

IC Today

LMT 治療の最適化とは



道明 武範 先生

小倉記念病院 循環器内科 部長

昨今のデバイスの進歩により、症例の選択を適切に行えば左冠動脈主幹部(LM)に対するステント留置は冠動脈バイパス術と比較し遜色がない成績が期待できることから、ステント留置を選択する機会が増えている^{1),2)}。

その一方で、左冠動脈主幹部分岐部病変(LM bifurcation)は、他の分岐部病変と比較し 1) 相対的に対象血管径が大きい、2) 分岐角度が大きい、といった特徴があり、他の分岐部病変より難易度が高い。当然のことながら、LMを含んだ病変のトラブルは予後に直結するため、ステント留置を行う場合には、上記のような特徴を十分に理解した上で慎重なステント留置が必要である。

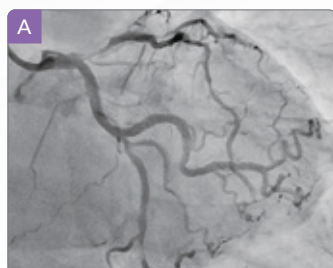
そのためLM bifurcationに対してステント留置を適切に行うには、イメージングデバイスによる病変観察と計測に基づいたバルーンやステントのサイズ選択が不可欠である。そこで本稿において、比較的良好に遭遇するMedina 1,1,0あるいは0,1,1といったsingle stent cross over stentingに対するIVUSを用いた手技を念頭に、実際の症例に沿って、手技のステップごとのkey pointを議論したいと思う。

症例

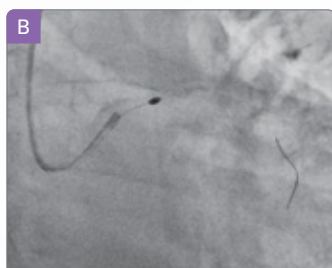
症例は72歳、男性。target lesionはLAD just proximalの99%狭窄。プラークは左主幹部まで及ぶと考えられるため

(図1-A)、LMからLADへのcross over stentingを行う方針とした。It radial approach, 7F BL 3.5を用いた。

pre angiogram



Rotablator™ 2.0mm



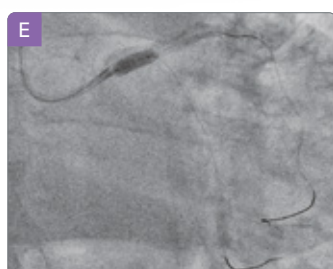
Wolverine™ 3.5mm



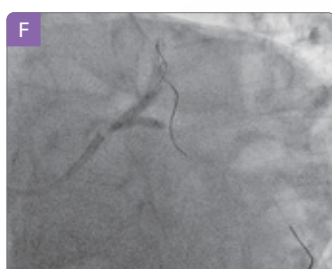
SYNERGY™ 4.0×24mm 6atm 3回



POT NC 5.0×12mm



final KBI LAD, LCXともにNC 3.5mm



final angiogram



図1 治療画像

Key point 1. 適切なpreparationを考える

ステント留置においては基本的にステントの良好な拡張を得るために十分なlesion preparationが必須であることはいうまでもない。特に分岐部病変を処理する場合、不十分なpreparationはステント拡張不良のみならず、carina shiftによ

る側枝入口部の狭窄や閉塞のリスクを高めることになる。

本症例においては、IVUS上、carinaの対側のプラークは石灰化中心の組織性状であり(図2-②,③)、バルーンのみでのpreparationではステント拡張が不十分になる可能性が高いと

推測された。Rotablator™ 2.0mm (Extra-support wire, 18×10⁴rpm) を用いてデバルキングを行った上で(図1-B)、前拡張を行うこととした。前拡張のバルーンサイズは、distal referenceとなる部分には以前に留置されているステントがあるため、MLA siteの血管径をさらに遠位側の血管外径が確認できる部位から推測した血管径(約4.0mm over)をイメージし(図2-②,③)、さらに病変部が石灰化であることから、Wolverine™ 3.5mmを選択し複数回、慎重に拡張を行った(図1-C)。

本症例のような石灰化を伴った病変に対する preparation においては、crack を形成することにより十分な拡張を得ることが期待できる cutting balloon が有効である。

ステントサイズ選択については後述するが、前拡張のバルーンは留置するステント径(実際の最終拡張到達径)と同じ径、あるいは、病変が強い偏心性の石灰化など積極的な拡張にリスクが伴う場合は、若干小さいサイズのバルーンを選択する必要がある。また前拡張した結果、透視上での balloon indentation がとれてい

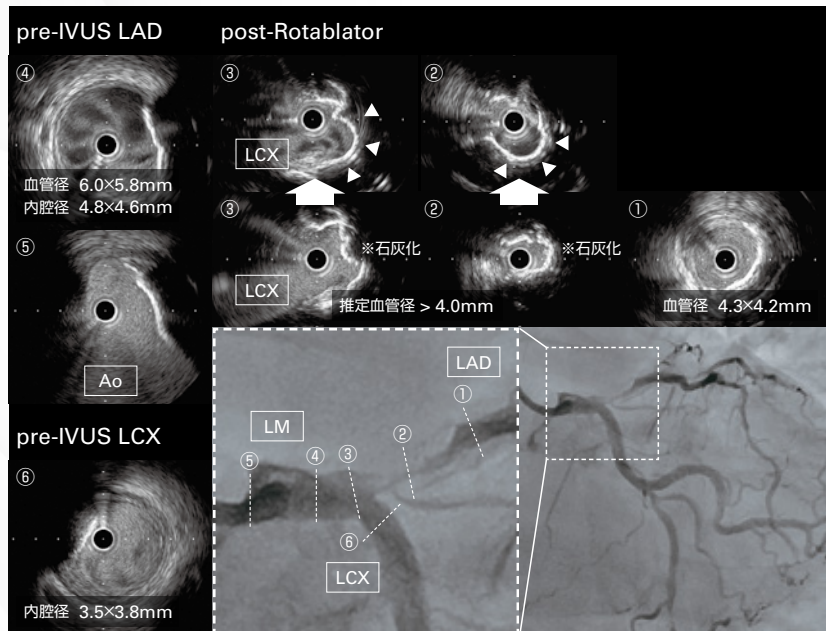


図2 pre & post-Rotablator IVUS サマリー

ることや、拡張後のIVUSにて lesion preparation が適切に行えたことを確認することが適切なステント留置への第一歩と考える。

Key point 2. 適切なステントサイズ選択とfinal KBIのバルーンサイズ選択

分岐部病変におけるデバイスのサイズ選択を意識したIVUSでの観察事項を簡単に述べると

- ① reference に対して安全なサイズであるかどうか
- ② final kissing balloon inflation (final KBI) に対して十分な dilatation capacity を持ち合わせたステント選択ができるかどうか
- ③ final KBI のバルーンサイズが LAD just proximal, LCX just proximal に合わせたサイズ選択が可能かどうか

といった点である。

すでに lesion preparation に関しては前項で触れたが、pre-IVUS は、すべての手技の流れの設計図を作成する上で重要な情報源である。私自身も pre-IVUS 所見で、ほぼ最後のステップまでのバルーンやステントサイズ選択などを頭の中で計画を立てて望むようにしている。

まず、ステントサイズ選択は mid wall stenting (distal

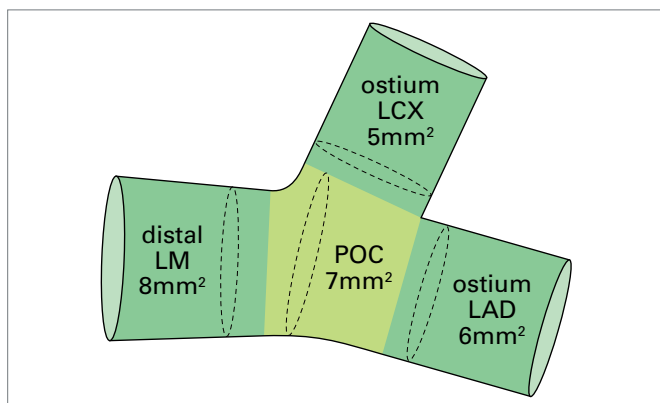


図3 event rate を考える上での最小ステント面積(MSA)cut off値 文献3より作図

reference における血管内腔径と血管径の中間)が基本と考えられており、本邦で進行中である OPTIVUS 試験のサイズ選択基準でも採用されている。ただし、分岐部病変に対するステント留置後に final KBI までの手技を行う場合は、polygon of confluence (POC: 図3) においては実際の対象血管径より大きな拡張をステントに強いることとなる。

前述のような LM bifurcation の特徴を持ち合わせたケースに際しては、さらに十分な dilatation capacity を持ち合わせたステントサイズを選択しないと POC におけるステント拡張不良の原因となる。そのようなケースにおいては可能な限り大きな dilatation capacity を持ったステント選択をすることが望ましい。

本症例では、pre-IVUS の測定より LAD just proximal の推定血管径は少なくとも 4.0mm 以上あるものの、偏心性石灰化病変の硬いプラークであることから(図2-①, ②, ③)、LAD は 3.5mm 強を最終目標ステント拡張径に設定し、LCX に関しては LCX just proximal の内腔径が約 3.5×3.8mm (図2-⑥) であったので拡張後の解離を必ず避けるため final KBI の際に用いる LCX へのバルーンサイズは 3.5mm を選択することとした。3.5mm と 3.5mm のバルーン 2 本を用いて KBI を施行した場合の理論上の拡張径は 4.95mm と計算されるが、前述のように実際には分岐角度の影響も受けるため、分岐角度が大きい場合は理論上の KBI 拡張径よりさらに大きな拡張をステントに強いることになる。

ここで KBI でのバルーン選択の際におけるもう一つの重要なポイントとして、KBI を施行した時の LM body の拡張が、その血管径に対して over dilatation にならないようにすることが挙げられる。本症例では LM mid body の内腔径でさえも KBI 時の理論上拡張径は満たしており(図2-④)、LAD 3.5mm、LCX 3.5mm のバルーンを用いた KBI は許容されると判断した。

以上のような検討の結果、本ケースにおいては 3.5×3.5mm での final KBI を行う方針とし、それに耐えうる大きな dilatation

capacityを持ち合わせたステントが必要なため、SYNERGY™ 4.0mmを選択した。添付文書上、SYNERGY 4.0mmの拡張限界は5.75mmであり、現存するステントの中では大きな拡張限界を持ち合わせており、さらに側枝へのストラットの拡張に関しても十分な拡張性能を有しているため、本症例のような大きな分岐部病変の処理に適している。

一方、相対的に大きなサイズのステントを選択する場合、上記のようなメリットはあるものの対象血管径と比較して過拡張による血管破裂やdistal edge dissectionなどのトラブルが懸念事項として浮上するであろう。しかしながら病変部の血管径やdistal landing pointの内腔径、プラーク性状を観察検討した上であれば、distal referenceが多少小さい場合でも留置圧を調節することにより、大きめのサイズのステントで安全に行うことができる。

本症例で用いたSYNERGY 4.0mmの場合、ベンチテストにおいて3気圧・複数回拡張によりステントの拡張が得られている。実臨床においては、病変部を広げる拡張力が必要なため4~5気圧・3回拡張であれば留置が可能と考える。その際の内腔径は約3.2mmであり、軽度のプラークがあるなど、相対的に小さいdistal referenceに対しても比較的安全に留置することができる。

繰り返しにはなるが、ステントを低圧留置する場合のコツは、低圧でもステントの拡張が得られやすいように、ステント留置前に十分なlesion preparationをよりいっそう、意識的に行うことである。

本症例ではdistal reference siteには以前に留置されたステントがあるため、edge dissectionのケアは必要なく、それほどの超低圧留置が必要ではない状況であったが、LAD just proximalに対しての4.0mmステントマウントバルーンを用いた過拡張は、病変性状より考えて、血管解離や高度のcarina shiftをきたす可能性があるかと判断し、balloon indentationの程度を確認しながら6気圧で3回拡張の低圧でステント留置するにとどめることとした(図1-D)。

最終的にはpost dilatation (KBI) の際にNC 3.5mmによる高圧拡張にて十分なステント拡張を確保する方針とした。また石灰化プラークがLM ostiumまで連続しているため、LM ostiumをproximal landing pointに設定し、IVUS markingの上、SYNERGY 4.0×24mmの留置を行っている。proximal landing siteの選択の際には、後述するがproximal optimization technique (POT) やKBIを行う際のproximal marginを考慮に入れ決定する必要がある。

Key point 3. POTを適切に行う

POTは分岐部病変の処理において非常に重要な手技である。POTの最も有用な点は、分岐部より近位側においてステントのappositionをとることにより得られる血管壁との摩擦抵抗をもって、その後の手技における余計なステント変形を防ぐことにあると考える。特にLM bifurcationにおける分岐部近位側に大きなmalappositionを残したまま手技を進めた場合、その後持ち込んだデバイスにより容易にステント変形をきたすことや、側枝へのrewiringの際に適切なポジションからのrewiringを困難にさせることの原因となる。したがってステント留置直後にPOTを行うことは重要ステップと位置づける。またPOTには側枝をjailしているareaを大きく開くことによりrewiringをしやすくするといった効果も期待される。しかし、詳細は割愛するが、実際の手技の中で適切な位置でPOTを行うのは困難な場合もあり、その効果を追い求める必要はないと考えている。

POTを行うことを前提としたpre-IVUSでの判断事項として、分岐部より近位側にPOTを行えるだけのmarginを残すことを考慮に入れたproximal landing siteを選択することが求められる。私自身は軽度のプラークがLM bodyに連続して存在する場合は特にLM ostiumまでカバーするようにステント留置を行っているが、これはPOTやKBIを行った際にproximal edge dissectionをきたすリスクを減らし、さらには遠隔期のproximal edge restenosisのリスクを減らすためである。

本ケースではpre-IVUSの計測でLM bodyの長さが約11mm、LM mid bodyの血管径が約6.0×5.8mm、内腔径が約4.8×4.6mmであった(図2-⑤,⑥)。その後mid wall sizingを意識した拡張を行うこととし、5.0×12mmのNCバルーンでLM ostiumからLM bifurcationまでカバーするように14気圧でPOTを行い、良好なappositionを得ることができた。

Key point 4. 側枝へのrewiring を適切に行う

一般的にKBI前の側枝へのwire recross positionは側枝開口部のdistal sideとされる。KBIの際は、carina sideにストラットを残さないように側枝側にストラットを倒れ込ませることが望ましいためである。厳密にはlesion variationが豊富であるため、そのケースに応じた判断が必要である。wire recross後

に本幹のdistalからpull backした際に、carinaにより近いポジションより、wireが本幹のステント内にcross-inしてくる像が観察された場合は、wireがdistal sideからrecrossできていると判断される。ただし、実際には判断が難しい場合も多く、造影所見なども合わせ総合的な判断を要する。

Key point 5. 不要なステント変形をさせないfinal KBIを意識する

IVUSの計測をもとに選択したバルーンでKBIを行うが、ベンチテストを行い得られた経験より、私自身はKBIの際、2本のバルーンの同時拡張を基本としている。側枝のバルーンのみを先に拡張してしまった場合、ステントサイズ、分岐角度、血管径、バルーンサイズにもよるが、本幹側のステントを大きく変形させてしまうからである。当院では、本幹、側枝のバルーンで別々にインデフレータを使用するため、それぞれ違った圧コントロールが

可能であるが、拡張の際には必要に応じて、特に本幹(LAD)側の拡張を気にするようにして圧調整を行っている。側枝を気にするあまり本幹の拡張が不十分になってしまえば本末転倒であるからである。また十分な拡張を得るために、ステント留置時と同様に複数回(3回)の拡張を基本としている。本ケースにおいても、本幹をNC 3.5mm・20気圧、側枝をNC 3.5mm・12気圧で3回拡張を行った。

なお、手技終了時のステント拡張到達目標(MSA)として、5-6-7-8 criteria(LCX ostium 5mm², LAD ostium 6mm², POC 7mm², LM body 8mm²)が提唱されている(図3)。これは手技のゴールとして、一つの良い指標であると思われるため、final IVUSの際には実際に各部位におけるstent areaを測定することが望ましい。ただし、最終拡張可能径はもとの血管径(ひいては患者の体格)に依存する部分が大きいため、私自身は、このcriteriaを努力目標として位置づけることとし、実際の病変計測に基づき安全面を考慮した上で最終拡張到達径を判断することとしている。本ケースにおいてはfinal IVUSでいずれの部位においても十分なstent areaを確保することができた。またcarinaにストラットの残存もほぼなく、carina shiftによる側枝への影響も少なく抑えることができ治療を終了した(図4)。

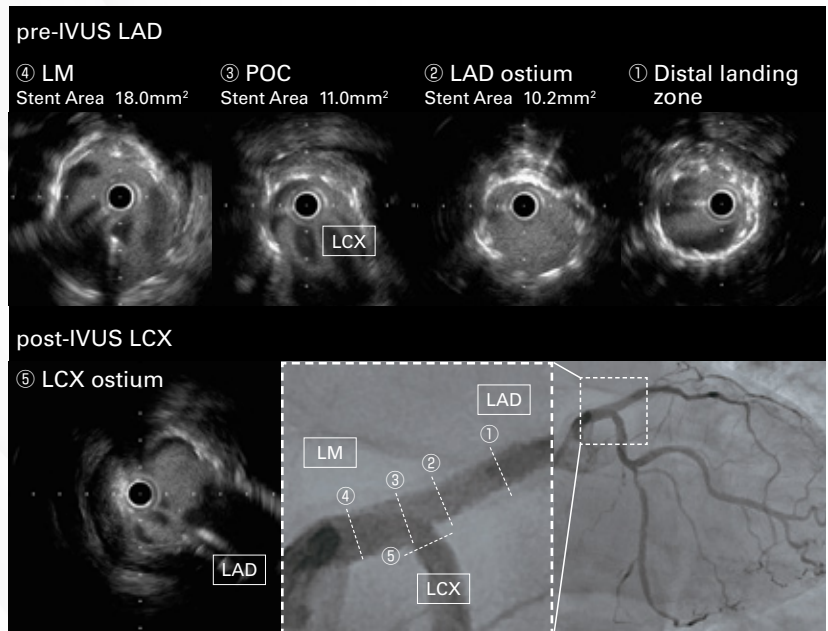


図4 final IVUS サマリー

まとめ

1. 特に分岐部病変にステント留置する場合、ステント拡張不良やcarina shiftによる側枝入口部の狭窄・閉塞のリスクを低減するために、十分なlesion preparationが必須である。本症例のような石灰化を伴った病変では、crackを形成して十分な拡張を得ることが期待できるcutting balloonが有効である。
2. ステントサイズ選択はmid wall stentingが基本と考えられているが、分岐部病変に対するステント留置後にfinal KBIまで手技を行う場合は、POCにおいて実際の対象血管径よりも大きく拡張させる必要があるため、十分なdilatation capabilityを持ったステントサイズ選択が望ましい。SYNERGY 4.0mmの拡張限界は5.75mmであり、現存するステントの中では大きな拡張限界を持ち合わせており、さらに側枝へのストラットの拡張に関しても十分な拡張性能を有しているため、本症例のような大きな分岐部病変の処理に適している。低圧留置のコツとしては、低圧でもステントの拡張が得られやすいように、ステント留置前に十分なlesion preparationをよりいっそう、意識的に行うことである。
3. ステント留置後はPOTを行うことで、分岐部より近位側においてステントのappositionをとり、余計なステント変形を防ぐことができる。また、側枝をjailしているareaを大きく開くことでrewiringをしやすくする。
4. IVUSの計測をもとに、final KBIのバルーンサイズがLADとLCXのjust proximalに合わせたサイズ選択が可能かどうかの検討も必要である。私自身は、不要なステント変形を防ぐために本幹と側枝のバルーンの同時拡張でKBIを行い、特に本幹側の拡張を気にしながら圧調整を行っている。

おわりに

以上、簡単ではあるが、私が日常で行っているLM bifurcationにおけるsingle stent cross over stentingの手技の手順に沿って、key pointと考えていることを述べた。様々な考え方や治療方法があるが、いずれの場合も術前の造影所見とイメージ

グデバイスによる所見を統合した思考に基づき到達目標を明確にした上で手技の過程で起こりうる事象をイメージし、最適なデバイス選択ならびに治療戦略を立てることが適切なステント留置へと導くこととなる。

文献)

- 1) Mohr FW et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. Lancet 2013; 381: 629-638.
- 2) Campos CM et al. Validity of SYNTAX score II for risk stratification of percutaneous coronary interventions: A patient-level pooled analysis of 5,433 patients enrolled in contemporary coronary stent trials. Int J Cardiol 2015; 187: 111-115.
- 3) Kang SJ et al. Comprehensive intravascular ultrasound assessment of stent area and its impact on restenosis and adverse cardiac events in 403 patients with unprotected left main disease. Circ Cardiovasc Interv 2011; 4: 562-569.

※径表示換算目安：1mm=3French=0.0394inches

Rotablator

販売名：ロータブレーター
医療機器承認番号：20900BZY00356000

Wolverine

販売名：ウルヴァリン コロナリー カuttingバルーン
医療機器承認番号：22800BZX00341000

SYNERGY

販売名：シナジー ステントシステム
医療機器承認番号：22700BZX00372000

製品の詳細に関しては添付文書等でご確認いただくか、弊社営業担当へご確認ください。
© 2020 Boston Scientific Corporation or its affiliates. All rights reserved.
All trademarks are the property of their respective owners.

**Boston
Scientific**

Advancing science for life™

ボストン・サイエンティフィック ジャパン株式会社
本社 東京都中野区中野4-10-2 中野セントラルパークサウス
www.bostonscientific.jp

2007-13293-A-ODP / PSST20200706-0643