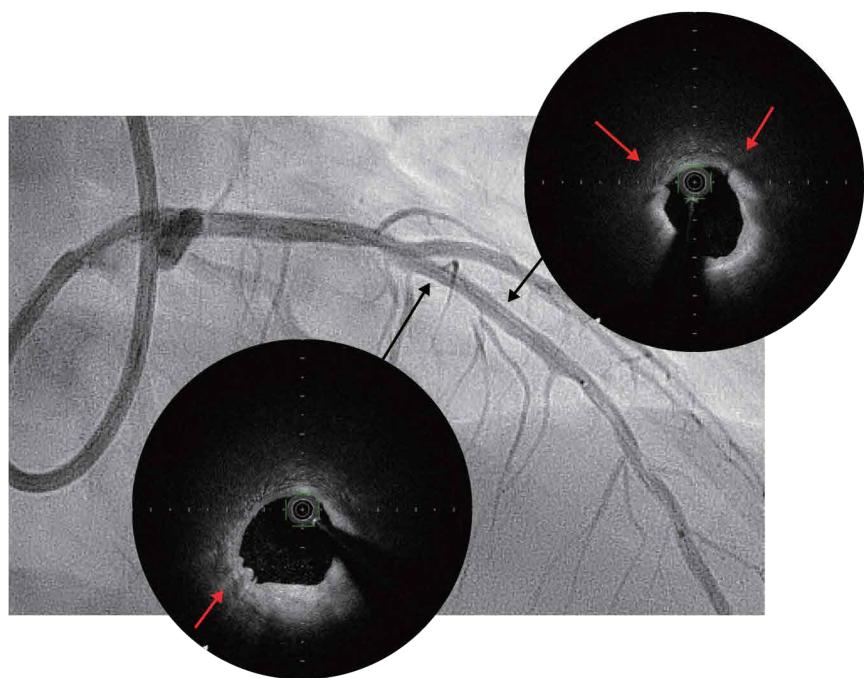
図 8-1

偏心性の石灰化plaqueがあり、末梢側内腔径に合わせて Lacrosse NSE（以下、NSE）2.5 mm, 8気圧で前拡張を行った。バルーンはindentationなく拡張した。



図 8-2

心電図変化や胸部症状の遷延はなかったため、slow flow や perforation はない判断し、OFDI 観察時のハーフコントラスト造影で血管を確認した。バルーンによる拡張後は解離が形成されている可能性があり、思いつきフラッシュせず、十分に映像を見ながらフラッシュ量をコントロールする（注 3）。病変部の OFDI 像は intimal disruption が形成されて拡張している（赤矢印）。



～OVDI ガイドステント植え込みの注意点～

注 3：

PCI 中の造影目的は、冠動脈破裂の有無、slow flow のチェック、ガイディングカテーテルによる解離形成の評価である。インターベンション中はこの 3 点を頻回にチェックしている。造影での確認は非常に重要なことであるが、十分 PCI の経験のある術者ならば、胸痛の有無や心電図変化などから、異常事態が生じているかどうかを推測可能と考える。1 回 1 回の造影による確認を OFDI の観察と組み合わせてハーフコントラストで行うことで、造影剤使用量をセーブしながら繰り返し観察できるようにしている。しかし、coronary rupture していれば、発見が数十秒遅れることになる。このように、OVDI のスキャンが準備できるまで造影しないという方法は、術者と患者がリスクを背負って行う方法であるため、状況に違和感があれば、造影剤をセーブすることを中止して、すぐに造影で確認する。

■ ステント植え込み部位、サイズの選択（図 9）

図 9-1

前拡張後にステントサイズを決めるため、再度 OFDI を行う。本例では前拡張後に末梢側にプラーカシフトが生じたため、末梢側のランディングポイントを 4mm 末梢に移動させた。当初の計測では病変長 23.9 mm であったが、新たに 4 mm ずらした末梢のランディングポイントから手前 23.9 mm の部位を調べると、下方に半周性の高度石灰化プラーカがあった。この部位へのランディングでは、近位部のエッジ解離になるリスクがある（白矢印）。

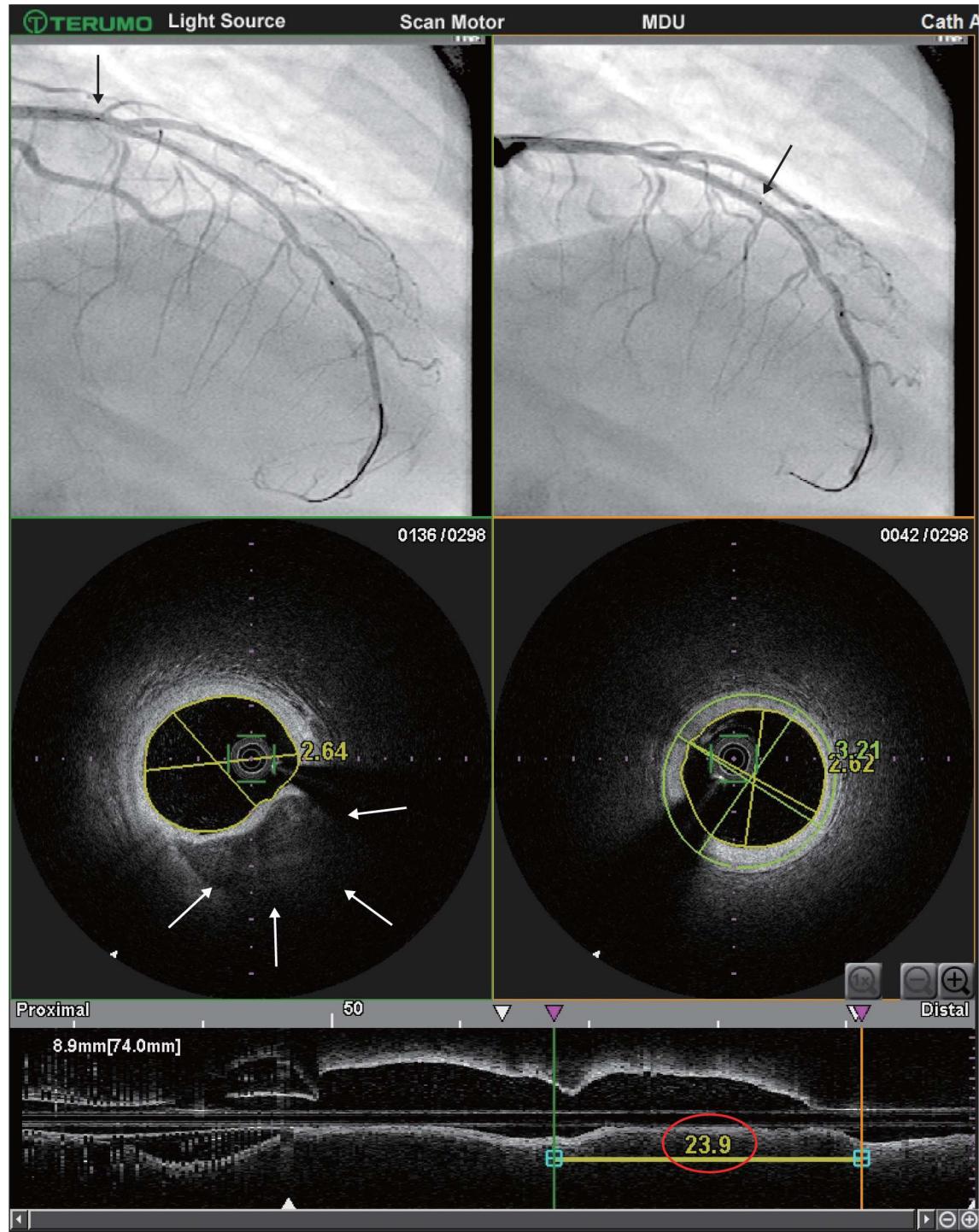
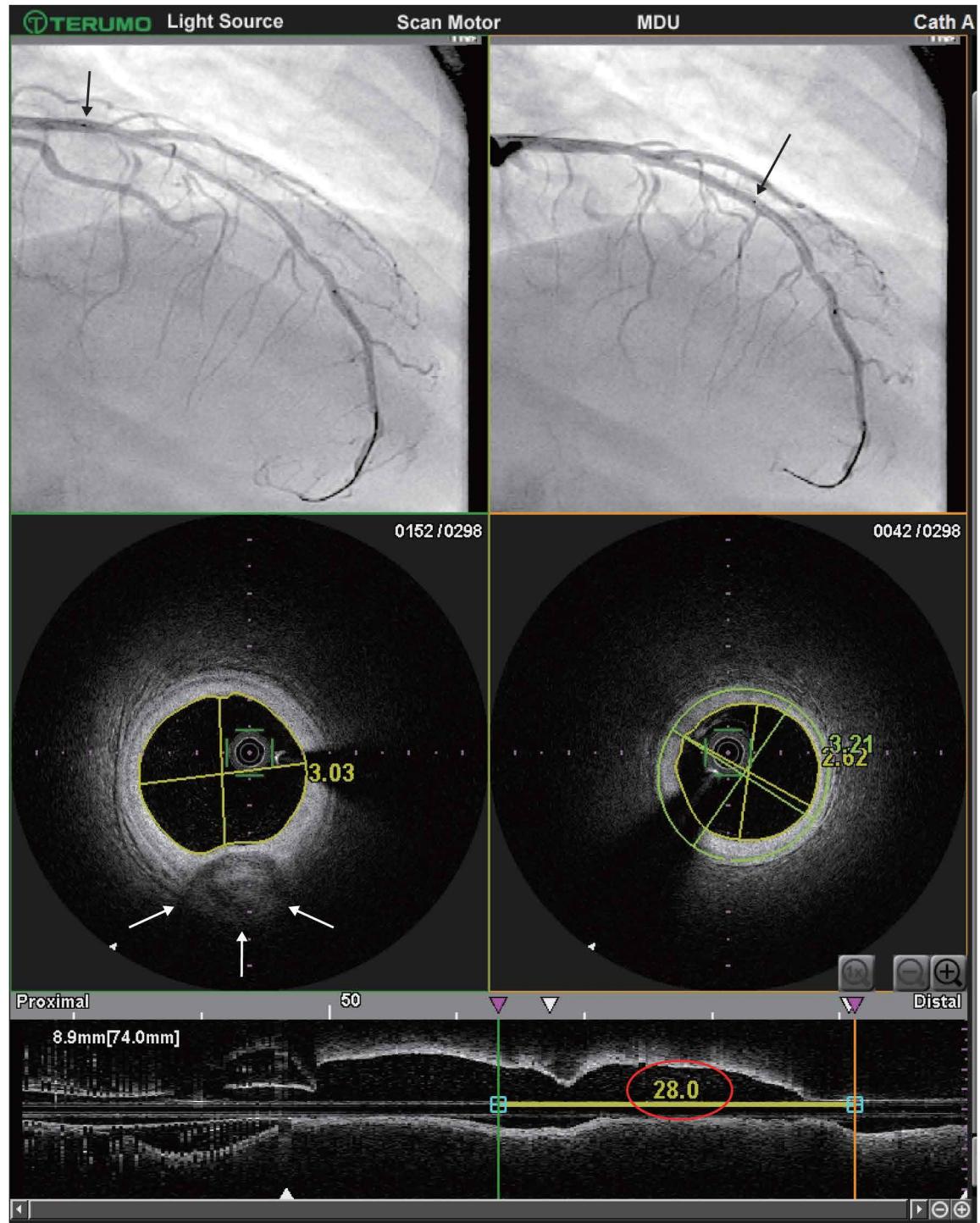


図 9-2

そこで、中枢側のランディングポイントを市販のステント長の次のバリエーションとして 28 mm にする
と（赤丸）と石灰化ブラークの少ない部位にランディングできるため（白矢印）、28 mm 長を選択した（注
4）。アンギオ同期画像でトランステューサーの位置を中枢側、末梢側とも確認する（黒矢印）。ステント径
は中枢側内腔と末梢側血管径を考慮し、かつ造影における血管サイズの判断を踏まえて、3.0 mm を選択
した。

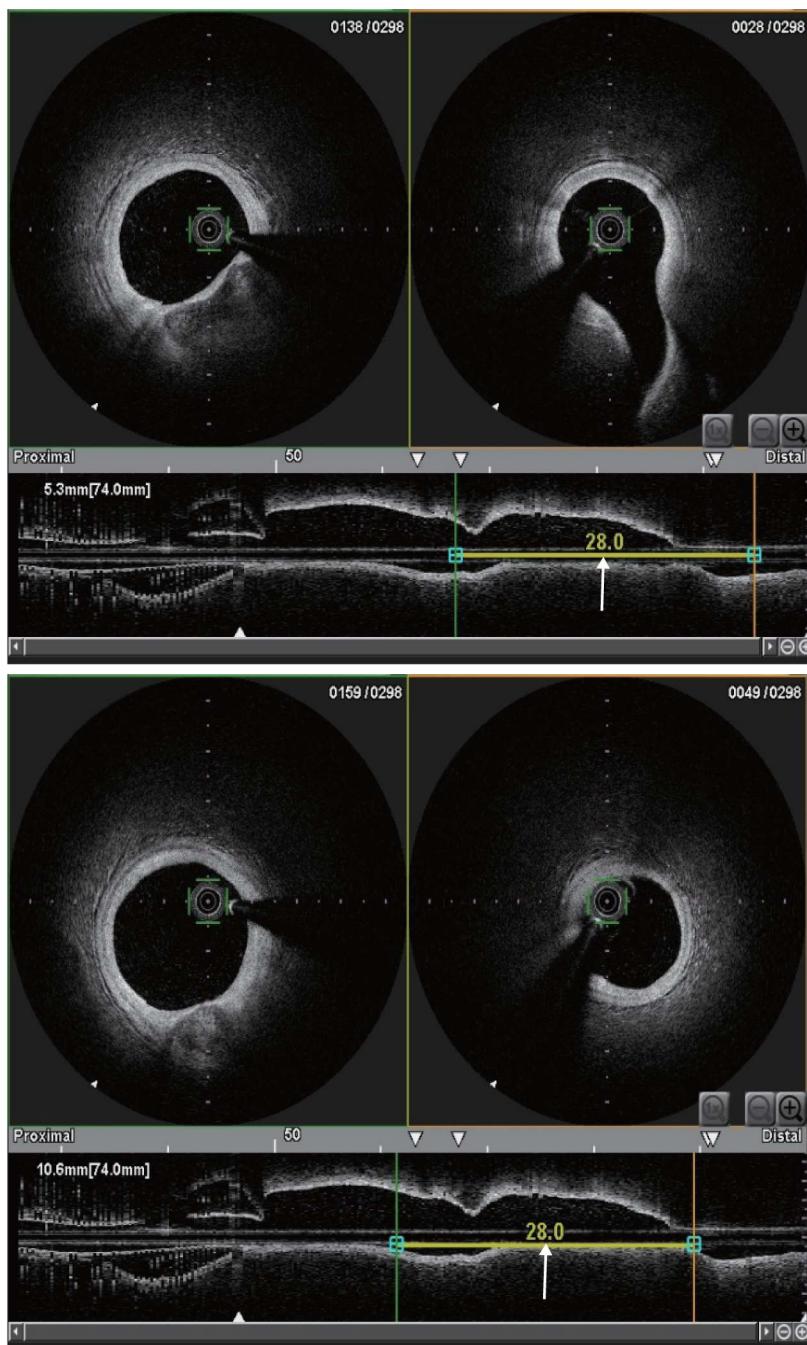


～ OFDI ガイドステント植え込み術のちょっとしたコツ～
ステント長を決めてランディングポイントを選ぶ方法

注 4 :

この例では、28 mm のステントの使用を検討している。黄色ラインをつかんで長軸方向に動かすと、28 mm のまま中枢と末梢のランディングポイントを同時に移動させることができる。上図では中枢端にプラークが多く、下図では両端ともにプラークが少ない。そのため、下図にてステントランディング部位に決めた。

図 9-3



■ ステント植え込み（図 10）

図 10-1

Ultimaster 3.0×28 mm をポジショニングし、ハーフコントラストで造影して位置確認。ここでもハーフコントラストにすることで、バルーンマーカーをはっきりと認識できる。フルコントラストだと、マーカーが見えなくなることがある。OFDI のangiオ同期画像で選んだ中枢、末梢のランディングポイントと一致したので、10 気圧で展開した（矢印の先端マーカーの左にステントエッジがある。ステントを植え込む場合は 1 点のみを合わせればよい。本例では、末梢マーカーのみに着目して植え込んだ）。

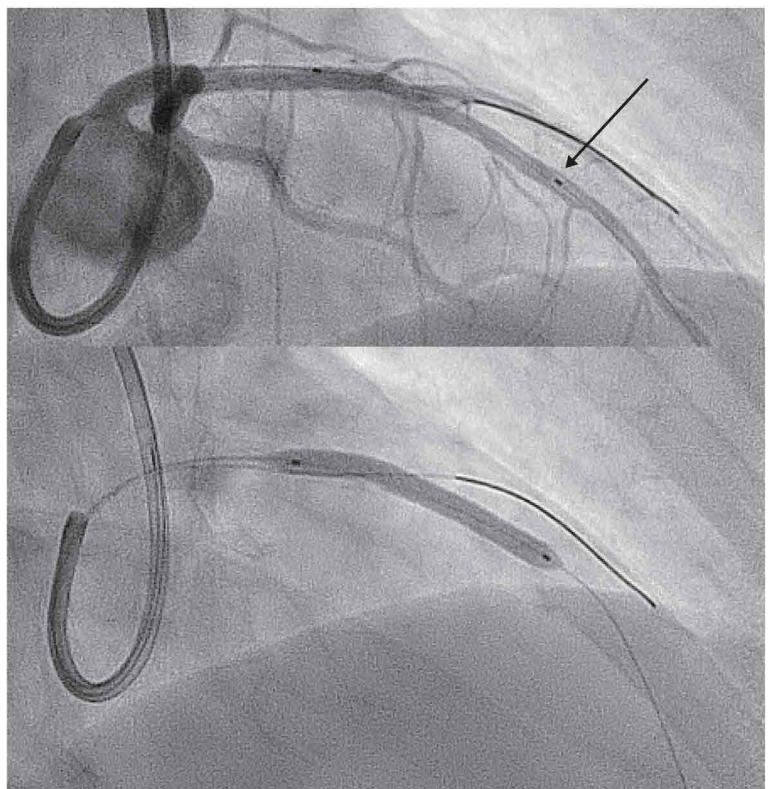


図 10-2

本例では、ステント展開後すぐに OFDI 同時スキャンを行わず、まずは造影でステントエッジに解離がないことを確認した。造影で解離がないので LAD のワイヤーを Jail した対角枝にストラット内から挿入し、対角枝のワイヤーを抜いて LAD に再送入後、OFDI にて観察した。

病変部のステントは、正円形に拡張されている。

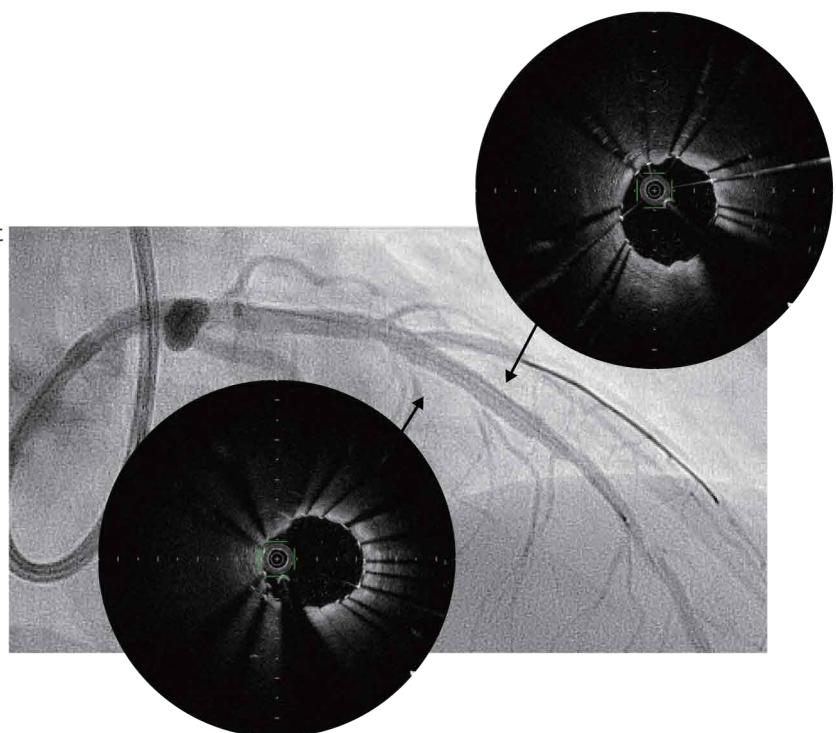


図 10-3

対角枝（アンギオ同期画像内の黒矢印）への recross wire が中枢側ステントストラットをひっかけていないこと、recross point が手前過ぎないこと（白矢印が対角枝のワイヤー）を確認。

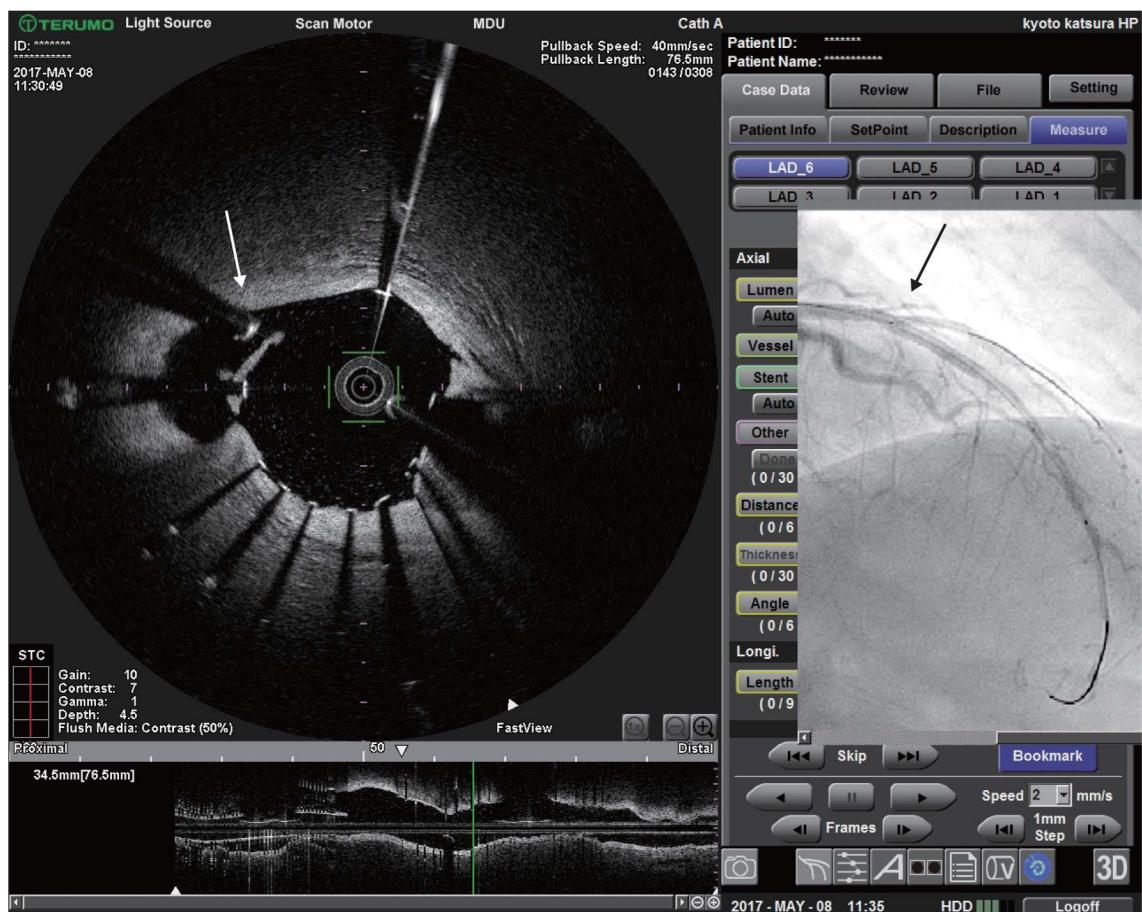
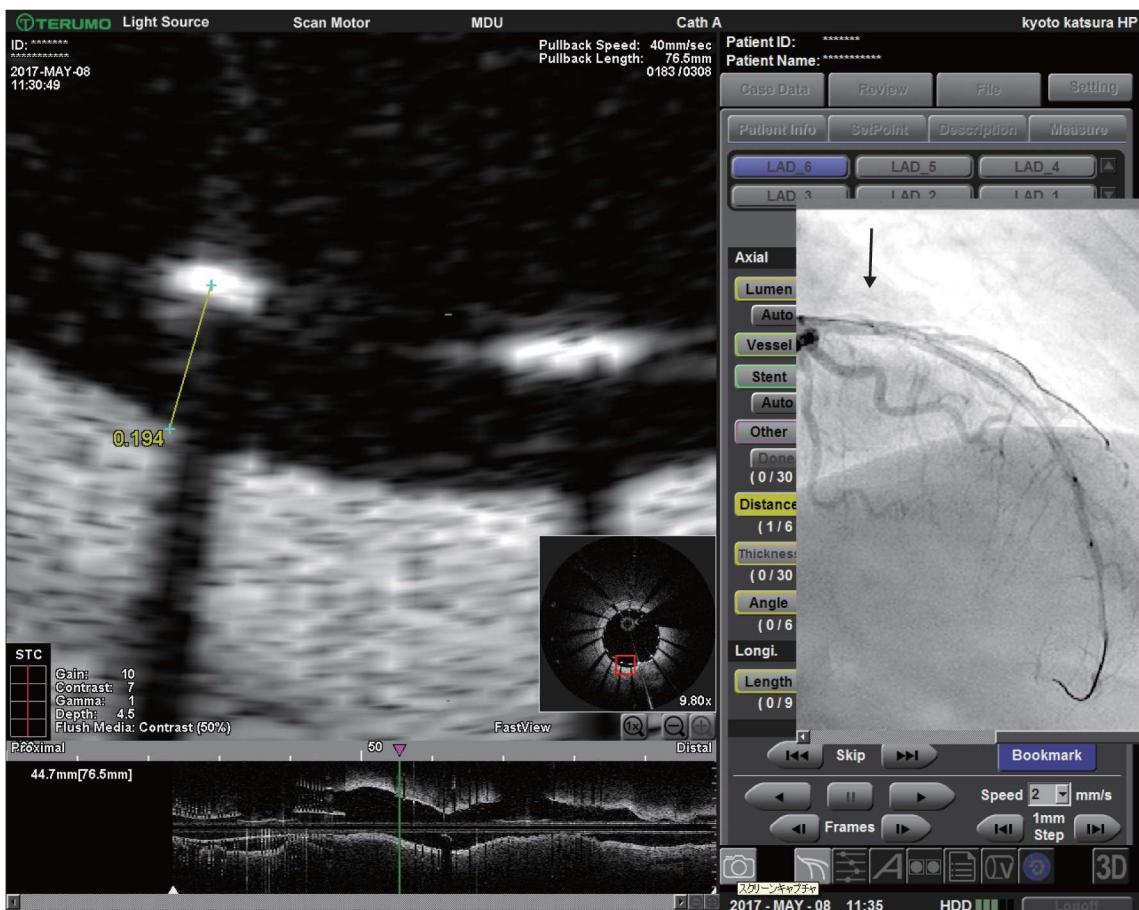


図 10-4

ステント中枢端（angiogram image内の矢印）の心筋側は、ストラットが圧着していないように見える。拡大して距離を測定すると、ストラット中央から内膜までの距離は 194 μm であった。



■ 追加拡張と OFDI 観察（図 11）

図 11-1

ステント内を 3.0 mm の高耐圧バルーンで最大 18 気圧で追加拡張し、D を 2.0 mm で KBT（ともに 8 気圧）施行。

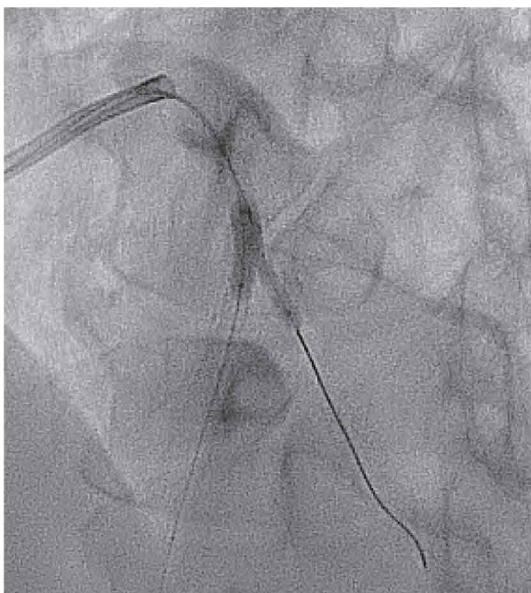
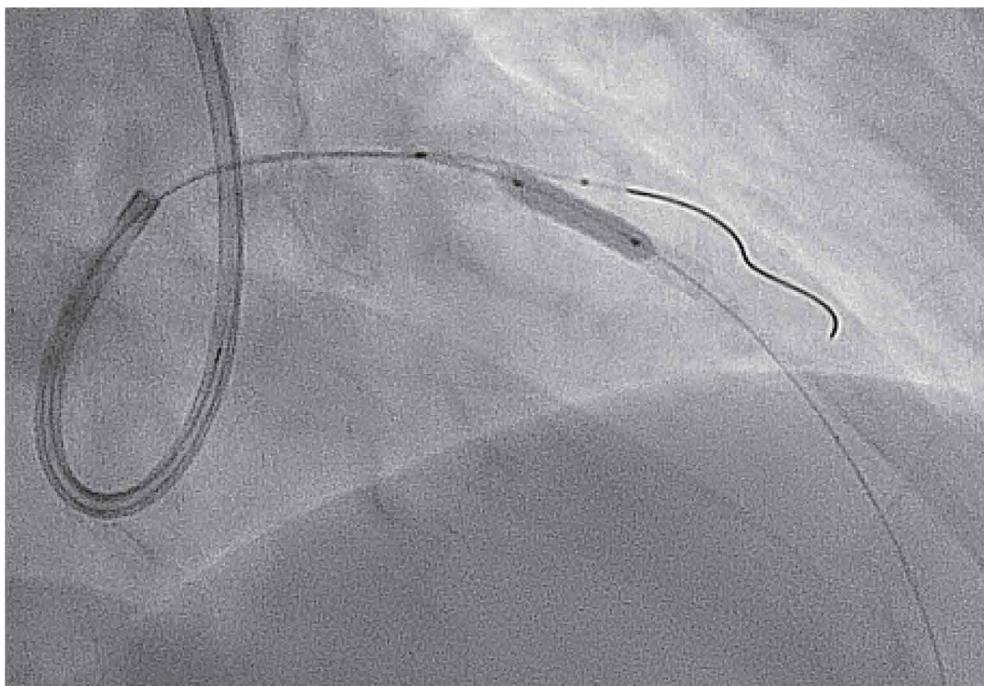
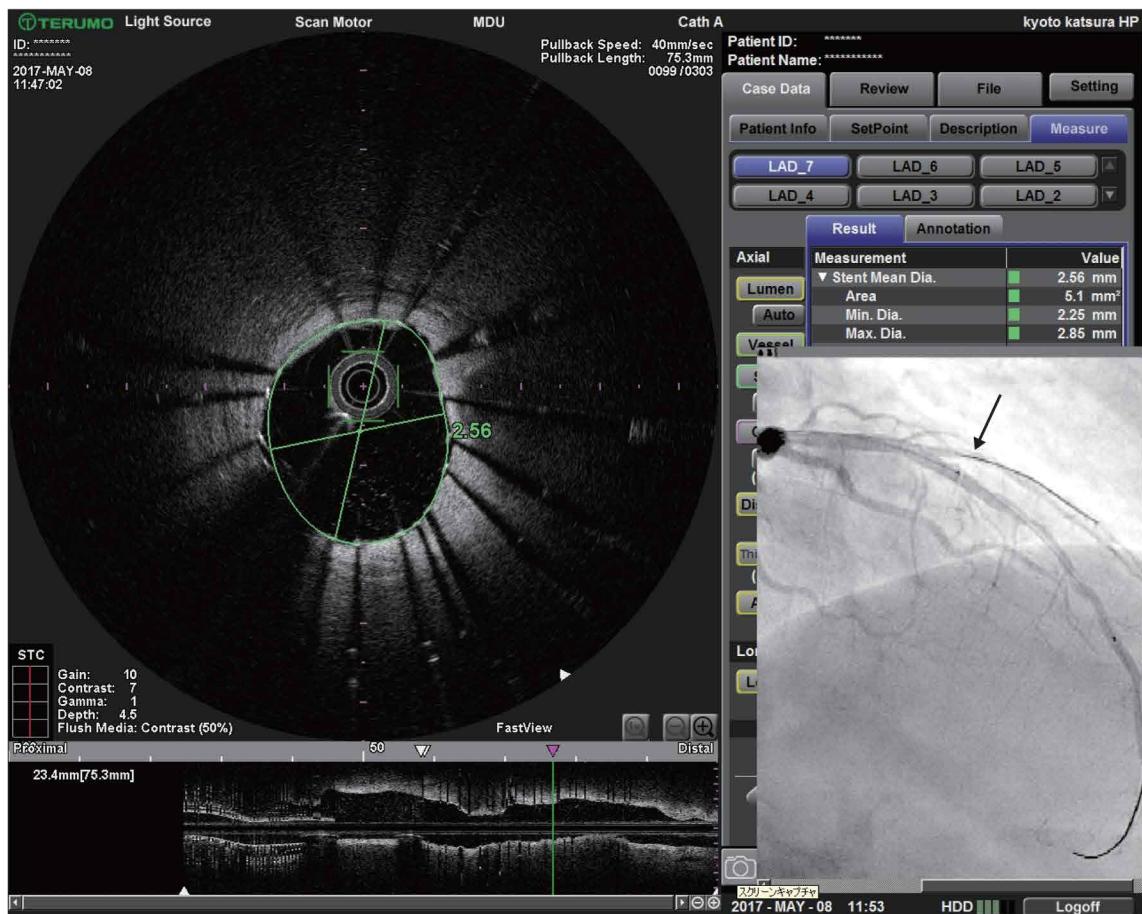


図 11-2

追加拡張後の OFDI 評価。中枢側の病変はやや橢円形だが内腔面積 5.1 mm^2 であった。



末梢側病変は正円形拡張で内腔面積 4.9 mm^2 であった。3.0 mm バルーンの断面積の 70%であり、ぎりぎり許容できると判断した。

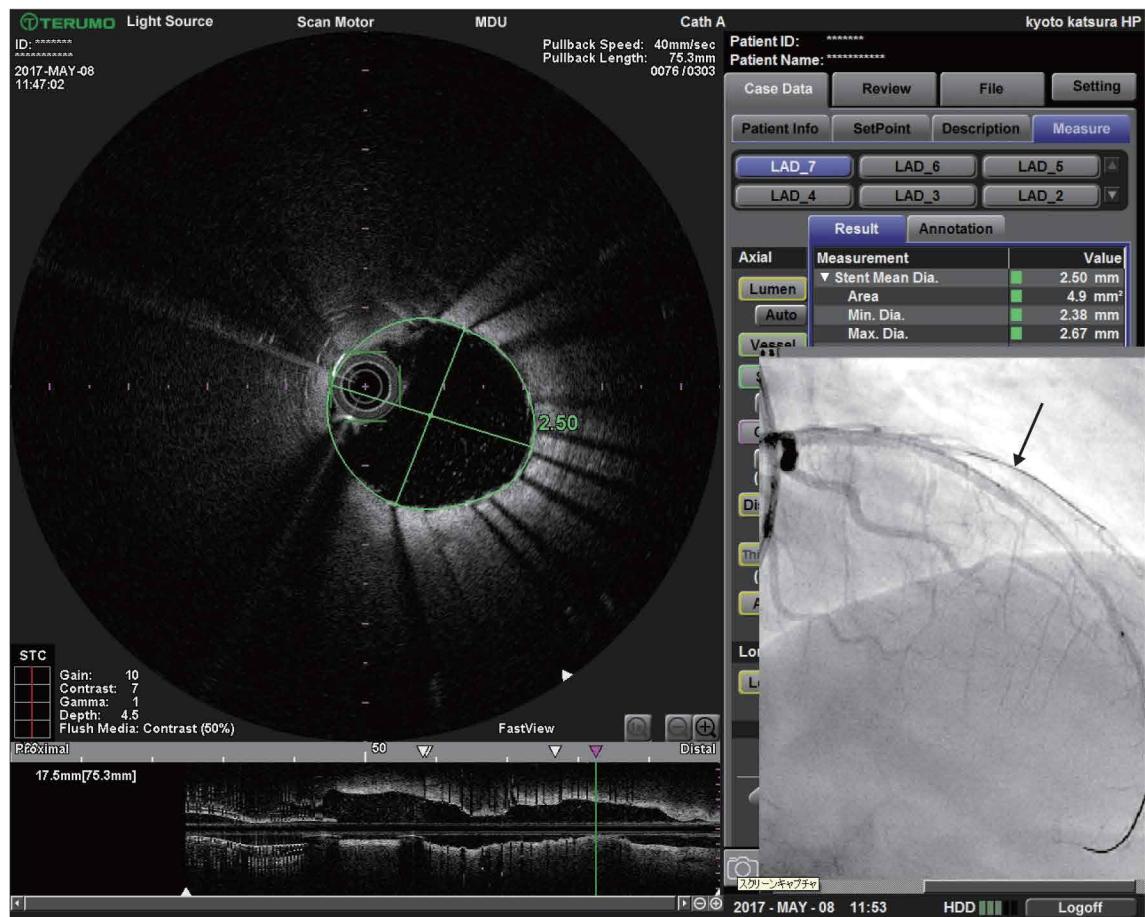
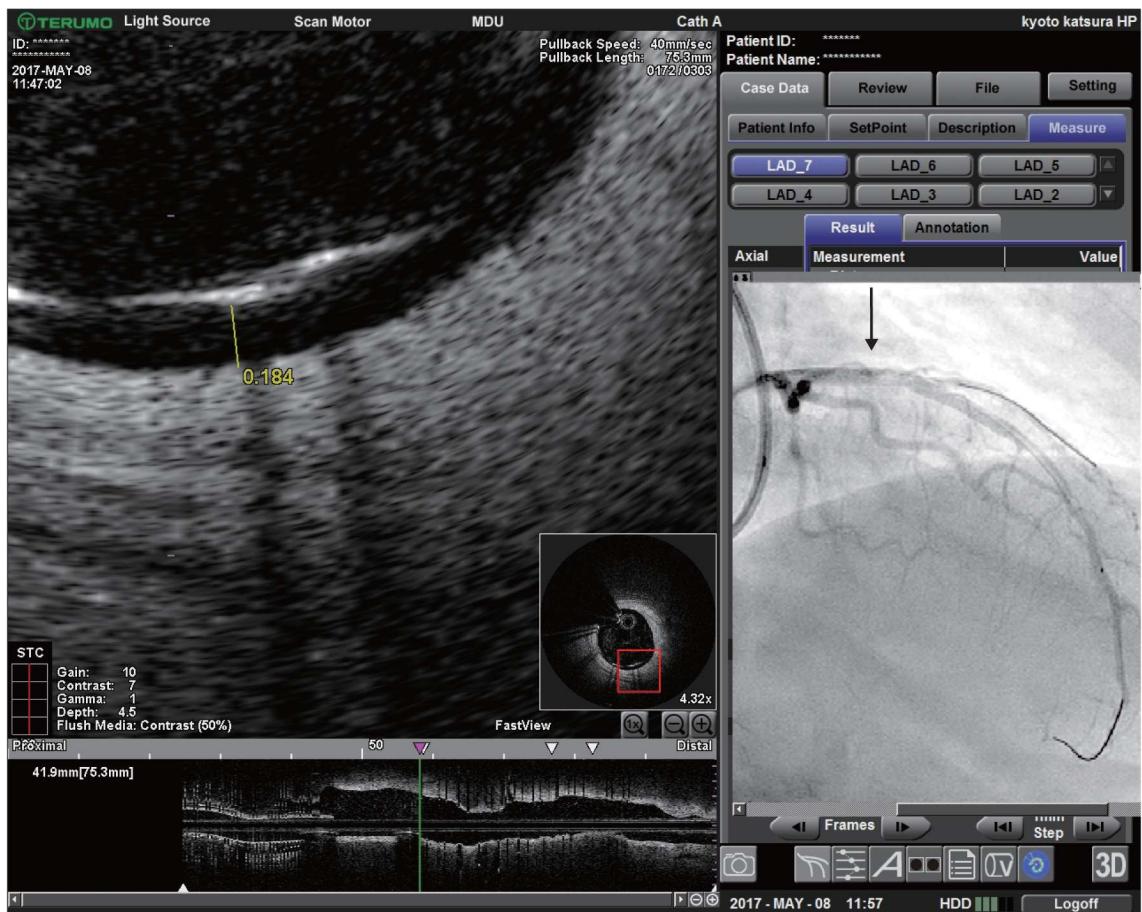
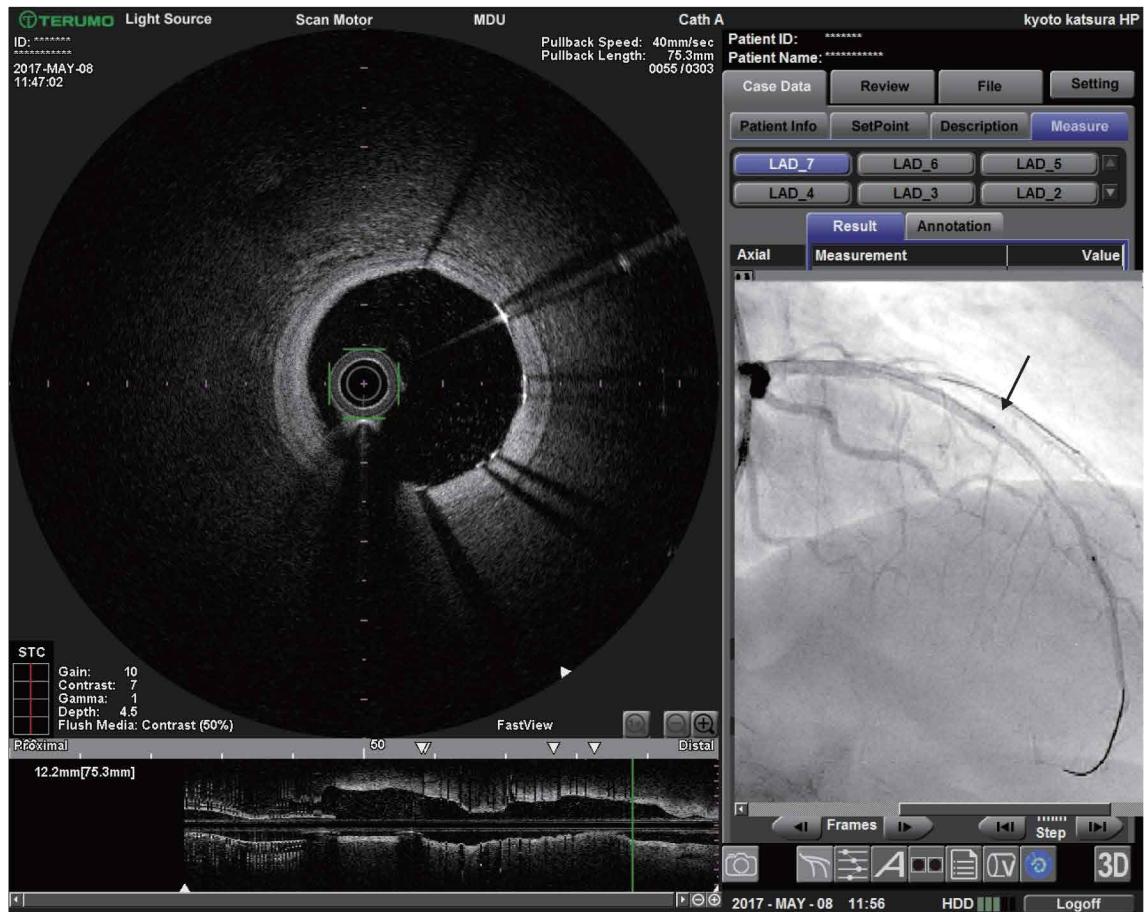


図 11-3

ステント両端の確認。中枢端のステント圧着は追加拡張後も $184 \mu\text{m}$ と、 $10 \mu\text{m}$ の改善のみであり、追加拡張しても圧着できなかつたが許容範囲内と判断した（注 5）。



末梢端にも解離を認めなかった。





～ OFDI ガイドステント留置術のちょっとしたコツ～
Stent Malapposition 観察時の注意点

注 5 :

本症例では、ステントストラットから血管壁まで $184 \mu\text{m}$ と計測されたが、最新の DES は $80 \sim 120 \mu\text{m}$ の厚みがある。OFDI ではステントストラット全体が正確には描出されないため、一見すると大きく浮いているように見えるが、ステントの厚みを差し引くと $100 \mu\text{m}$ 程度であり、IVUS の解像度では Malapposition なしと診断される。

なお、見え過ぎてしまうがゆえにオペレーターは気になってしまいが、過剰な追加拡張はエッジ解離を形成するリスクがあるので深追いしないこと。

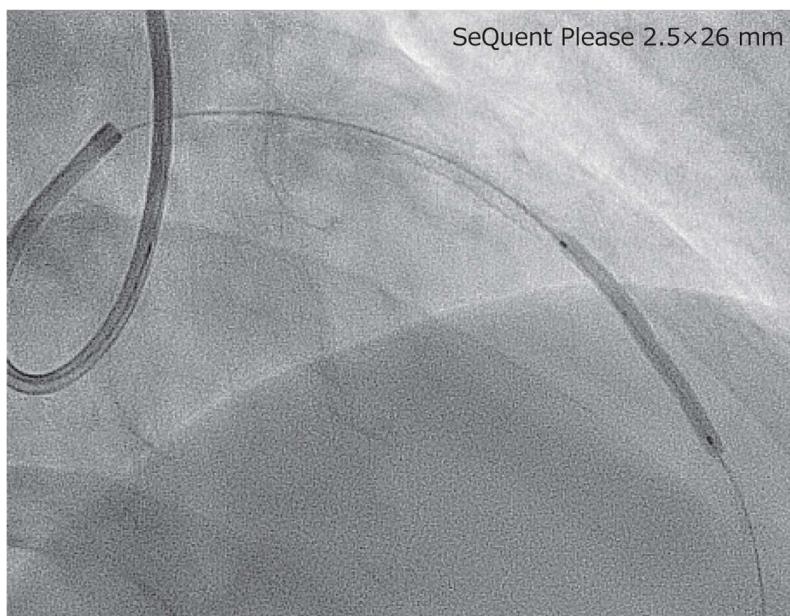
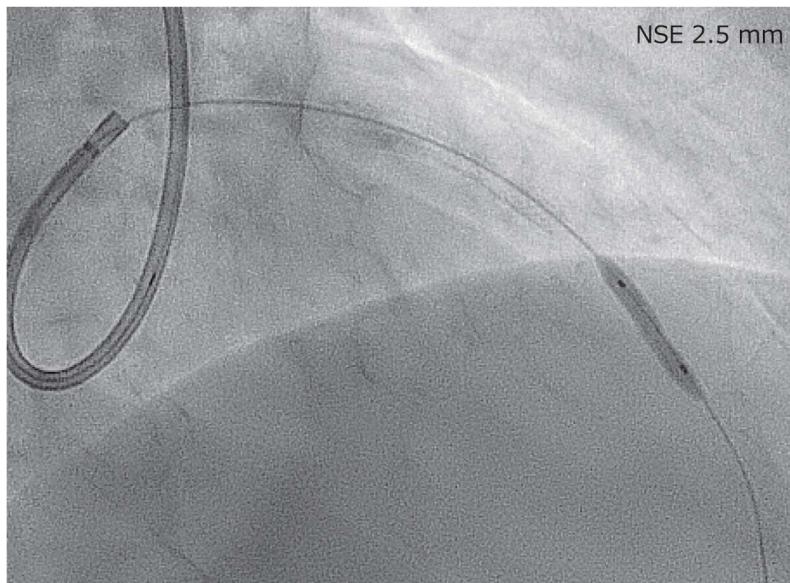
重要なことは、MLA 部のステント内腔が十分に得られているかであり、円形に拡張されていることが良好であると勘違いしてはならない。そのためには、断面積計測を行うことが大切であり、ステントエッジばかりに気を取られないこと。

■ #8 の治療 (図 12)

図 12

末梢病変は focal だが、前後にブラークが連続している。血管径 2.5 mm であり、DCB 治療の方針とした。

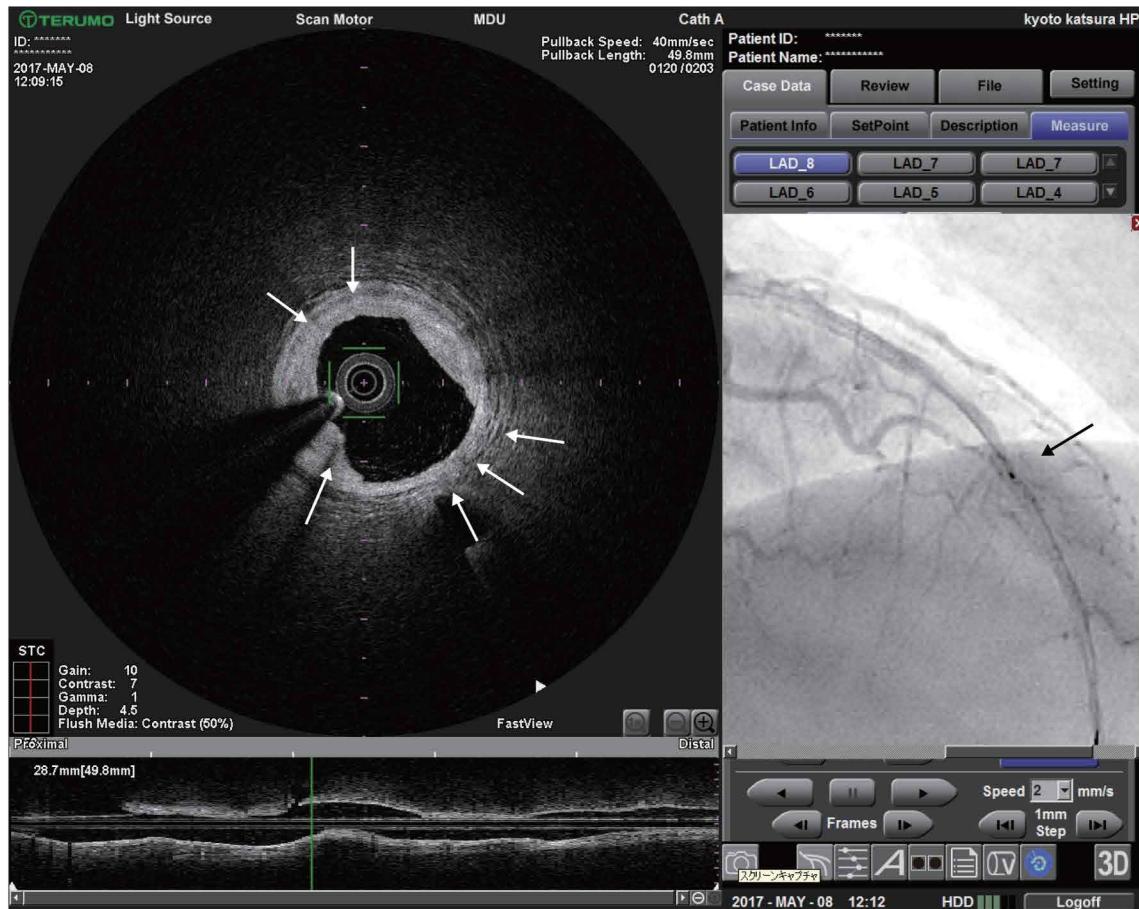
NSE 2.5 mm, 最大 12 気圧で前拡張を行い、SeQuent Please 2.5×26 mm 7 気圧 60 秒で病変をフルカバーして拡張した。



■ DCB 拡張後の OFDI 観察（図 13）

図 13

#8 の病変（黒矢印）は Fibrous plaque の 3 時から 6 時方向が断裂され拡張できている。内腔面に点状の一部に影を伴う高輝度信号（白矢印）が散見される。これは、DCB 拡張によって付着した Drug の結晶成分である。

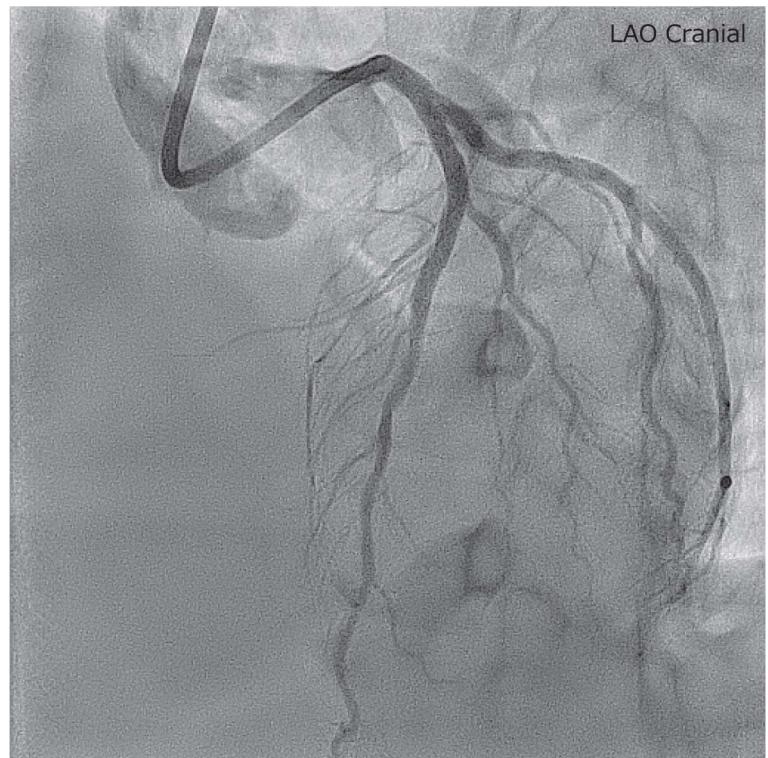
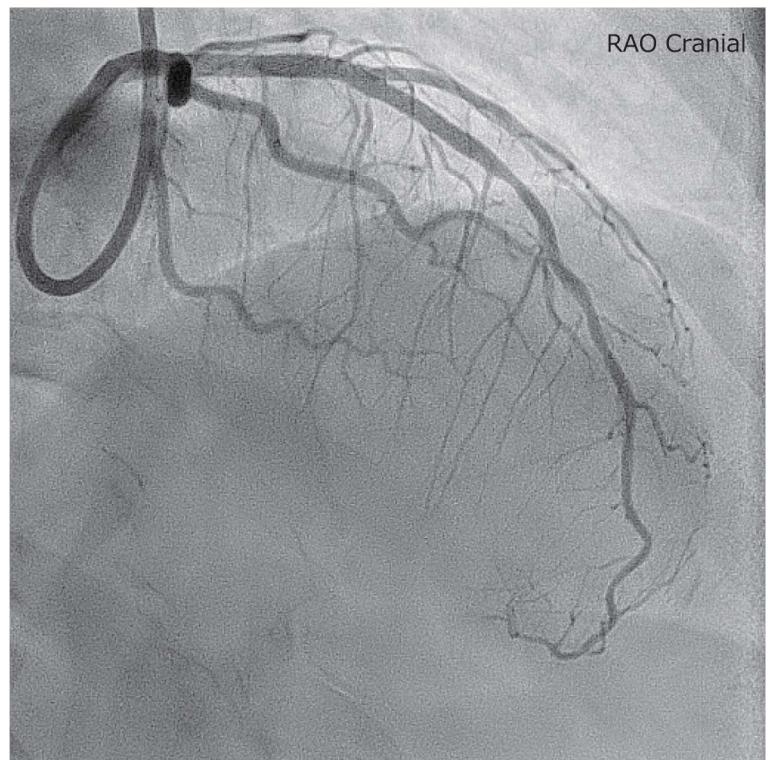


■ 最終造影（図 14）

図 14

末梢塞栓や wire perforation 等認めず、拡張も良好。

Rotablator run を 6 回、OFDI を 8 回行った。そのため、造影剤使用量は 235 mL と、やや多かった。



Tips and Tricks

Push and pull 法 :

カテーテルが病変に wedge する際には、カテーテルを通過させる前に造影剤を軽く流し、血管が充盈されたらカテーテルを進めて wedge させ観察を開始する方法である。しかし、フラッシュする人、カテーテルを冠動脈内に進める人、モータードライブユニットを移動させる人、少なくとも計 3 名の清潔術者が必要となり極めて煩雑である。病変が高度狭窄の場合は血流が遅いため生食のフラッシュでも良好に血球除去ができるので、高度狭窄病変では試す価値がある。

さらなる造影剤セーブ :

ハーフコントラストではなく、デキストランを用いてフラッシュする。粘性抵抗が高いので、シリングが重くなる。その場合は生食とのハーフデキストランにするとよい。また、最も効率が良いのは、治療前に病変前後 10 mm を含む範囲をスキャンをする方法である。前拡張が終わったら、血管全体の情報をとるために、末梢からガイディングカテーテルまでをフルスキャンする。ステント植え込み後は血流量が多くなることから、血管全体をフルスキャンするとフラッシュの量が多くなってしまう。よって、ステントの末梢 10 mm から手前 10 mm までを観察範囲とする（例えば、28 mm のステントを植え込んだ場合、オートストップ 50 mm に設定しておく）。オートストップを用いると無駄なガイディングカテーテル内のスキャンを減らせるので、解析に要する時間も節約できる。

被曝の低減 :

最近のシネのコマ数は 15 フレーム / 秒が標準であり、 OFDI のときに 25 フレームにすると若干被曝線量が増加する。本当にアンギオ同期を必要とするのはステント植え込み直前の観察のみであり、それ以外ではフレーム数は 15 コマでもよいし、シネ撮影しなくてもよいかもしれない。

4. OFDI ガイドステントのまとめ

- OFDI ガイドインターベンションはハーフコントラストによる血栓除去， プルバックスピード 40mm / 秒， オートスタート， アンギオ同期を使用すれば， 造影剤を増やさずに IVUS ガイドインターベンションと同じように繰り返し観察できる。
- 多くの先生が， 血栓除去のための強いフラッシュによる冠動脈解離を懸念されていると思う。一方， ゆるいフラッシュだと画像を撮れない。われわれも使用当初は力いっぱいフラッシュしていたが， 最近はシネ画像と OFDI 画像を見ながら注入を調整できるようになった。つまり， 回数を重ねていくことで上達する。
- 2014 年以降は GuideLiner や Guidezilla が使用できるようになったことから， 効率良く観察できるようになった。

症例をベースに， 基本的な OFDI ガイドステント植え込み術の手順ならびに tips を説明した。IVUS と違いライブビューで病変観察をしないため， 使用開始当初は筆者も造影所見と合わせてオリエンテーションをつけるのに苦労したが， アンギオ同期機能を使えば， その作業が楽になる。

ODI ガイドステント植え込み術における記録画面の計測は外回りのスタッフに依存しており， 機械の操作を熟知してもらう必要がある。本例でも分かるように， 治療前の ODI 像では肝心の病変部で血管全体の断面積が見えていないため， 見えない部分に大きなステントを植え込むことは心理的に無理がある。また， 末梢内径の ODI の計測値はアンギオガイドや IVUS 経験と比べ小さく出るので， ステントアンダーサイズにならないようアンギオとの目測とバランスをとる。人は数値に弱く， 数値を見ると従おうとする。IVUS での経験， これまでの自分の経験を加味して判断すること。

より多くの症例を経験し， カテ室チームがスキルアップすることが重要であり， 本書を参考にしていただければ幸甚である。