



Optical Frequency Domain Imaging

# Intravascular Imaging and Histology in Peripheral Artery Disease

## < OFDI >

一般的名称：OCT 画像診断装置

販売名：ルナウェーブ 医療機器承認番号：22500BZX00058000

一般的名称：血管内光断層撮影用カテーテル

販売名：ファーストビュー 医療機器承認番号：22500BZX00057000

## < IVUS >

一般的名称：循環器用超音波画像診断装置

販売名：ビジキューブ 医療機器認証番号：227ABBZX00040000

一般的名称：中心循環系血管内超音波カテーテル

販売名：アルタビュー 医療機器承認番号：22800BZX00267000

※本製品の詳細は電子添文をご参照ください。

画像は、自治医科大学附属さいたま医療センター 循環器内科 講師 陣内博行先生  
およびCVPathInstitute (USA)より提供

著者はテルモ株式会社より、監修料等を受領しています。

記載されている社名、各種名称は、  
テルモ株式会社および各社の商標、または登録商標です。  
©テルモ株式会社2022年1月  
21CA123



テルモ株式会社

〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷2-44-1 [www.terumo.co.jp](http://www.terumo.co.jp)

監修 自治医科大学附属さいたま医療センター

陣内 博行 先生

# 序 文

血管内画像診断はカテーテル治療において病態診断や治療方針の決定に重要な役割を果たしている。

下肢動脈疾患に対するカテーテル治療においてはIVUS (Intravascular ultrasound、血管内超音波検査法) が普及しているが、このたび本邦において冠動脈領域に限定されていたOFDI (Optical Frequency Domain Imaging、光干渉断層診断) が臨床使用できるようになった。

OFDIは画像分解能がIVUSのおよそ10倍と優れており、血管組織への深達長が短くなるという制限はあるものの、冠動脈領域で血管内面付近の解離、血栓、プロラプス (組織逸脱)、ステントマルアポジション等の微細な構造や、石灰化病変を鮮明に描出できることが報告されており\*、下肢動脈においても病態の解明や治療方針の決定に役立つことが期待される。

本書は下肢動脈において一般的に見られる所見から、判別困難と考えられる所見まで、OFDI、IVUS、病理画像を対比させて編集した。

本書を用いて実臨床で得られた画像をより正確に判別することにより、下肢動脈疾患の病態理解の一助となることを期待する。

2022年1月

監修：自治医科大学附属さいたま医療センター  
**陣内 博行**

自治医科大学附属さいたま医療センター

**陣内 博行**

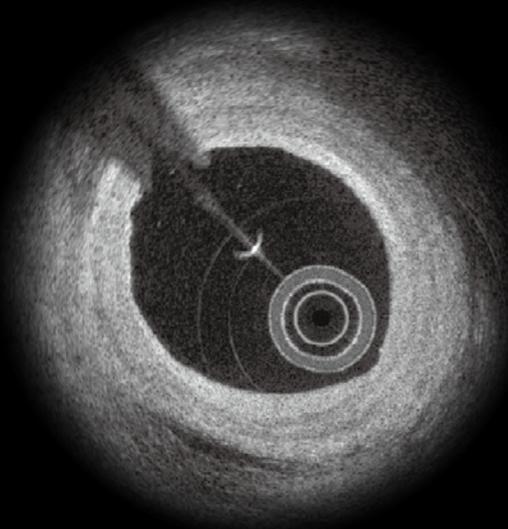
略歴

2007年 3月 富山大学 医学部 医学科卒業  
2007年 4月 自治医科大学附属さいたま医療センター 初期研修医  
2009年 4月 自治医科大学附属さいたま医療センター 循環器科臨床助教  
2013年 4月 小倉記念病院 循環器内科 医員  
2017年 4月 CVPATHInstitute Research Fellow (USA)  
2020年 4月 自治医科大学附属さいたま医療センター 循環器科 講師  
現在に至る

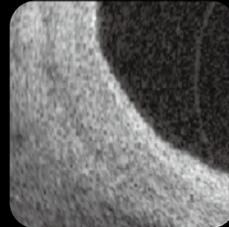
\*Ikejima H, Kitabata H, Akasaka T: Current status and future perspectives of coronary artery imaging by optical coherence tomography. J Jpn Coron Assoc 2010; 16: 73-79

# CASE LIST

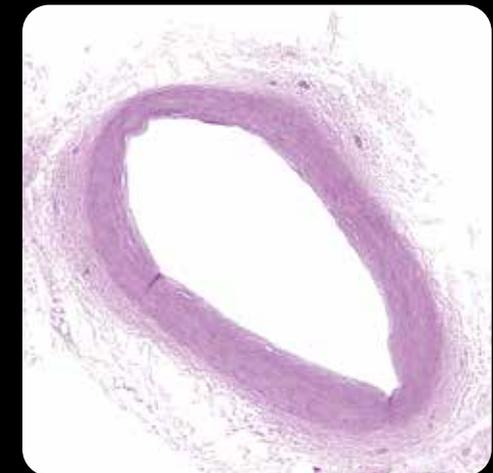
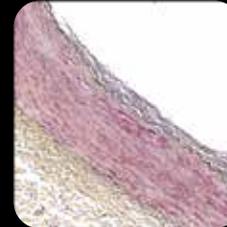
#01 Normal Vessel 1	5	#18 Medial Calcification 1	39
#02 Normal Vessel 2	7	#19 Medial Calcification 2	41
#03 Normal Vessel 3	9	#20 Medial Calcification 3	43
#04 Adaptive Intimal Thickening 1	11	#21 Medial Calcification 4	45
#05 Adaptive Intimal Thickening 2	13	#22 Fusion Calcification 1	47
#06 Adaptive Intimal Thickening 3	15	#23 Fusion Calcification 2	49
#07 Pathological Intimal Thickening 1	17	#24 Nodular Calcification 1	51
#08 Pathological Intimal Thickening 2	19	#25 Nodular Calcification 2	53
#09 Fibroatheroma 1	21	#26 Nodular Calcification 3	55
#10 Fibroatheroma 2	23	#27 Calcified Nodule 1	57
#11 Fibroatheroma 3	25	#28 Calcified Nodule 2	59
#12 Fibrous Tissue 1	27	#29 Calcified Nodule 3	61
#13 Fibrous Tissue 2	29	#30 Bone Formation 1	63
#14 Plaque Rupture	31	#31 Bone Formation 2	65
#15 Intimal Calcification 1	33	#32 Bone Formation 3	67
#16 Intimal Calcification 2	35	#33 Foamy Macrophage 1	69
#17 Intimal Calcification 3	37	#34 Foamy Macrophage 2	71
		#35 Foamy Macrophage 3	73



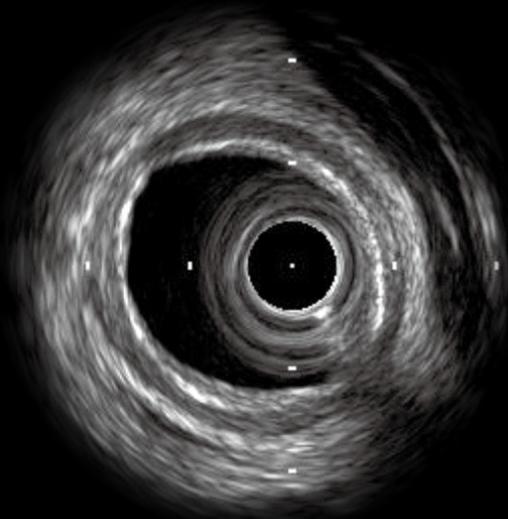
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

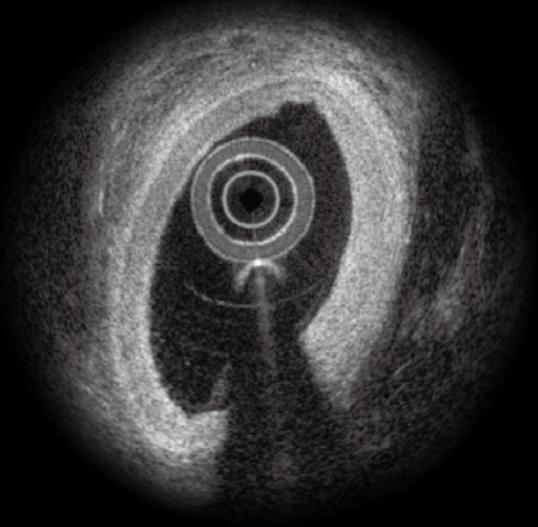


**OFDI** 中膜は、内膜、外膜と比べて低輝度になる。

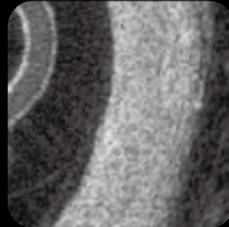


**IVUS** 低エコー領域の中膜と内側の等エコー領域の内膜と外側の等エコー領域として外膜が描出されている。

**病理** 血管壁は3層構造として認識される。

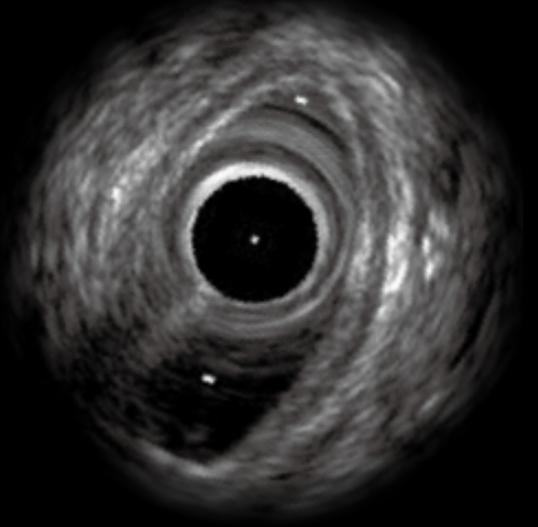
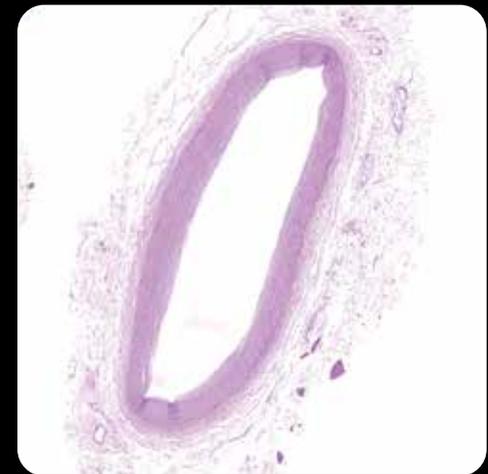
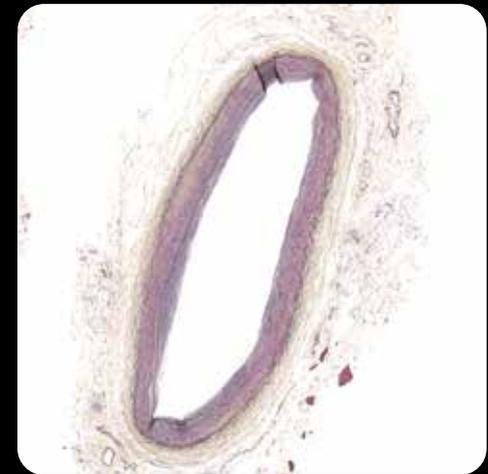


OFDI の一部拡大



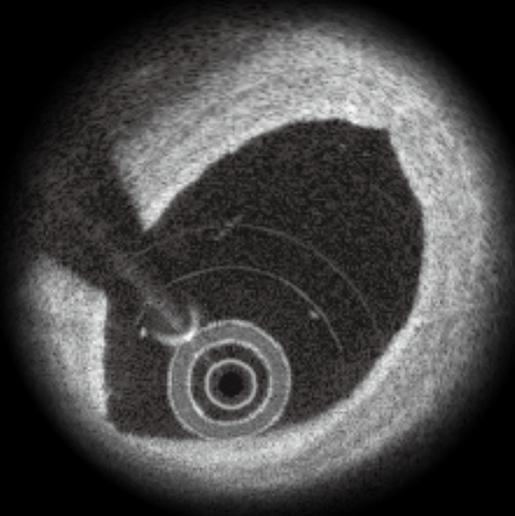
**OFDI** 明瞭な低輝度領域として中膜が描出されている。また内膜肥厚を認めない。

病理の一部拡大

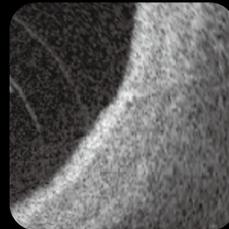


**IVUS** 内膜は等エコー、中膜は低エコー、外膜も等エコー領域として描出される。

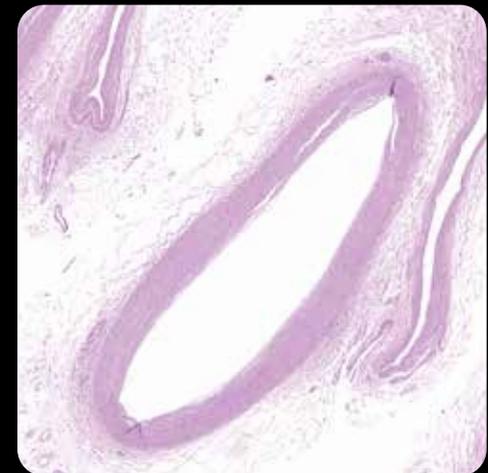
**病理** Intima の肥厚を認めず。また中膜の菲薄化も認めない。



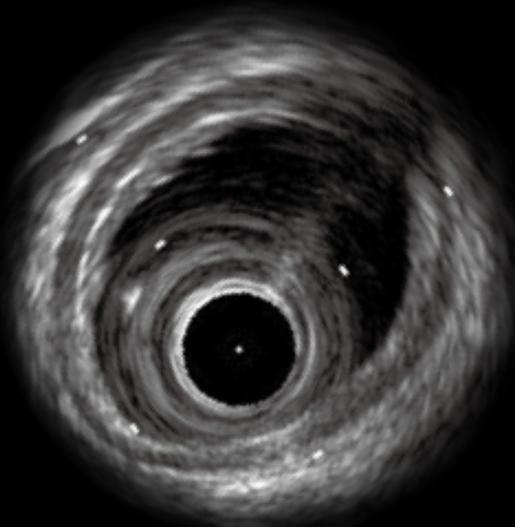
OCTの一部拡大



病理の一部拡大

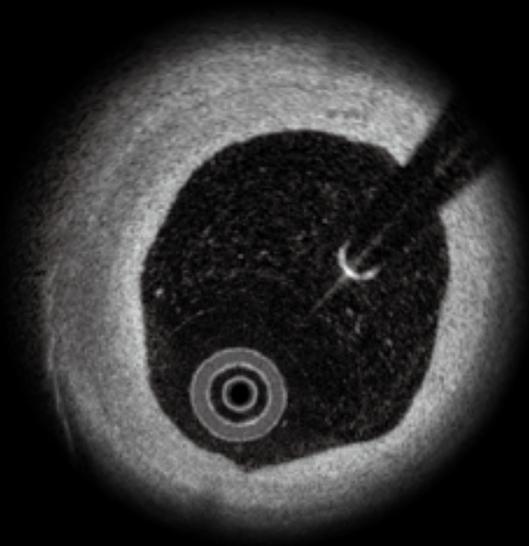


**OCT** 内膜の肥厚を認めず。中膜は低輝度領域として認める。

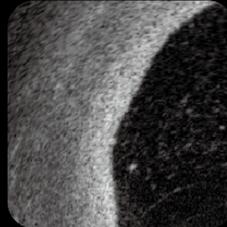


**IVUS** 中膜は低エコー領域として描出され、内膜と外膜の間に位置する。

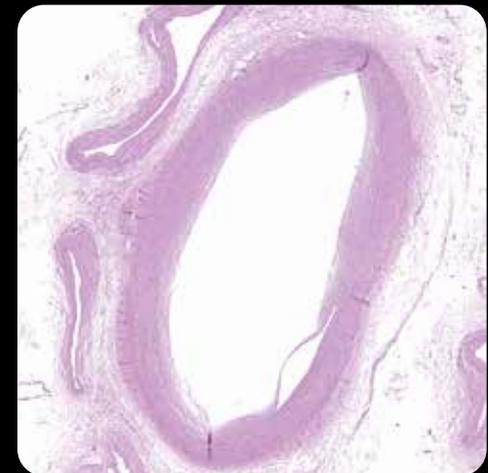
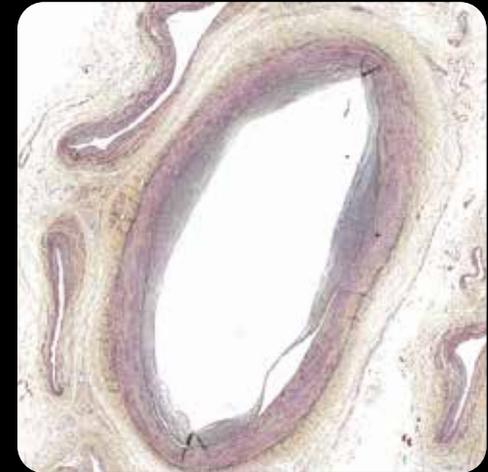
**病理** IELとEELに挟まれた中膜、肥厚していない内膜、またEEL外側に外膜を認める。



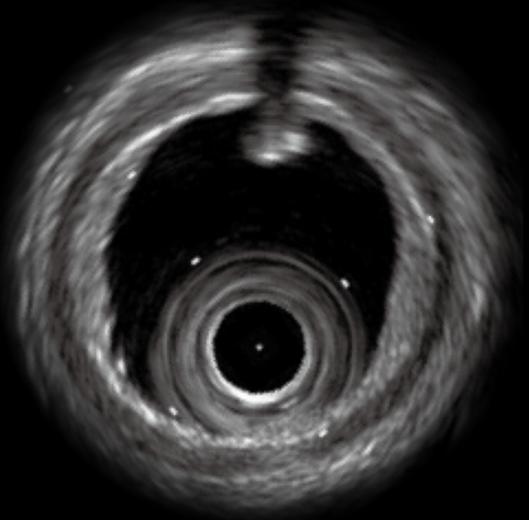
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

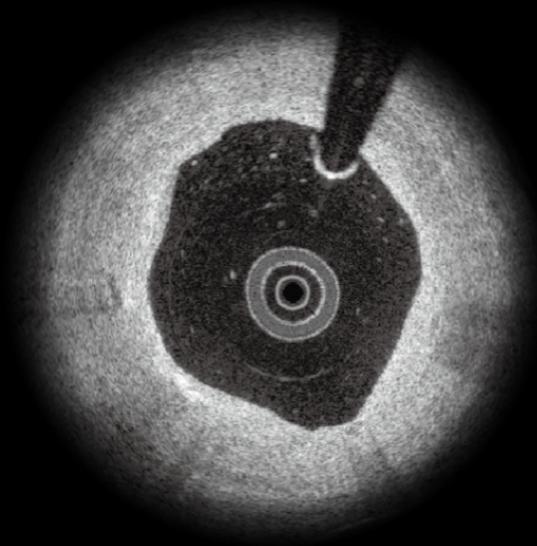


**OFDI** 均一な等輝度として内膜が描出される。

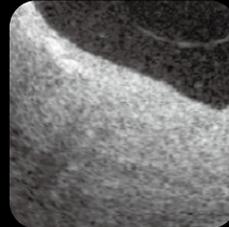


**IVUS** 中膜の内側に軽度に肥厚した等エコー領域を認める。

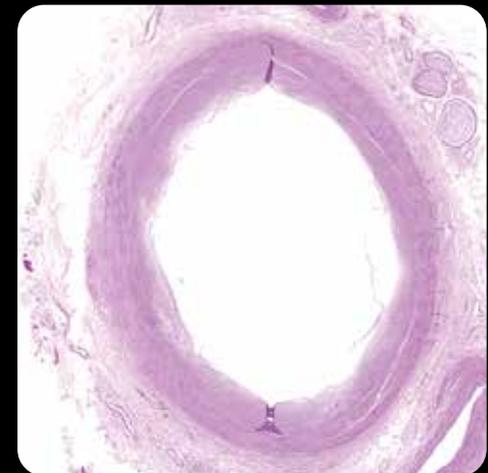
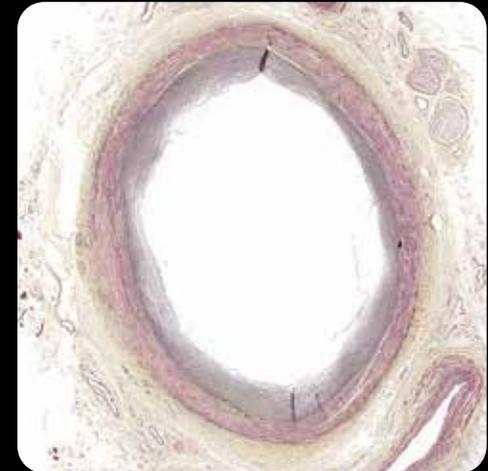
**病理** intimaの軽度の肥厚を認める。Adaptive intimal thickeningは動脈硬化のプロセスというよりも血流への生理的反応と考えられている。



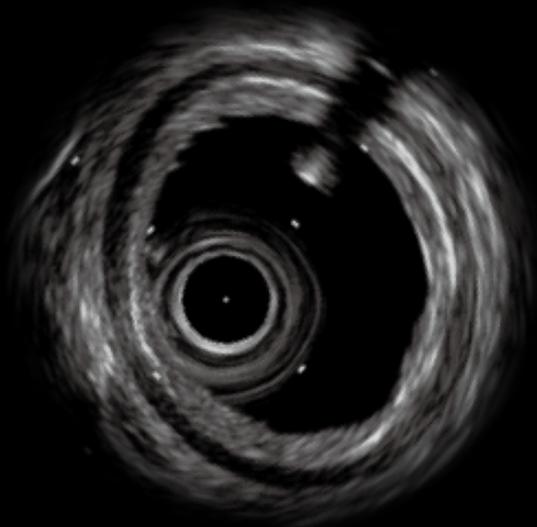
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

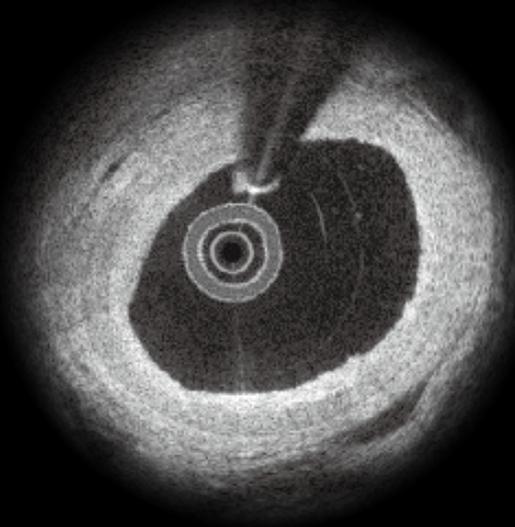


**OFDI** 均一な等輝度として内膜肥厚が描出される。



**IVUS** 等エコー領域として内膜肥厚を認める。

**病理** Intima の軽度の肥厚を認める。



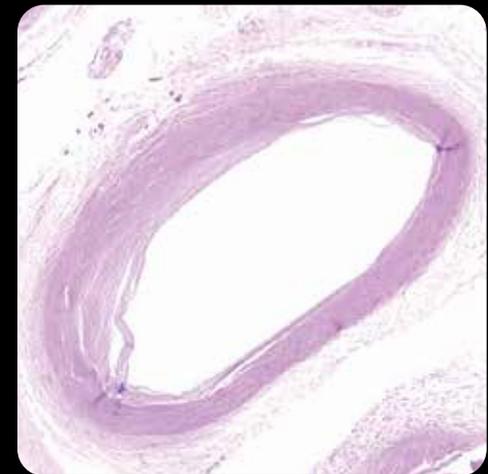
OFDI の一部拡大



OFDI

中膜を低輝度の帯状の組織として描出し、等輝度領域として intima を描出している。

病理の一部拡大

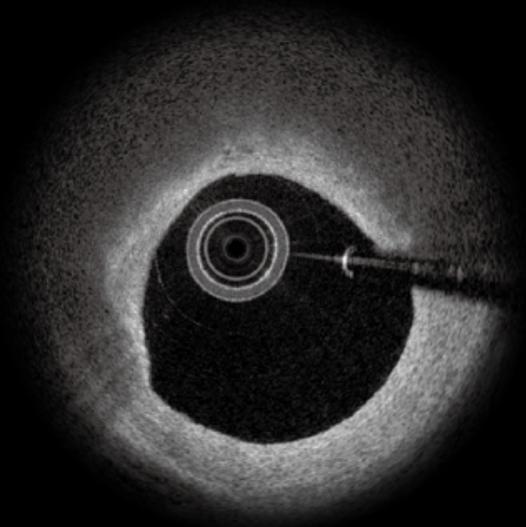


IVUS

全周性に軽度肥厚し内膜を認める。

病理

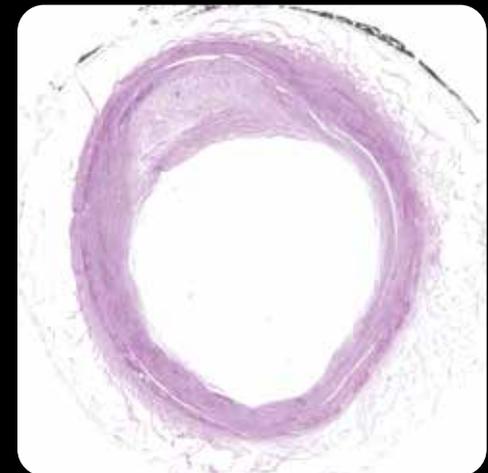
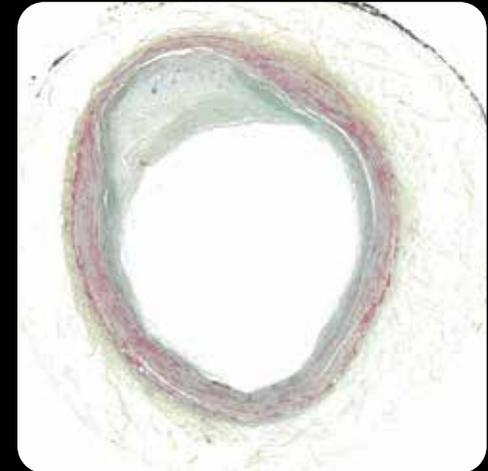
intima の軽度の肥厚を認める。IEL は均一な一本の線ではなく、複数本確認できる。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

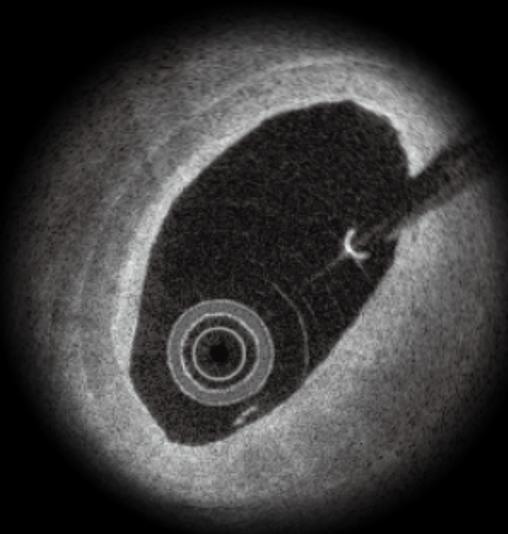


**OFDI** 内腔直下より信号強度の強い減衰を認める。

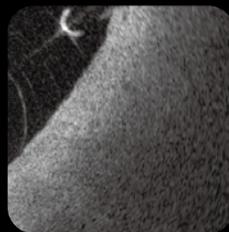


**IVUS** 8時から11時には表面が線維性プラークを反映した等エコー領域であるが、その深層は脂質成分によりエコー信号の減衰を認める。

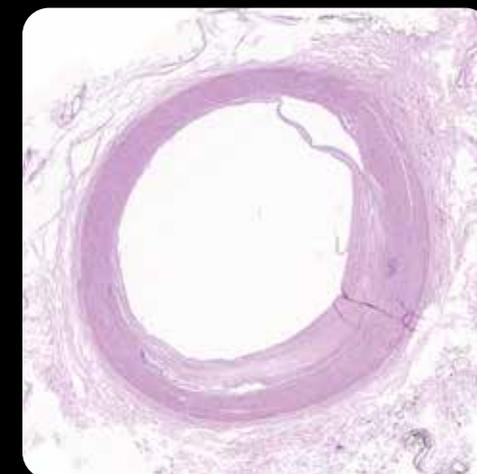
**病理** 中膜直下に lipid pool とプロテオグリカンを中心とした細胞外基質を認める。また、その内部には散在性の punctate calcification を認める。



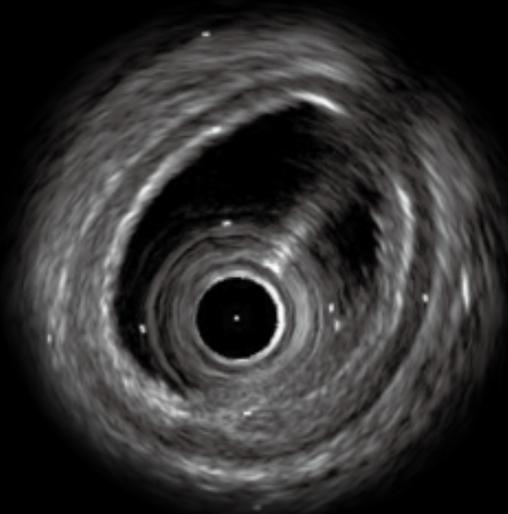
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

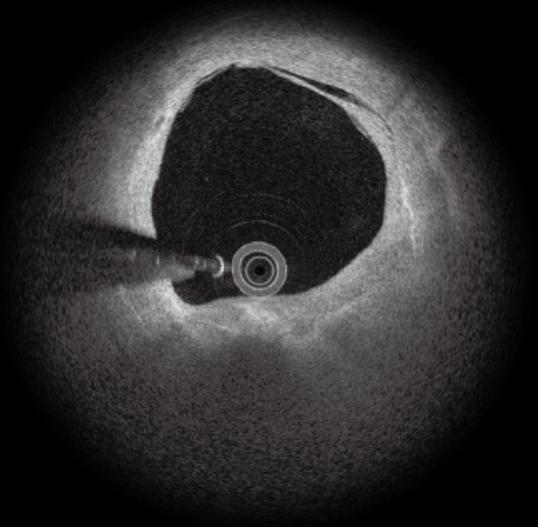


**OFDI** 表面の線維性プラークの直下から信号の減衰を認める。

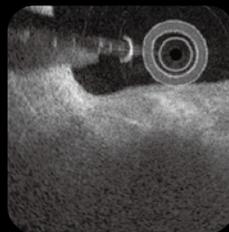


**IVUS** 4時から6時はエコーシグナルの減衰を認めない。

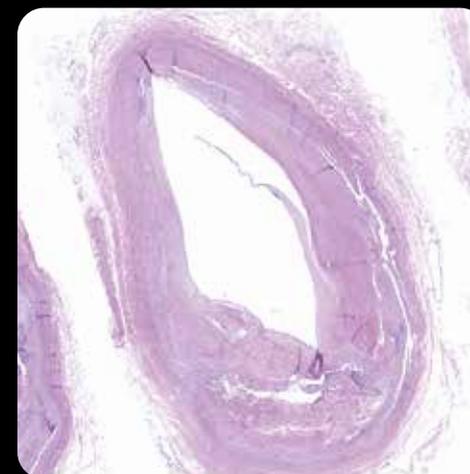
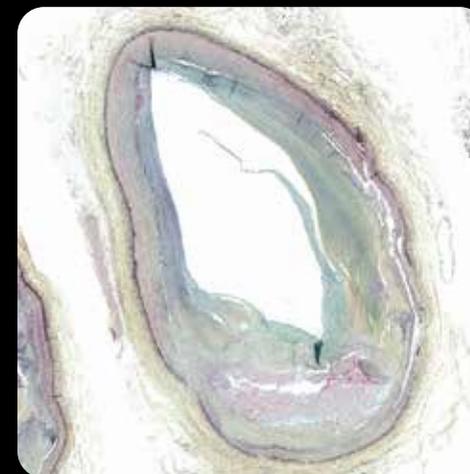
**病理** 4時から6時の中膜直下に脂質成分の貯留を認める。



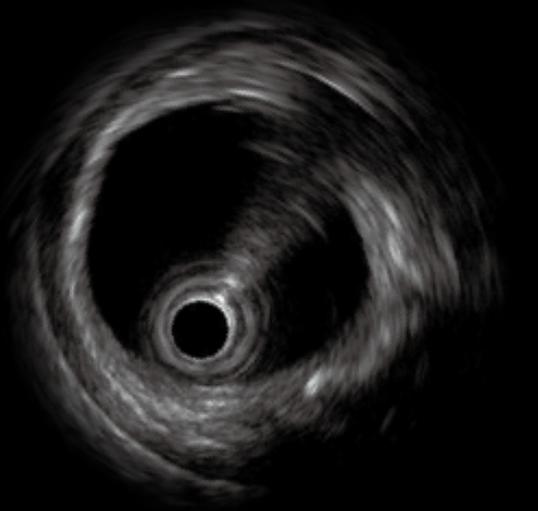
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

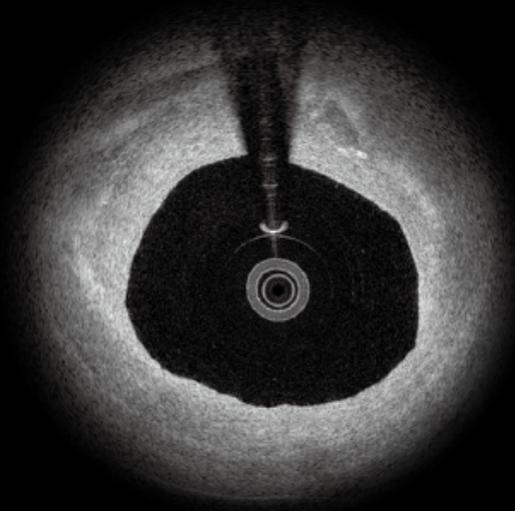


**OFDI** ネクローティックコアの存在に伴う信号の減衰を認める。

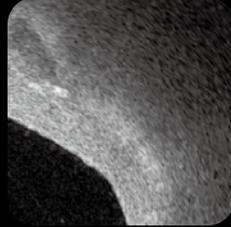


**IVUS** 5時方向に小さな石灰化を認めるが、4時から8時方向はエコー信号の減衰を認める。

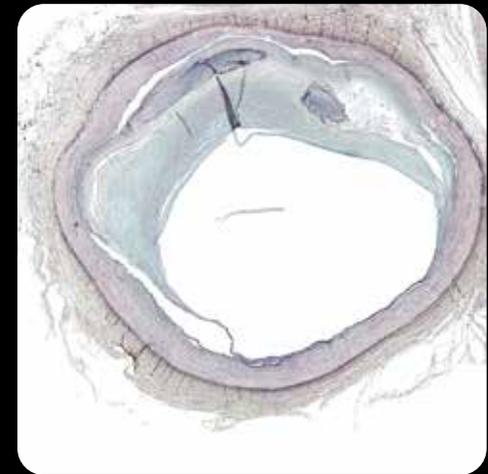
**病理** 脂質成分のさらに進展した状態を fibroatheroma と呼ぶ。コレステロールクレフトとマクロファージなどの apoptosis によるデブリスを伴う。これらを総称しネクローティックコアと呼ぶ。4時から8時方向に出血を伴うネクローティックコアを認める。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大



**OFDI** ネクローティックコアの部位と一致して信号の減衰を認める。

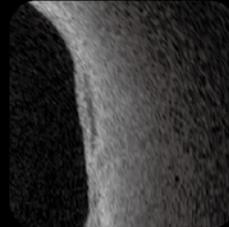


**IVUS** 2時方向にある小さな石灰化の右側にある脂質に対しては、エコー信号の強い減衰は認めず後方も描出されている。

**病理** 厚い線維性皮膜の直下にネクローティックコアを認める。周辺に存在する foamy macrophage とコレステロールクレストを確認できる。

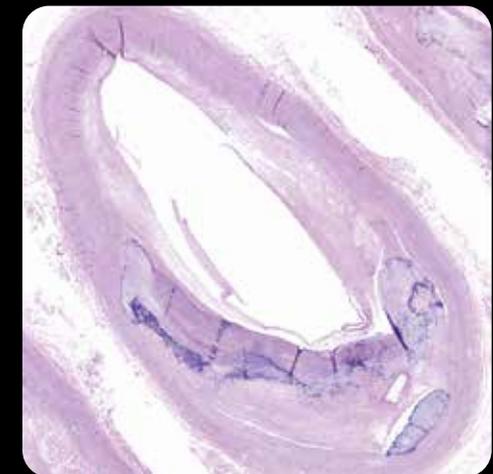
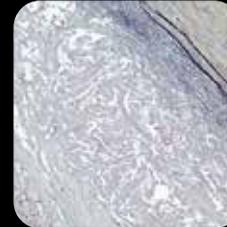


OCTの一部拡大



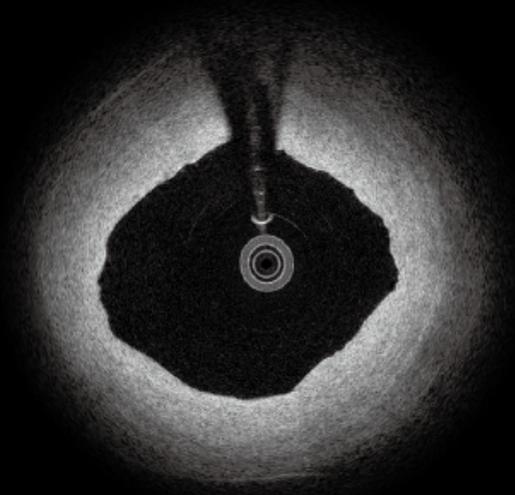
**OCT** 9時から3時方向は内腔直下より始まる信号の減衰を認める。

病理の一部拡大

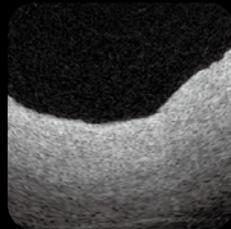


**IVUS** 9時方向と3時方向一部には強い低エコー領域は認めない。

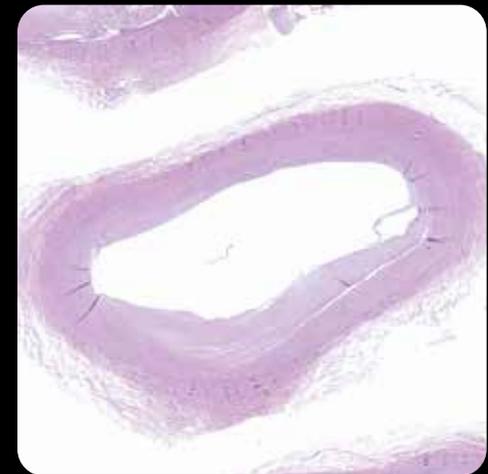
**病理** 線維性皮膜の直下にコレステロールクレフトと無細胞性デブリスを認める。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

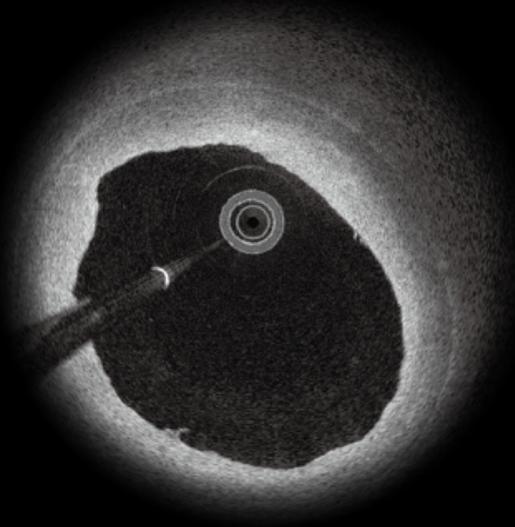


**OFDI** 厚い等輝度な信号領域を認める。



**IVUS** 全周性に肥厚した等エコー領域を認める。

**病理** 線維性組織 (ビグリカン、I型コラーゲン、デコリンで主に構成) を認める。



OFDI の一部拡大



**OFDI** 厚い等輝度な信号領域を認める。

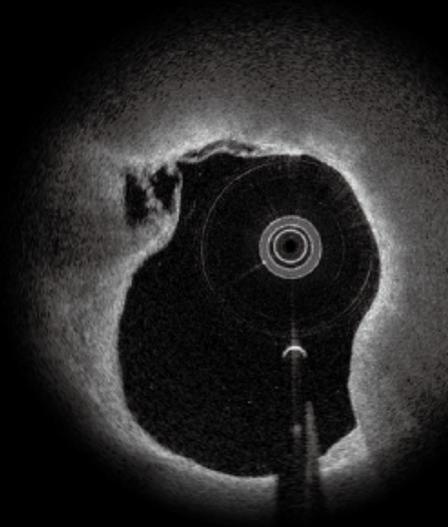
病理の一部拡大



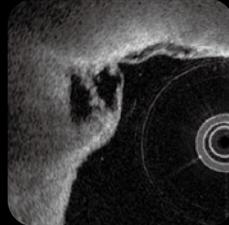
**病理** 脂質を含まない線維性組織を認める。



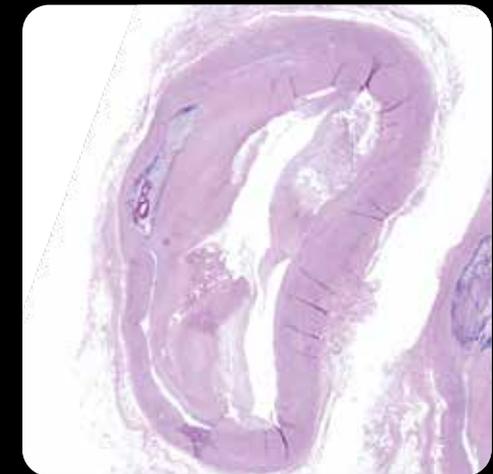
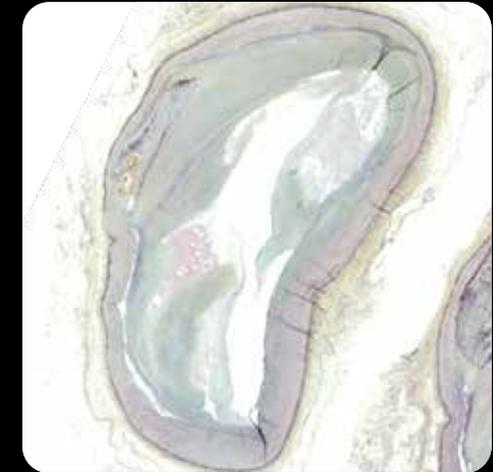
**IVUS** 等エコー領域が中膜内側に肥厚して全周性に認める。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大



**OFDI**

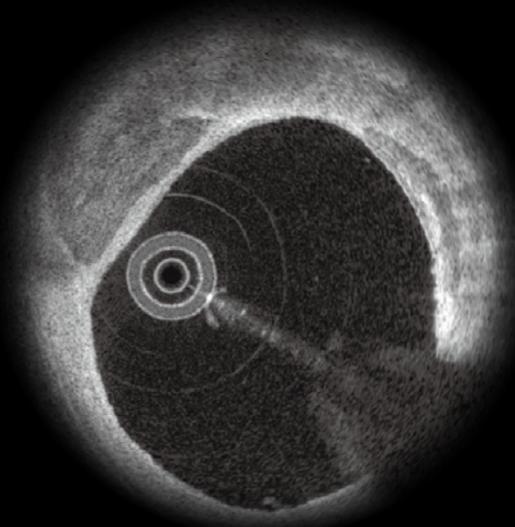
表層の皮膜の波状と内部の cavity 様の空洞の領域を認め、内部また周辺は脂質成分を主体としている。

**IVUS**

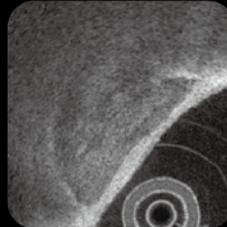
11時方向に血管壁表層の波状を認める。

**病理**

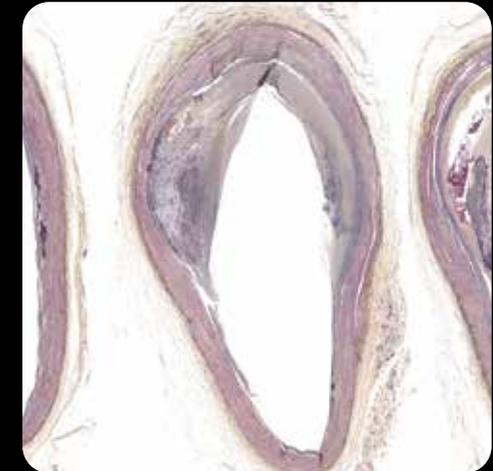
線維性皮膜の波状を伴い、内部の出血性ネクロティックコアが露出している。



OFDI の一部拡大

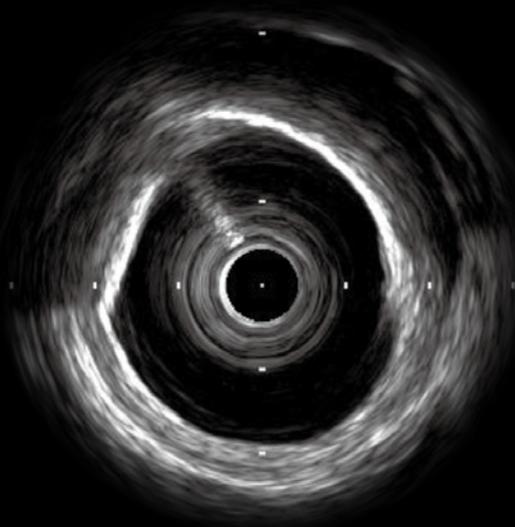


病理の一部拡大



**OFDI**

表面の線維性プラークとの境界が明瞭な石灰化信号を認める。石灰化内部の脂質成分が少ないため、後面の石灰化境界も描出されている。



**IVUS**

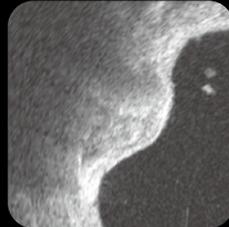
9時から3時方向に石灰化を示す高エコー領域を表在性に認める。

**病理**

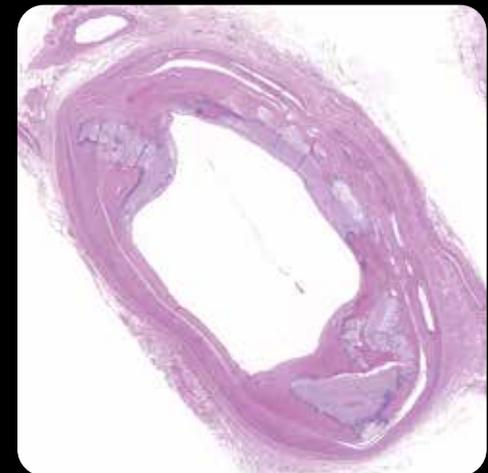
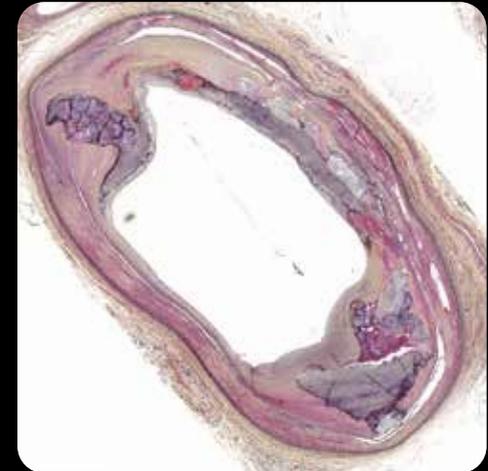
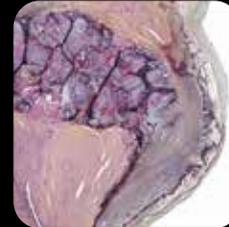
石灰化組織を中心としたプラークを認める。石灰化の上縁には骨化組織も認める。石灰化内部の脂質成分は少ない。



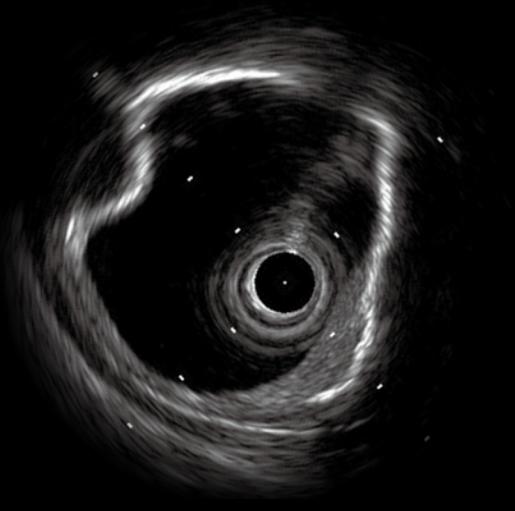
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

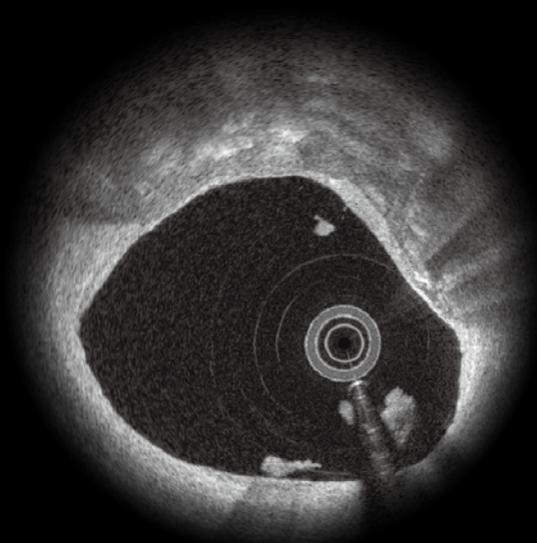


**OFDI** 10時方向に表面凸な境界明瞭な石灰化信号を認める。また270度近い石灰化を表在性に認める。

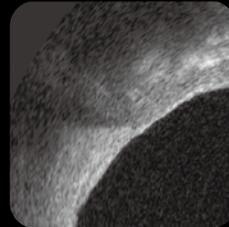


**IVUS** 約270度の表在性石灰化を認め、10時方向は凸型である。

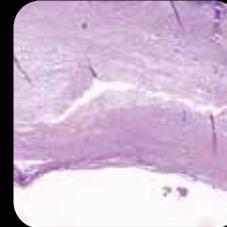
**病理** 約270度の表在性の石灰化を認める。また、一部深部では石灰化成分が結節状となった形状の nodular calcification を認める。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大



OFDI

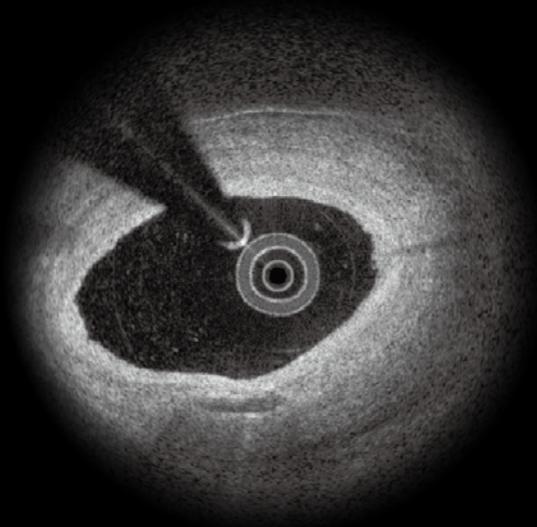
後面の境界が不鮮明な石灰化信号を認める。石灰化内部では、密度の違いを反映した輝度が上昇している領域も認める。

IVUS

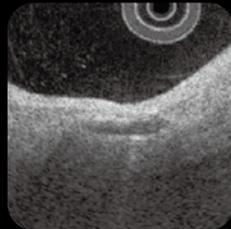
10時から3時方向に石灰化を示す高エコー領域を認める。

病理

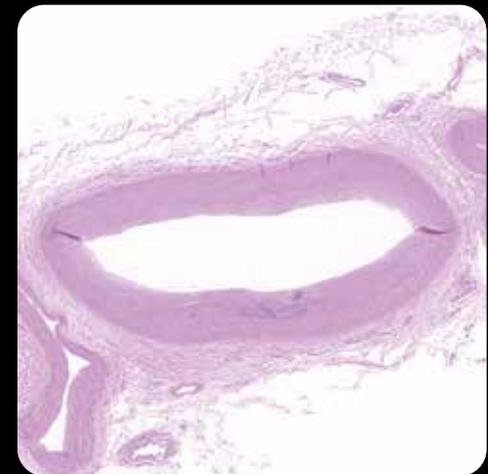
10時から3時方向に表在性の厚い石灰化を認める。内部には一部脂質成分の混在も認める。



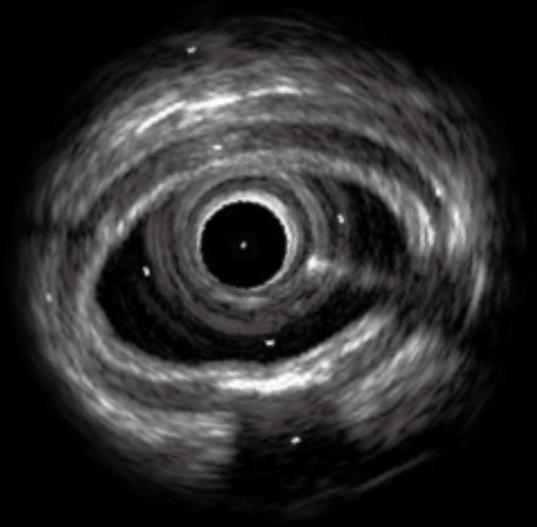
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

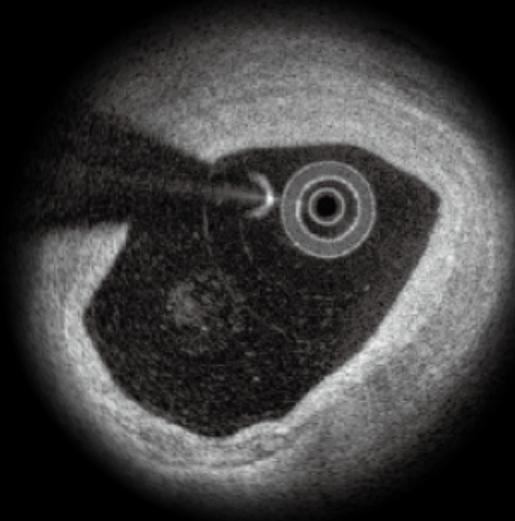


**OFDI** 境界明瞭な内部低輝度な信号を中膜内に認める。境界は明瞭で内部は比較的均一な低輝度である。

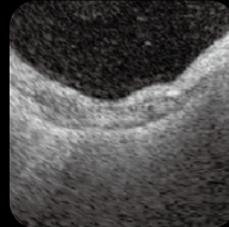


**IVUS** 中膜内部に高エコー領域を認める。

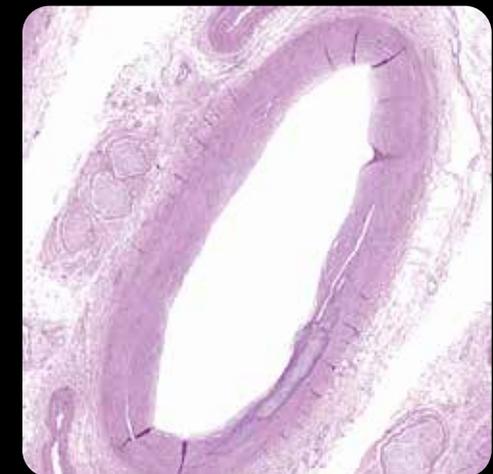
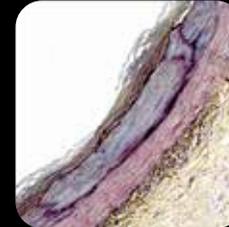
**病理** 中膜に存在する石灰化成分を medial calcification と呼ぶ。中膜内部に局限した石灰化を認める。



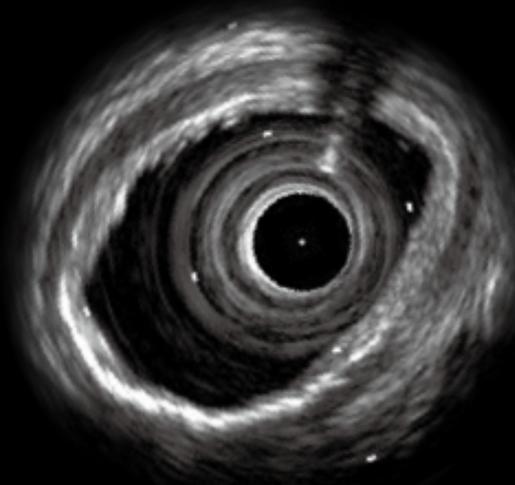
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

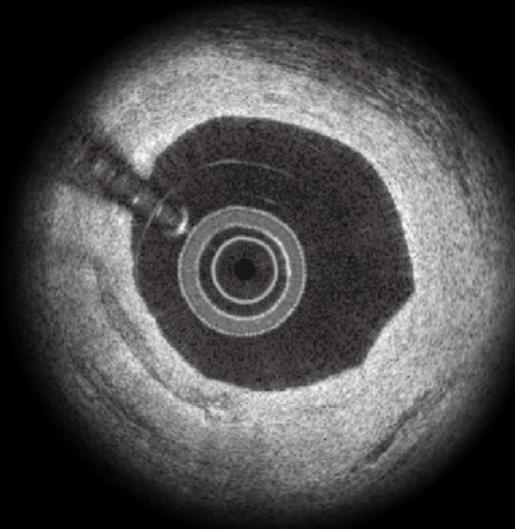


**OFDI** 中膜内に限局した石灰化信号を認める。

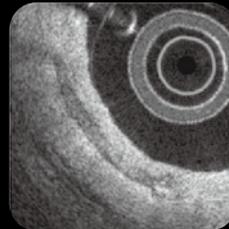


**IVUS** 中膜の内側辺縁に高エコー領域を弧状に認める。一部後方は観察可能である。石灰化のblooming artifactにより、一見するとintima内の中膜直下に存在しているように見える。

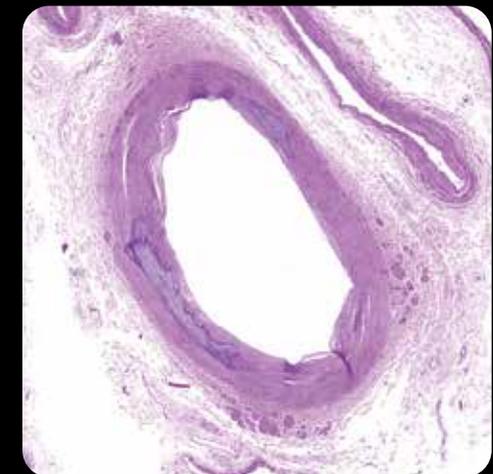
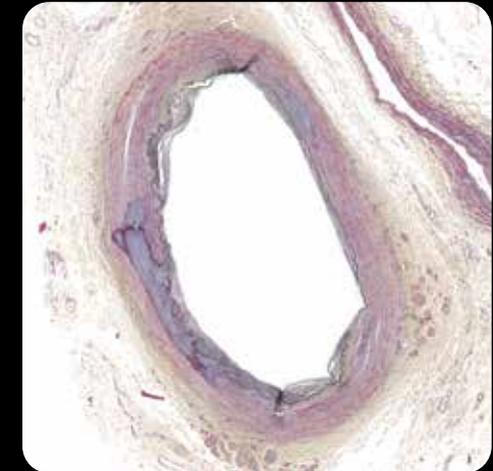
**病理** Intimaの肥厚は認めないが、中膜内に限局した石灰化を認める。石灰化前面はIELを越えておらず、IELに沿った形で進展している。



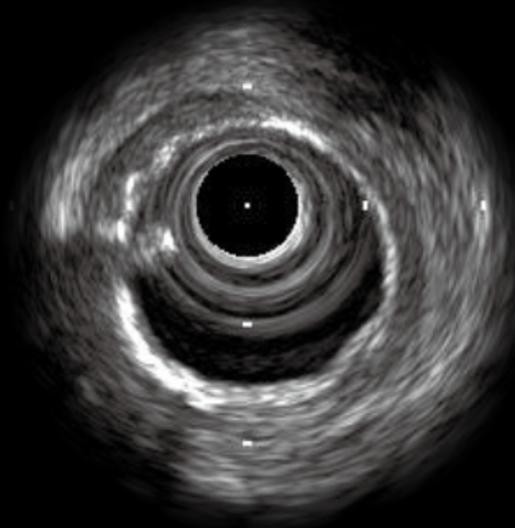
OCTの一部拡大



病理の一部拡大

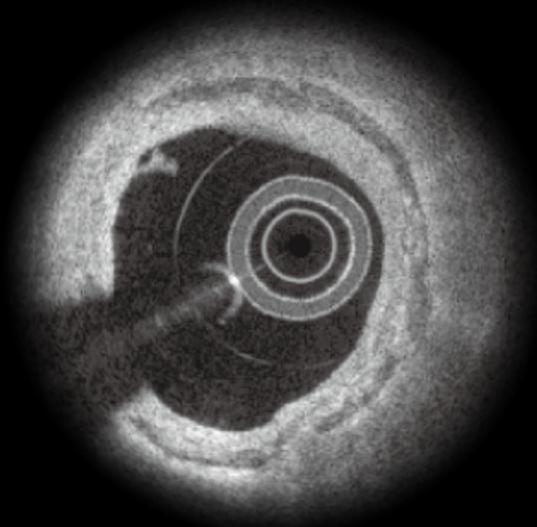


**OCT** 中膜内に前後面共に境界明瞭な約90度の弧状の薄い石灰化を認める。

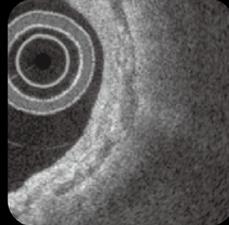


**IVUS** 中膜の内側辺縁に高エコー領域を認め、その後方はエコー信号の強い減衰を認める。

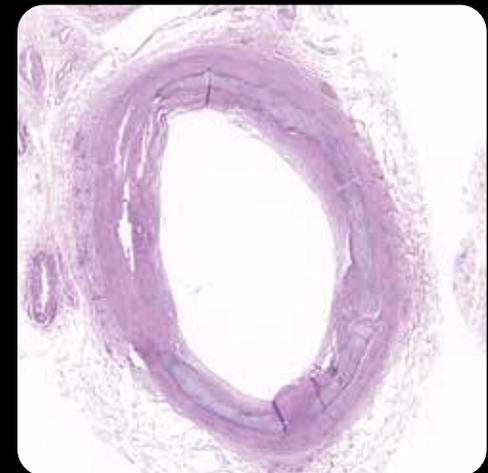
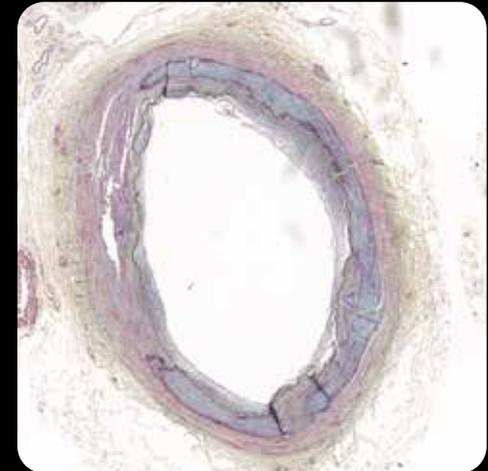
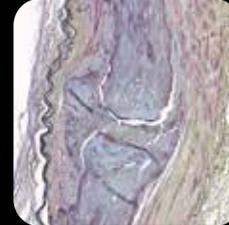
**病理** IELまで接した中膜内に限局した石灰化を認める。



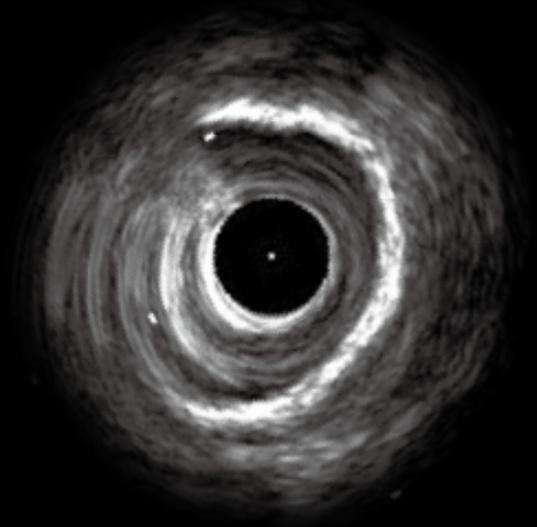
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

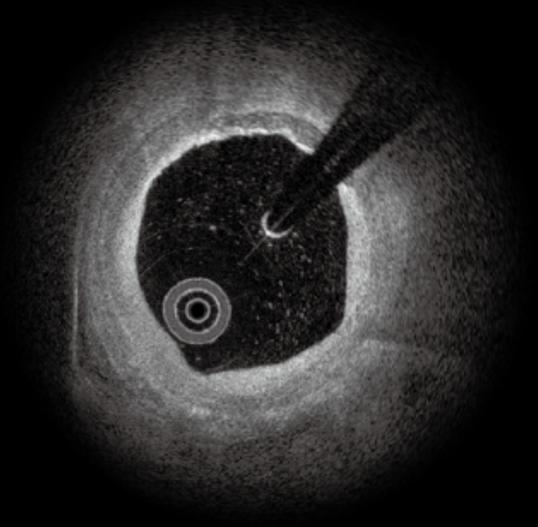


**OFDI** 約270度の弧状の石灰化を中膜領域内に認める。

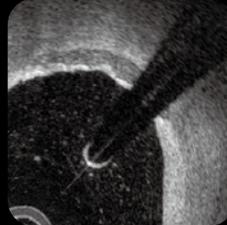


**IVUS** 中膜の低エコー領域に接した高エコー領域を認め、後方は観察可能である。IVUS下での中膜石灰化は後方観察可能な場合もあれば、attenuationにより観察不可能な場合もある。それは石灰化の密度に起因する違いである。

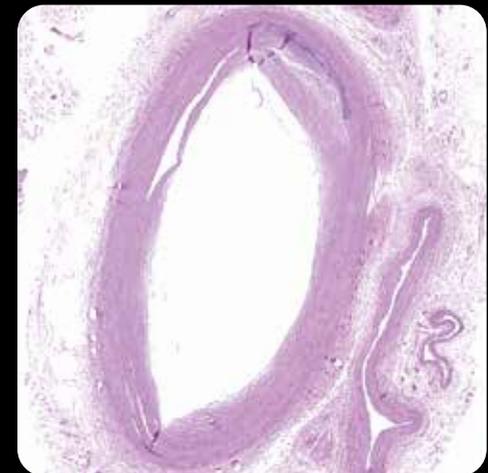
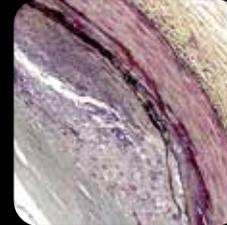
**病理** 約270度の弧状の石灰化を中膜内に認める。4時方向は一部 nodular calcification 状を認める。



OFDI の一部拡大

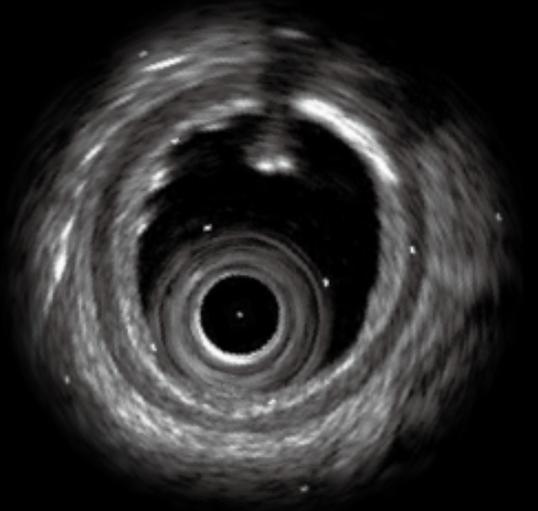


病理の一部拡大



OFDI

intima内に石灰化を認め、周辺のEELの位置から推測すると中膜内にも浸潤した石灰化信号を認める。



IVUS

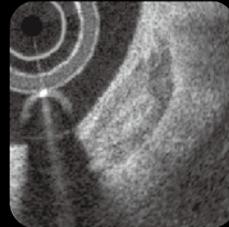
プラーク内から始まる高エコー領域を認め、中膜中間部まで高エコー領域を認める。後方は視認可能である。

病理

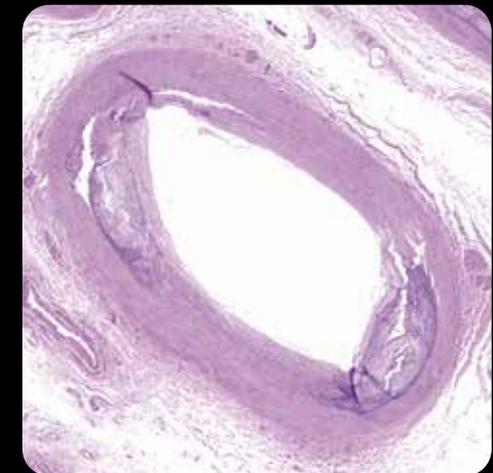
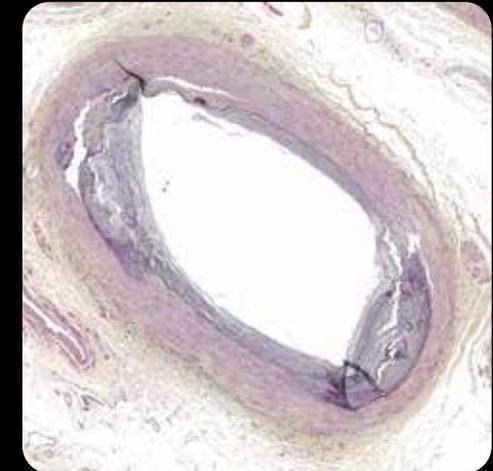
intima内とmedia内に石灰化を認め、両者はIELを越えて繋がっており一つの石灰化として存在している。



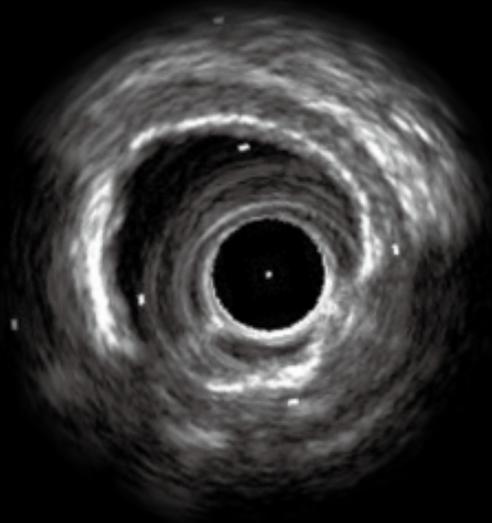
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

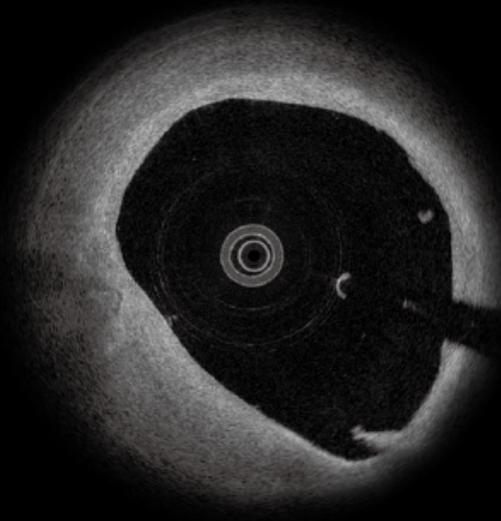


**OFDI** intimaとmedia内と思われるエリアにも一塊の石灰化を認める。

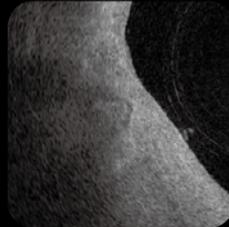


**IVUS** 8-10 時と4-7時方向に高エコー領域をプラーク内から認める。10時から3時方向にも減衰を伴わない薄い高エコー領域を弧状に認めるが、これは IEL そのものの石灰化を反映したものである。

**病理** 5時と10時方向に石灰化を認める。5時側の石灰化は IEL をまたいだ状態で media と intima 内に石灰化を認める。石灰化内部に明瞭に IEL を認める。

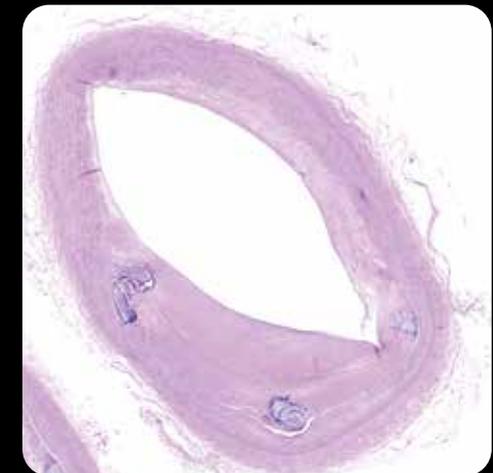
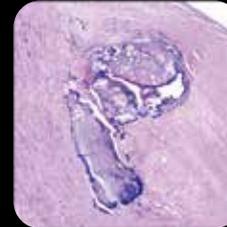


OFDI の一部拡大



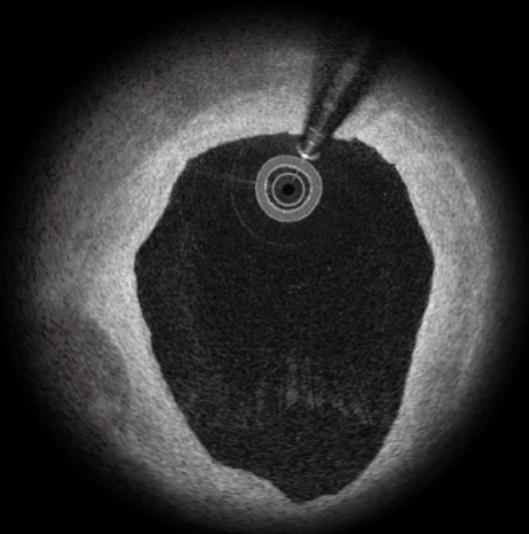
**OFDI** 内腔に向かって凸な形状をした石灰化信号を認める。

病理の一部拡大

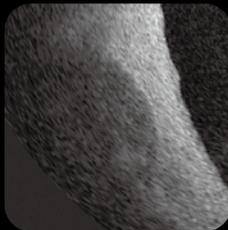


**IVUS** 9時方向に高エコー領域を認める。

**病理** 線維性組織の中に石灰化を認める。結節状の石灰化でファイブリンを伴い nodular calcification である。

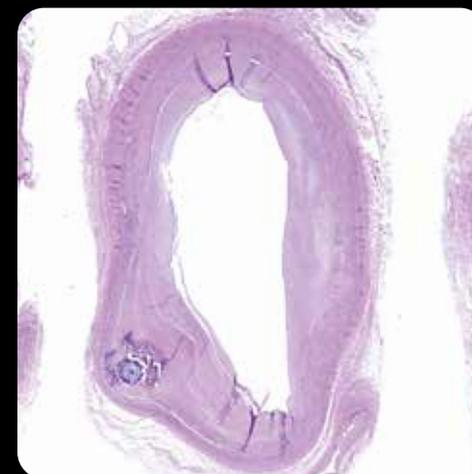
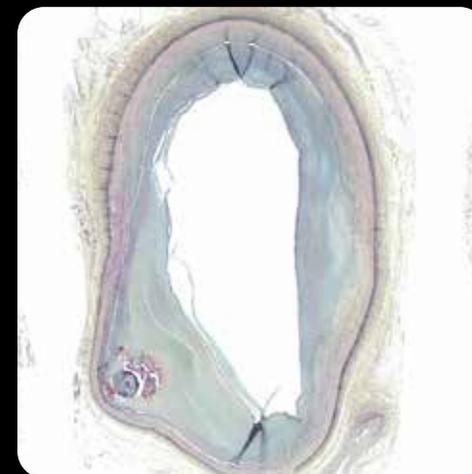
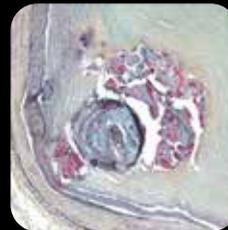


OCTの一部拡大



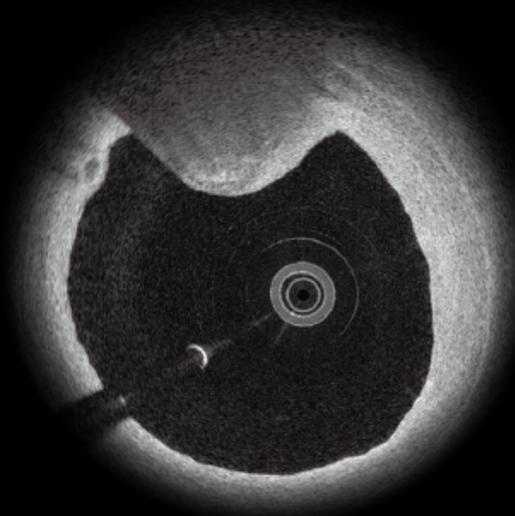
**OCT** 比較的境界が明瞭な石灰化信号を認める。

病理の一部拡大

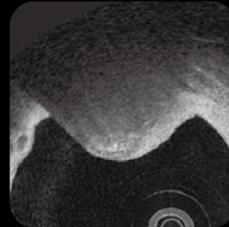


**IVUS** 8時方向に高エコー領域を認める。

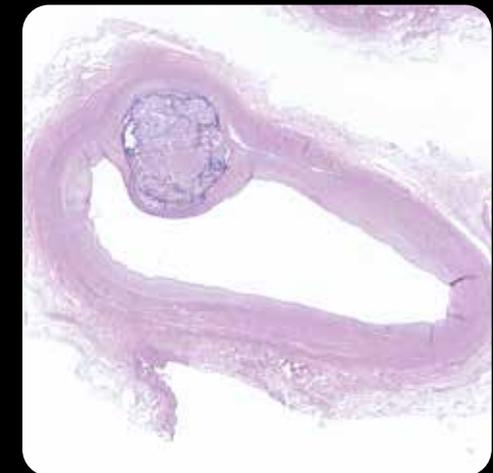
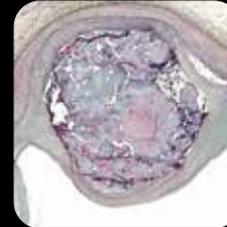
**病理** 中膜直下に石灰化結節を認める。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大



OFDI

表面に突出した石灰化を認め、左縁には突出した構造物でしばしば見られる tangential signal dropout artifact (対象物を OFDI 信号の角度の関係から対象物の後方が視認できなくなる現象) を認める。

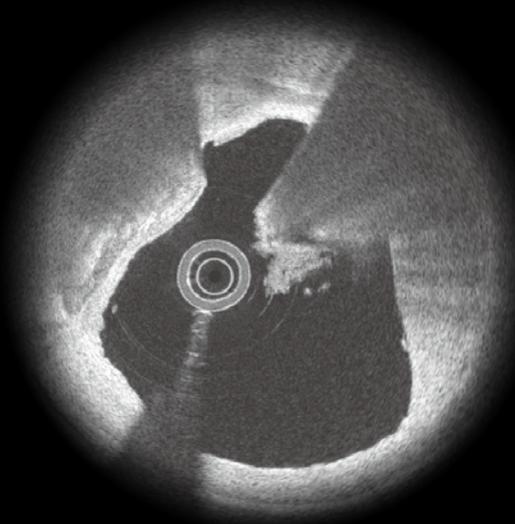


IVUS

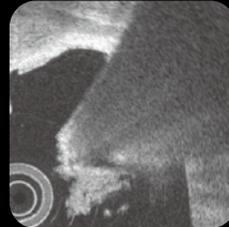
表面凸の高エコー領域を認める。

病理

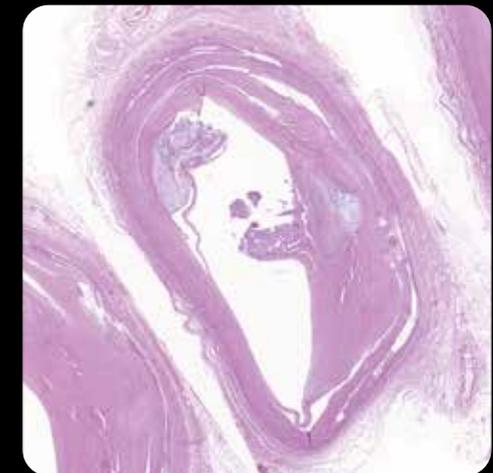
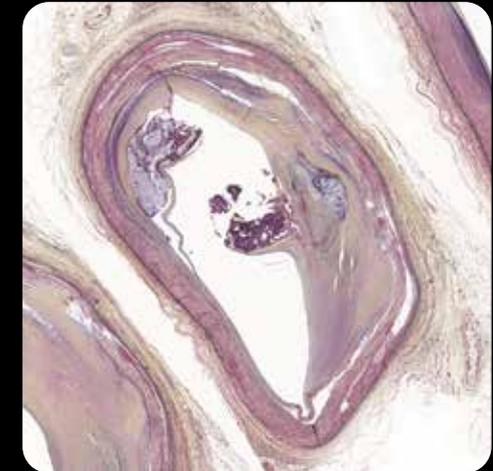
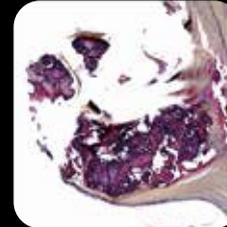
massive な nodular calcification を認める。内部にはファイブリンを認める。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大



**OFDI**

表面が irregular で表層の高輝度とその後方信号の強い減衰を認める。12時方向では tangential signal dropout artifact を認める。近傍には表在性の石灰化も認める。

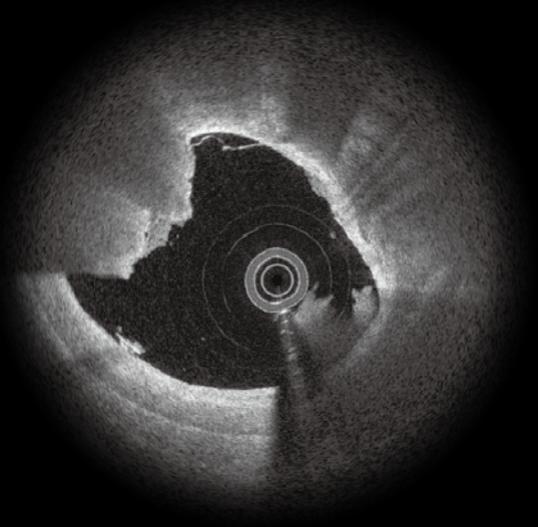


**IVUS**

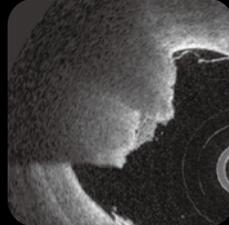
0時から3時方向に表面不整な高エコー領域を認める。

**病理**

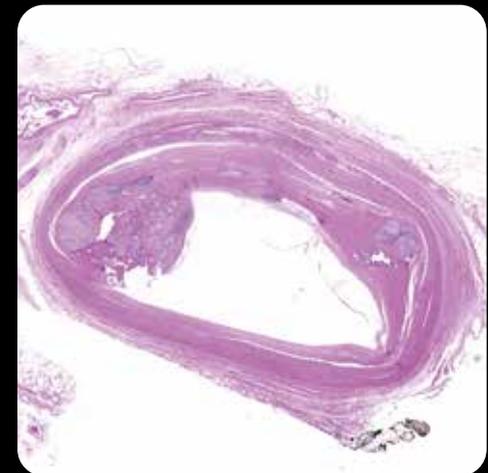
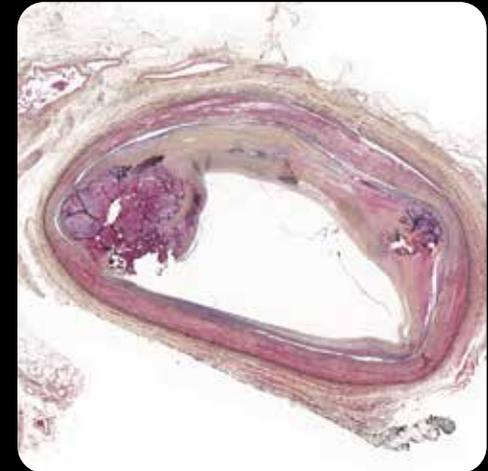
calcified nodule は石灰化結節とそれにより破られた線維性皮膜からなる。



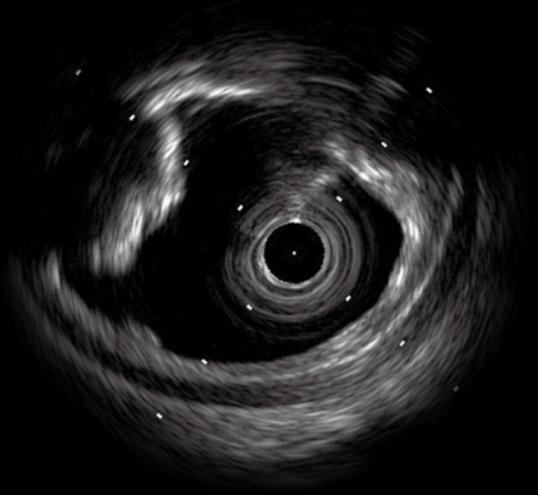
OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

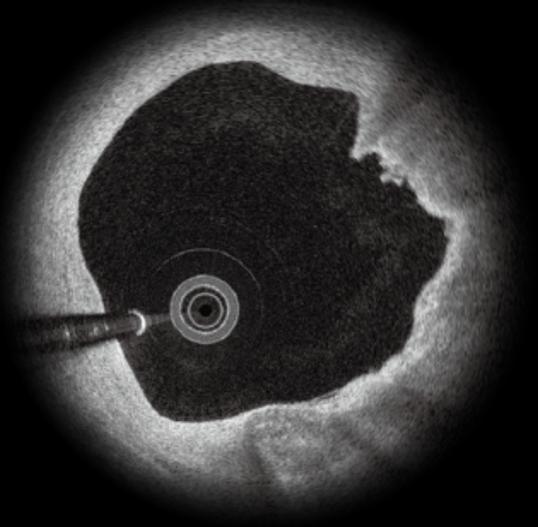


**OFDI** irregularな表面と後方の信号減衰を認め、またその信号と接した表在性の石灰化を0時から3時方向に認める。

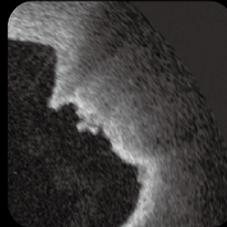


**IVUS** 表面不整の高エコー領域を9時から11時方向に認める。

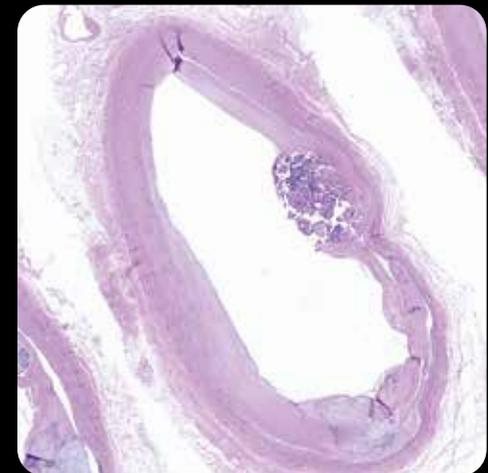
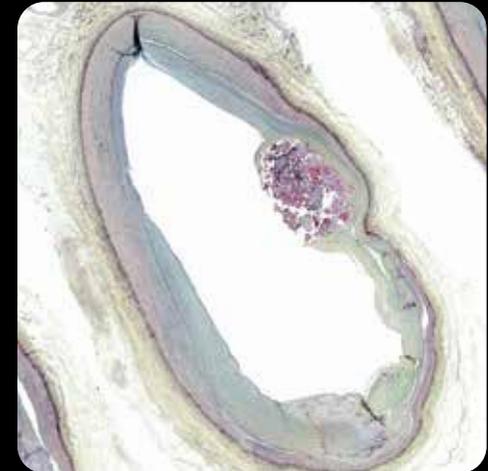
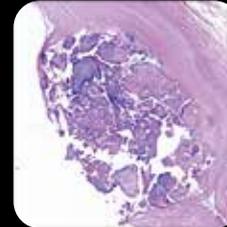
**病理** 破れた線維性皮膜とその内部の石灰化結節と血栓を認める。



OFDI の一部拡大



病理の一部拡大

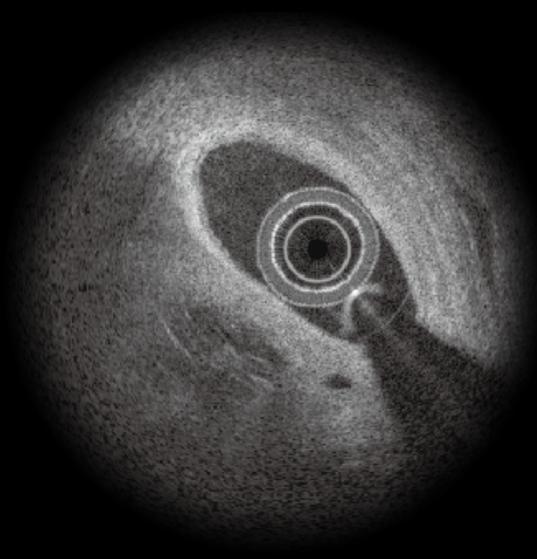


**OFDI** 表面は irregular で後方への信号は徐々に減衰している。6時方向に表在性の石灰化を認める。

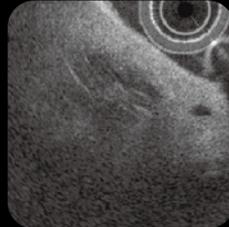


**IVUS** 3時から4時方向に表層の高エコー領域を認める。

**病理** 破れた線維性皮膜の内部から石灰化結節を認める。



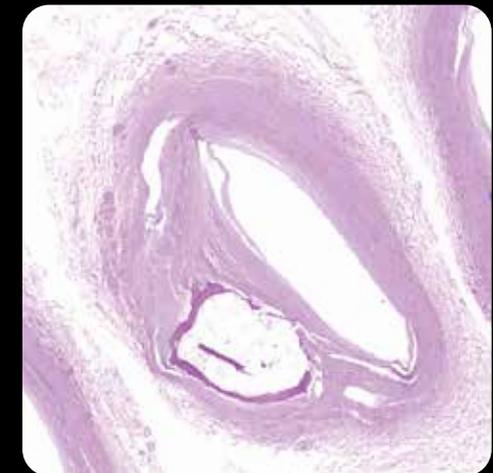
OFDI の一部拡大



**OFDI**

線状もしくは網目状の等輝度領域とそれに囲まれた低輝度領域の混在を認める (Honey comb sign: 骨髄の存在を反映)。

病理の一部拡大

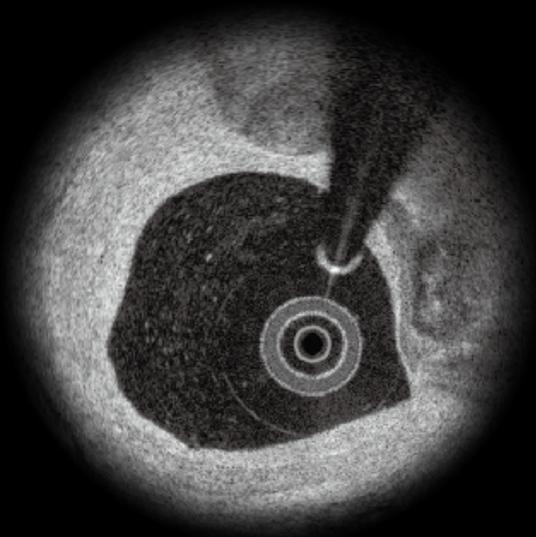


**IVUS**

7時から9時の表層の高エコー領域を認める。

**病理**

骨梁と骨髄を認め、intima 内での骨形成を呈している。

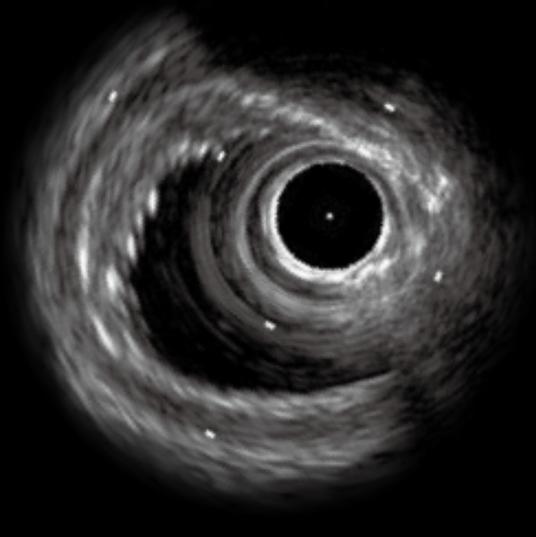
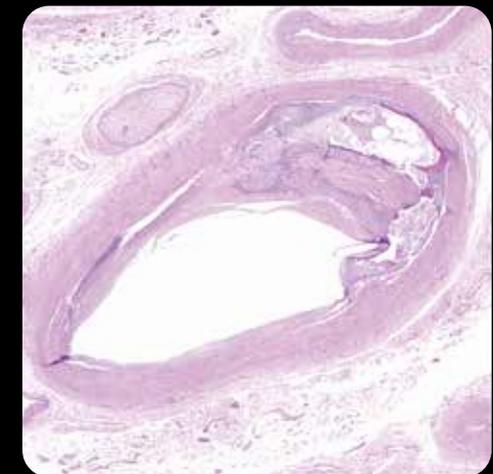


OCTの一部拡大



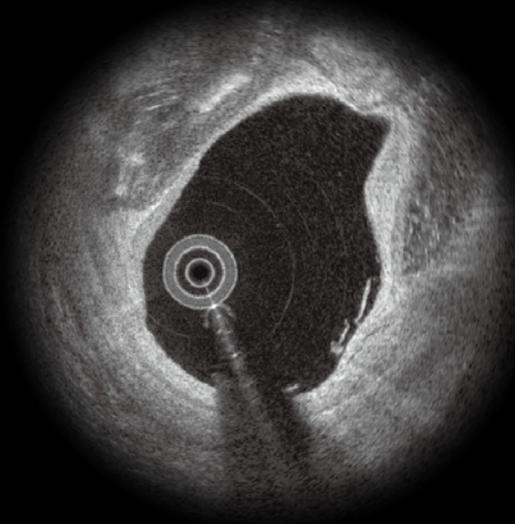
**OCT** 表層の石灰化の深部に一部低輝度と等輝度の混在した領域を認める。

病理の一部拡大

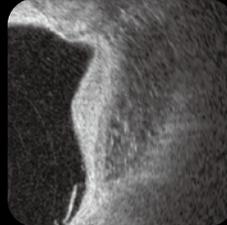


**IVUS** 表層の高エコー領域を認める。

**病理** 0時から4時方向にかけて、石灰化と骨形成を認める。



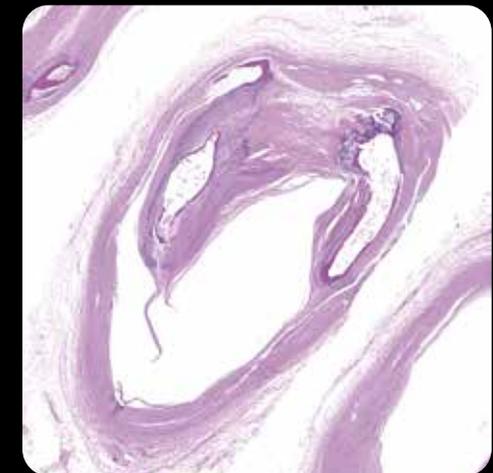
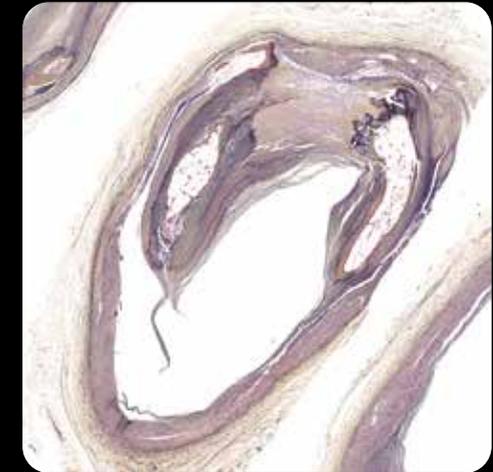
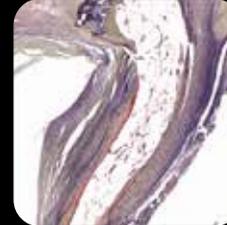
OFDI の一部拡大



OFDI

石灰化信号と思われる領域と近接して10時と3時方向に骨髄の存在を反映してhoney comb signを認める。

病理の一部拡大

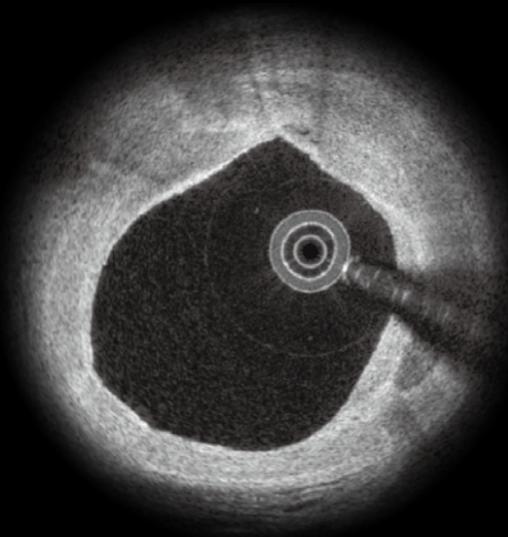


IVUS

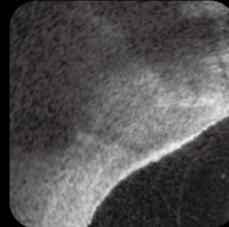
後方のエコーシグナルの強い減衰を伴う表層の高エコー領域を認める。

病理

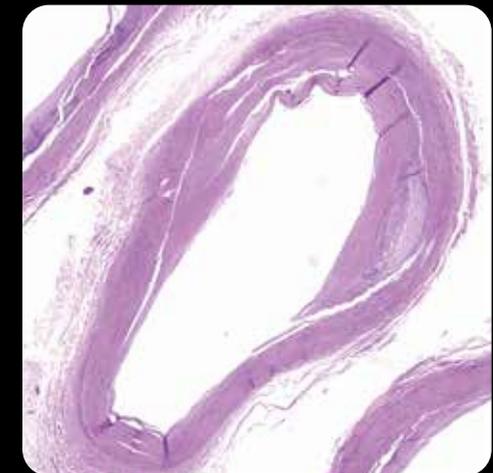
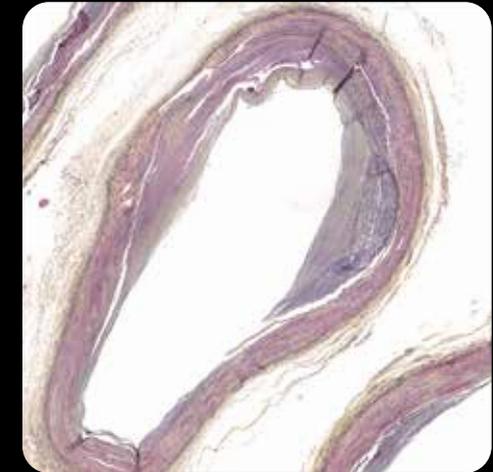
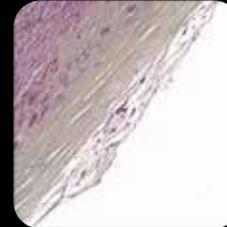
石灰化の内部に骨形成を10時と3時方向に認める。



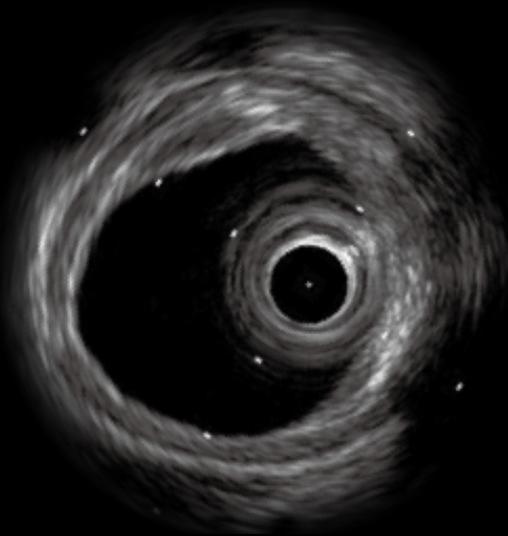
OCTの一部拡大



病理の一部拡大

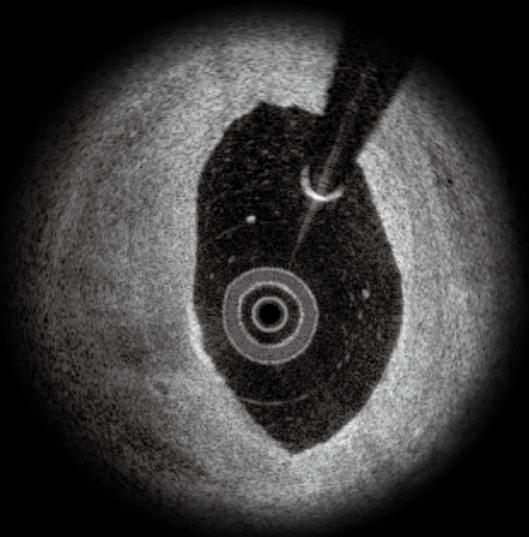


**OCT** 血管表層に attenuation を伴う表層の高輝度領域を認める。

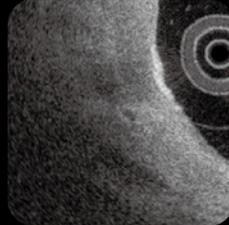


**IVUS** IVUSではマクロファージを検出できていない。

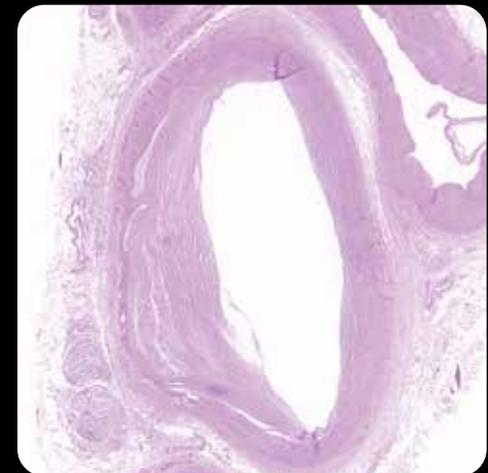
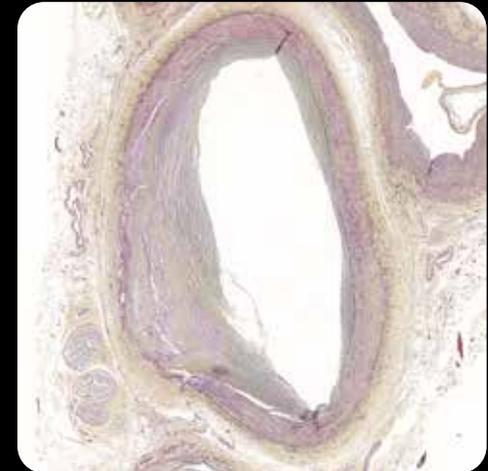
**病理** 9時から10時方向の血管表層にフォーミーマクロファージの集積を認める。



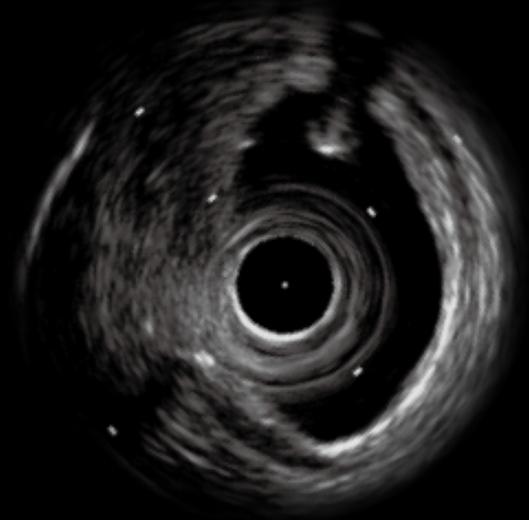
OCTの一部拡大



病理の一部拡大

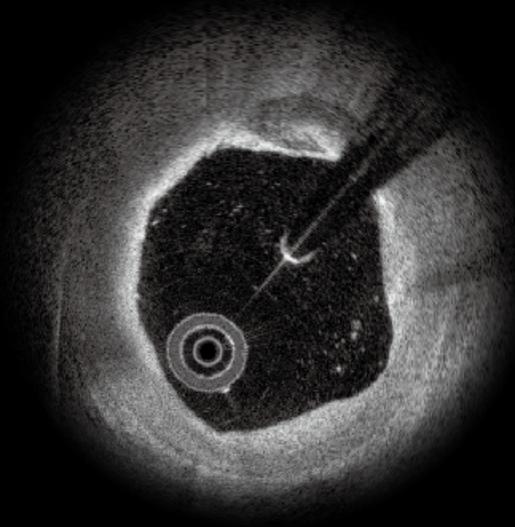


**OCT** 血管表層に高輝度領域を認め、信号の減衰を伴う。

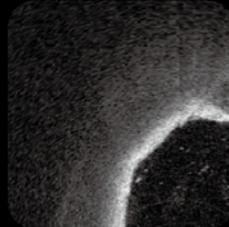


**IVUS** IVUSではマクロファージを検出できていない。

**病理** マクロファージを7時から8時方向の血管表層に認める。

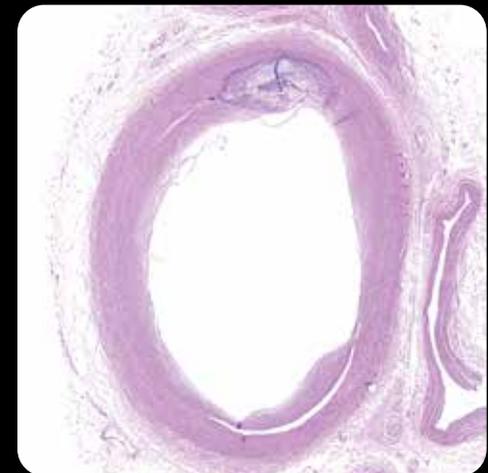
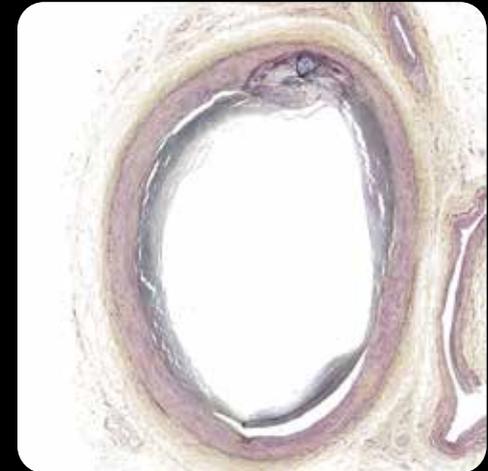
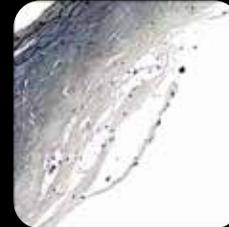


OCTの一部拡大



**OCT** 表面の強い減衰を伴う高輝度信号を認める。

病理の一部拡大



**IVUS** IVUSではマクロファージを検出できていない。

**病理** 9時から12時方向に表在性のフォーミーマクロファージを認める。