



ULTRASSOM INTRACORONARIO (USIC)

Dr. Raphael França

R1 Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista

Grupo HCl - Ribeirão Preto

2025



INTRODUÇÃO

Primeira técnica de imagem coronária intravascular a ser desenvolvida;

- Superar as limitações da luminografia --> imagens in vivo da estrutura da parede vascular e sua interação com dispositivos coronários;
- Conhecimento da remodelação dos vasos coronários durante a aterogênese--> progressão/regressão da aterosclerose;
- No campo das intervenções coronárias percutâneas (ICP)--> armadilhas da implantação de stents e melhora nas técnicas de implante de stents --> diminuiu drasticamente as complicações periprocedimentais, uso de tratamentos antitrombóticos mais simples e redução de MACE a longo prazo;



INTRODUÇÃO

Aterosclerose: principal causa de doença coronariana / principal causa de morte no mundo;

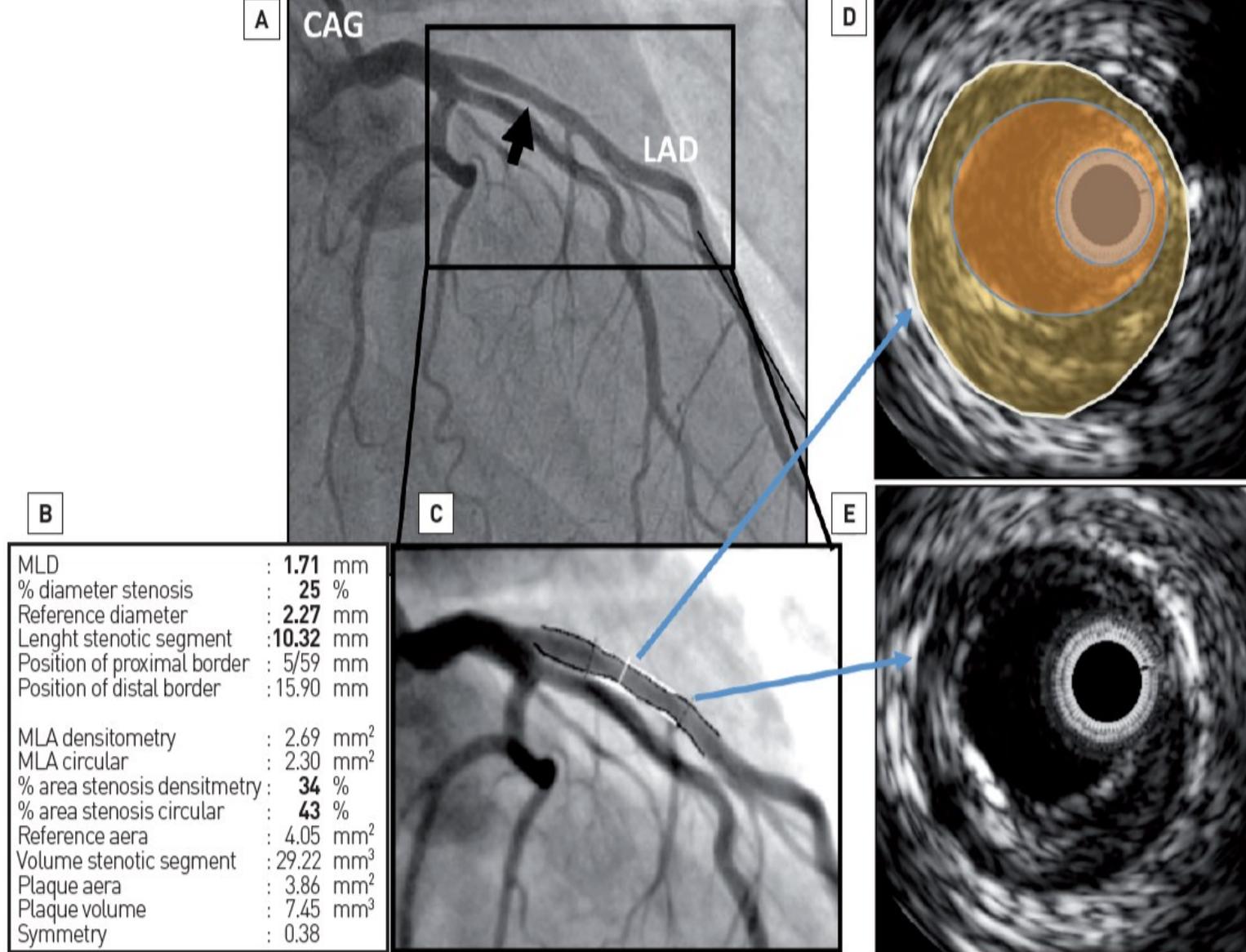
- Etapa primária crítica : acúmulo e a oxidação de partículas de lipoproteína de baixa densidade (LDL);
- Angiografia: estágios iniciais da formação do ateroma + remodelação da parede vascular impede a invasão da placa no lúmen, mascarando a presença do ateroma;
- USIV: avaliar completamente a extensão da doença nos planos axial e longitudinal.²--> acompanhar a progressão/regressão de placas coronárias em pacientes tratados com medicamentos antiateroscleróticos. Papel vital na compreensão da fisiopatologia da doença arterial coronariana e no desenvolvimento de novos medicamentos cardiovasculares;
- Avaliar terapias com dispositivos : Stents farmacológicos (SF): capacidade dos SF de suprimir a hiperplasia neointimal versus reestenose intra-stent (RIS) e trombose de stent (TS): eventos minimizados pela utilização do IVUS ;



ANGIOGRAFIA VS USIC

Angiografia coronária: silhueta plana do lúmen preenchido por contraste , não permite a visualização da parede vascular e não é adequada para a avaliação da aterosclerose; comparação do segmento estenótico com a coronária adjacente, aparentemente "normal"--> suposição incorreta devido à natureza difusa da aterosclerose / erro visual do observador;

- **USIC**: avalia capacidade das artérias de se dilatarem para compensar o crescimento da placa e a carga da aterosclerose, vasos com dilatação aneurismática, estenoses ostiais, doenças localizadas em pontos de ramificação ou no tronco da coronária esquerda, segmentos tortuosos ou calcificados, doenças excêntricas, morfologia complexa de doenças, defeitos de enchimento intraluminal, trombos e dissecções.



Luminograma versus avaliação da parede vascular. O angiograma coronário (CAG) fornece apenas informações sobre a permeabilidade do lúmen, enquanto a ultrassonografia intravascular (IVUS) pode avaliar completamente o conteúdo da parede vascular (ou seja, o tamanho da placa). No painel A, é representado um angiograma coronário do sistema coronário esquerdo. Na parte proximal da artéria descendente anterior esquerda (DA), por angiografia coronária quantitativa (painéis B e C), há apenas doença leve (ou seja, diâmetro mínimo do lúmen – DLM – 1,71 mm e estenose do diâmetro de 25%). Nos painéis D e E, há quadros de USIV. No painel D, o círculo branco representa a membrana elástica externa, a área amarela, a placa aterosclerótica, o lúmen do vaso coronário está em laranja e o cateter de USIV está em azul claro. Este quadro está colocalizado no ponto DLM no angiograma. A carga de placa é de 45%. No painel E, o quadro de USIV corresponde a um segmento de aparência normal na angiografia (seta azul inferior). Neste quadro, também é possível observar alguma placa.



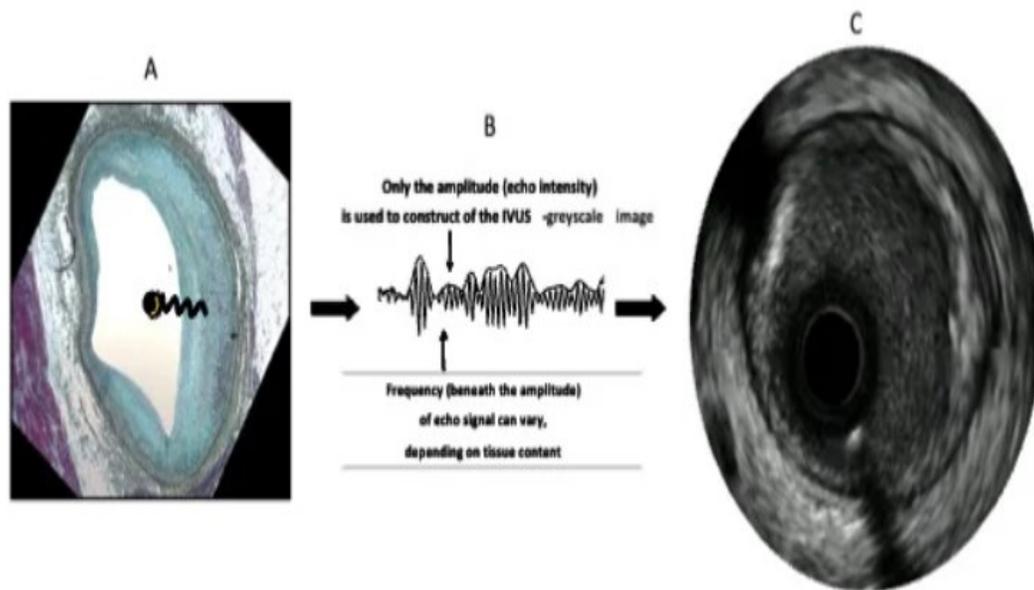
CAIXA DE FOCO 1

Justificativa para imagens intravasculares

- A angiografia coronária é uma técnica de imagem bidimensional que fornece apenas informações sobre a silhueta do lúmen
- O ultrassom intravascular (IVUS) é uma modalidade de imagem tridimensional que fornece uma avaliação completa da parede do vaso coronário
- O USIC é especialmente útil para avaliar lesões localizadas nos óstios, bifurcações ou vasos tortuosos onde, pela angiografia, é comum a presença de sobreposição dos vasos, encurtamento e falta de visão ideal.

PRINCÍPIOS DA AQUISIÇÃO DE IMAGEM

IVUS: Basic Principles



Cateteres: 3.2-3.6Fr conduzidos por introdutores 6Fr / sondas mecânicas rotacionais + transdutor a 1.800rpm em frequencias de 30-600mHz

Cateteres eletrônicos: fluxo sanguíneo

	ACIST	TÉRMINO	PHILLIPS	PHILLIPS	PHILLIPS	INFRAVERMELHO/N
Nome do cateter	HDi	Altaveiw	Olho de Águia	Revolução	Refinidade	DualPro/Makato
Frequência	40/60 MHz	60 MHz	20 MHz	45 MHz	45 MHz	35-65 MHz
Resolução: axial	40 µm	200 µm	100 µm	<50 µm	<50 µm	20 µm
Resolução: lateral	90 µm	200 µm	250 µm	100-200 µm	100-200 µm	<200 µm
Tamanho de fio compatível	0,36 milímetros	0,36 milímetros	0,36 milímetros	0,36 milímetros	0,36 milímetros	0,36 milímetros
Perfil de entrada de gorjeta	1,7 °F	1,7 °F	1,5 °F	1,7 °F	1,9 °F	2,4 F
Perfil do eixo proximal	3,6 °F	3,2 F	3,5 °F	3,5 °F	3,0 F	3,6 °F
Comprimento utilizável	142 cm	137 cm	150 cm	135 cm	135 cm	160 cm
Comprimento da ponta ao sensor	20 milímetros	24 milímetros	2,5 milímetros	29 milímetros	20,5 milímetros	21 milímetros
Taxa de quadros	60 fps	100/160 fps	30 fps	30 fps	30 fps	30 fps
Velocidade de recuo	10 mm/seg	10/20/30/40 mm/seg	Manual, 0,5/1,0 mm/seg	0,5/1,0 mm/seg	0,5/1,0 mm/seg	0,5/1,0/2,0 mm/seg
Comprimento de recuo	12 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	Nenhum fornecido

FIGURA 2

Princípios básicos do ultrassom intravascular. O Painel A mostra como um sinal de ultrassom intravascular é obtido da parede do vaso em uma imagem histológica. O sinal é formado pelo envelope (amplitude) dos dados de radiofrequência, ilustrado no Painel B. A imagem de USIC em escala de cinza, como pode ser vista no Painel C, é o resultado final.



TÉCNICA DE EXAME

- Anticoagulação total com um tempo de coagulação ativado de >250 ;
- Infusão intracoronária de nitroglicerina intracoronária (100-200 microgramas) : minimizar o vasoespasmos;
- Cateteres de troca rápida de USIV são introduzidos na coronária sobre um fio-guia padrão de 0,014”;
- Sistemas mecânicos de USIV requerem a infusão de solução salina heparinizada para remover as bolhas de ar dentro da bainha que cobre o transdutor antes da inserção do cateter no cateter-guia;
- O cateter de USIV deve ser avançado sob orientação fluoroscópica aproximadamente 10 mm distal a um ponto de referência anatômico (por exemplo, ramo lateral) e retraído lentamente para endireitar a haste do cateter evitar folga durante a inserção --> minimizar artefatos de distorção ;
- Dispositivos de retrocesso motorizados devem ser usados para retirar o cateter a uma velocidade constante (mais frequentemente a 0,5 mm/seg) para permitir o exame adequado de toda a coronária, bem como o cálculo das distâncias;
- Cateter deve ser retirado até a junção coronária aórtica, pois o cateter-guia deve ser retraído ligeiramente para permitir a obtenção de imagens do óstio coronário.



SEGURANÇA



ARTEFATOS DE IMAGEM

CAIXA DE FOCO 2

Artefatos

- A distorção rotacional não uniforme (NURD) é específica de cateteres mecânicos e surge do atrito do transdutor no cateter coronário ou guia ou de uma conexão ruim do cateter IVUS na unidade de acionamento do motor, o que normalmente causa o aparecimento de uma imagem de “casca de cebola” em um setor da imagem
- O artefato de redução de volume é específico para sistemas eletrônicos devido às oscilações do transdutor que obscurecem a imagem de campo próximo
- Artefatos nos lobos laterais são reflexões intensas, provenientes de refletores potentes, como cálcio e hastes de stent. Geralmente, seguem a curvatura circunferencial do feixe. A presença dos lobos laterais pode mascarar a borda do lúmen e também pode ser confundida com prolapso tecidual ou retalhos de dissecação.
- Reverberações são repetições concêntricas da mesma imagem em locais equidistantes
- Uma aparência elíptica da imagem transversal resultante de uma posição excêntrica ou não perpendicular do cateter IVUS produz distorções geométricas e leva à superestimação da área do lúmen

CATETERES HÍBRIDOS

- Sistemas híbridos (ou seja, combinados) integram IVUS e OCT em um único cateter --> combinam os pontos fortes de ambas as tecnologias;
- **IVUS** pode quantificar com precisão a carga de placa (CP) e detectar tecido calcificado;
- **OCT** tem eficácia superior na identificação de tecido lipídico, medindo a espessura da capa fibrosa e retratando microcaracterísticas da placa que estão associadas a maior vulnerabilidade, como acúmulo de macrófagos, neovasos e cristais de colesterol.

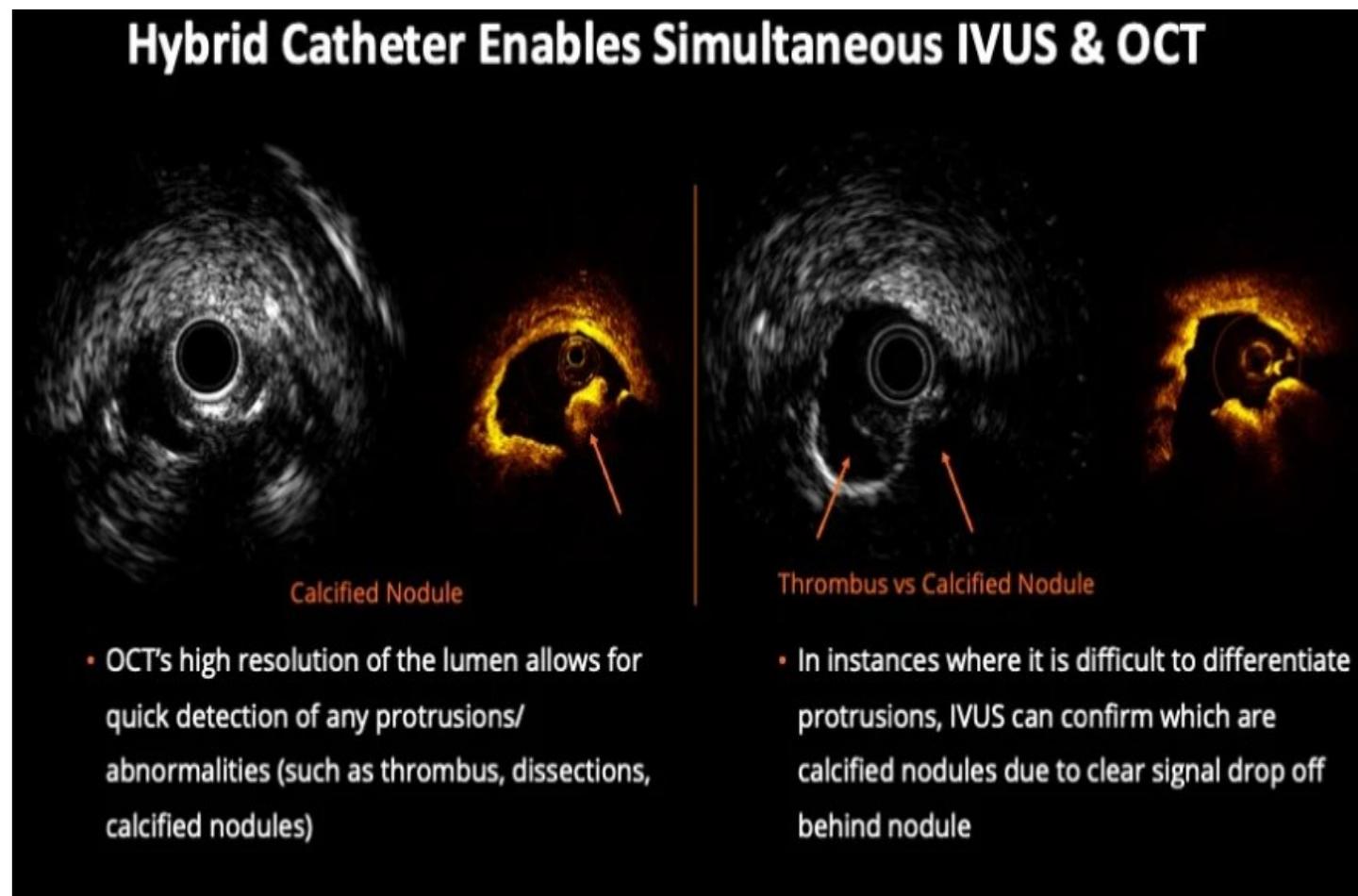


FIGURA 3

Cateter híbrido permite ultrassom intravascular (IVUS) e tomografia de coerência óptica (OCT) simultâneos. Na metade esquerda da figura, quadros correspondentes de IVUS e OCT auxiliam na avaliação de protrusões luminiais. No lado direito da figura, o exemplo mostra o valor da avaliação concomitante para a desambiguação entre trombo e nódulo calcificado.





ESTRUTURA CORONARIANA NORMAL

- 3 camadas:
- **Tunica intima**: mais interna. Monocamada de células endoteliais apoiadas numa membrana basal --> envelhecimento --> cels mm lisas crescem na intima --> espessamento da camada intima
- MEI: membrana elastica interna
- **Tunica media**: células concétricas mm lisas
- MEE: membrana elastica externa
- **Tunica Adventicia**: fibroblastos e mastócitos, fibrilas de colágeno, vasa vasorum e terminações nervosas

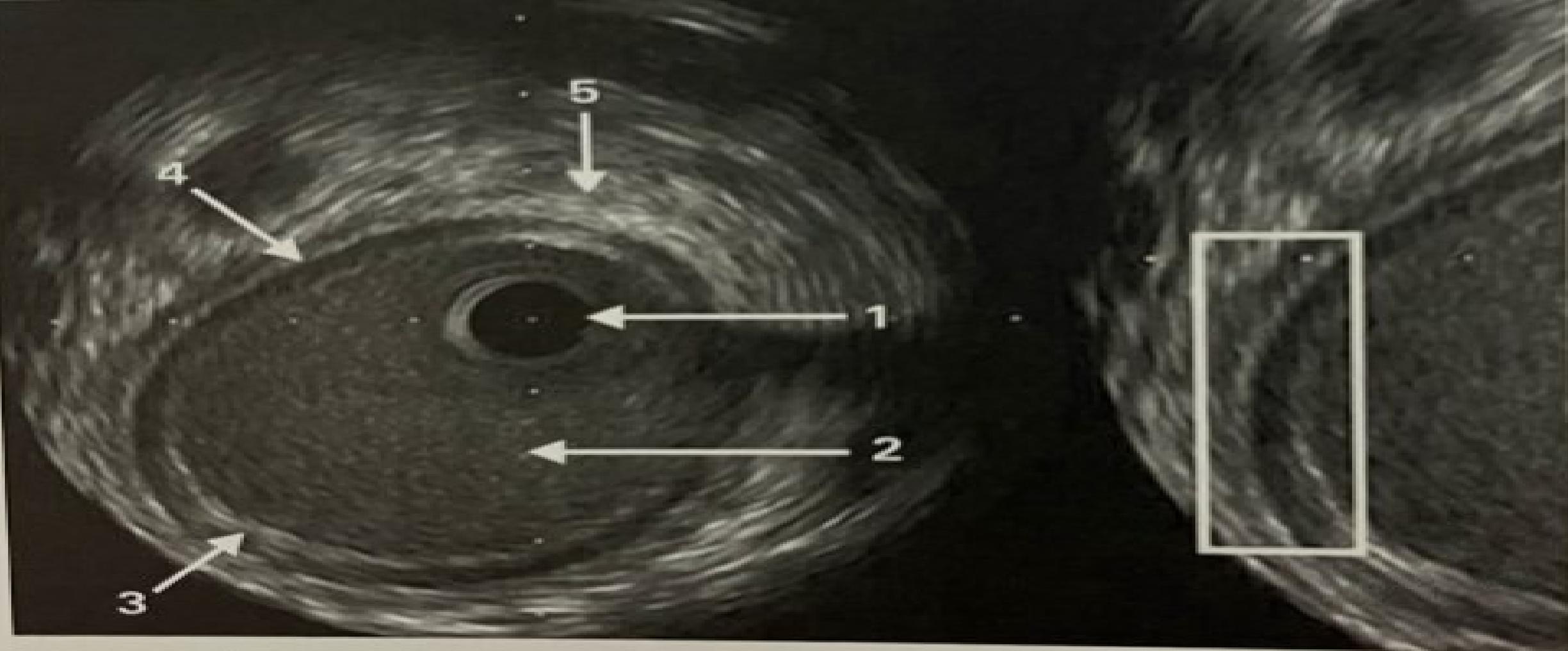


FIGURA 18.1 Reconhecimento e identificação da placa aterosclerótica. Imagem ultrassonográfica de secção transversa da artéria coronária evidenciando suas diferentes camadas: cateter de USIC (1); lúmen arterial (2); íntima + ateroma (3); média (4); adventícia (5)

Normal Vessel Wall, Rotational IVUS

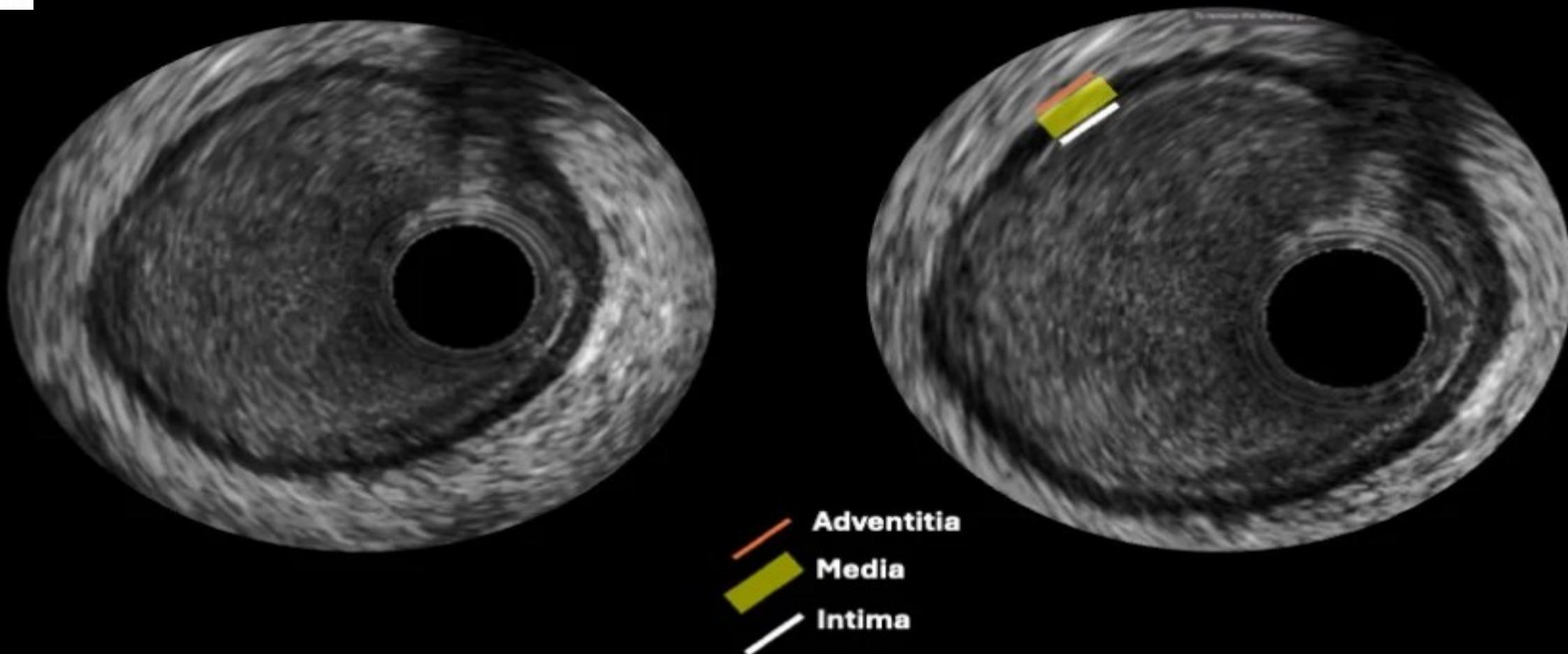
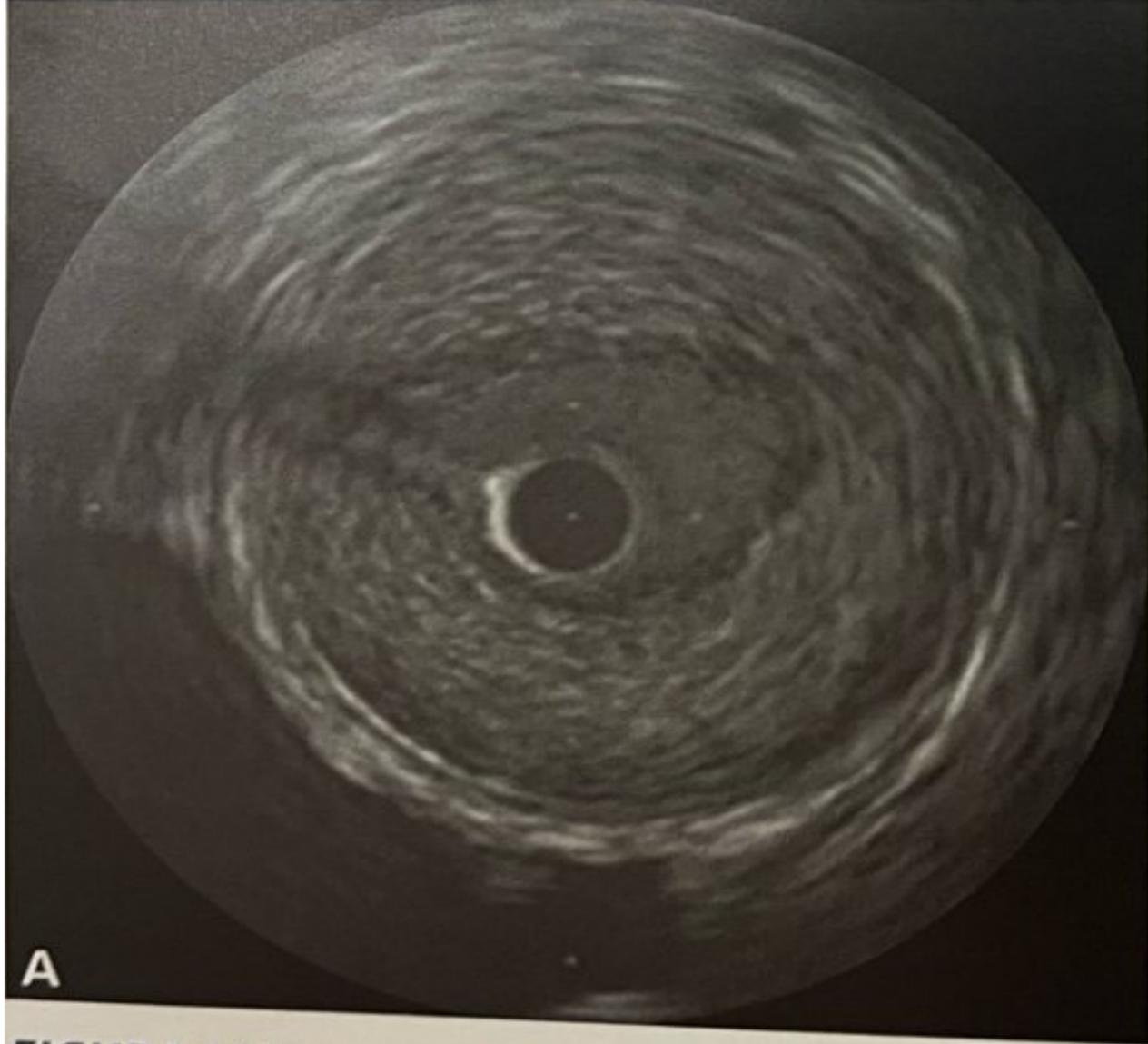


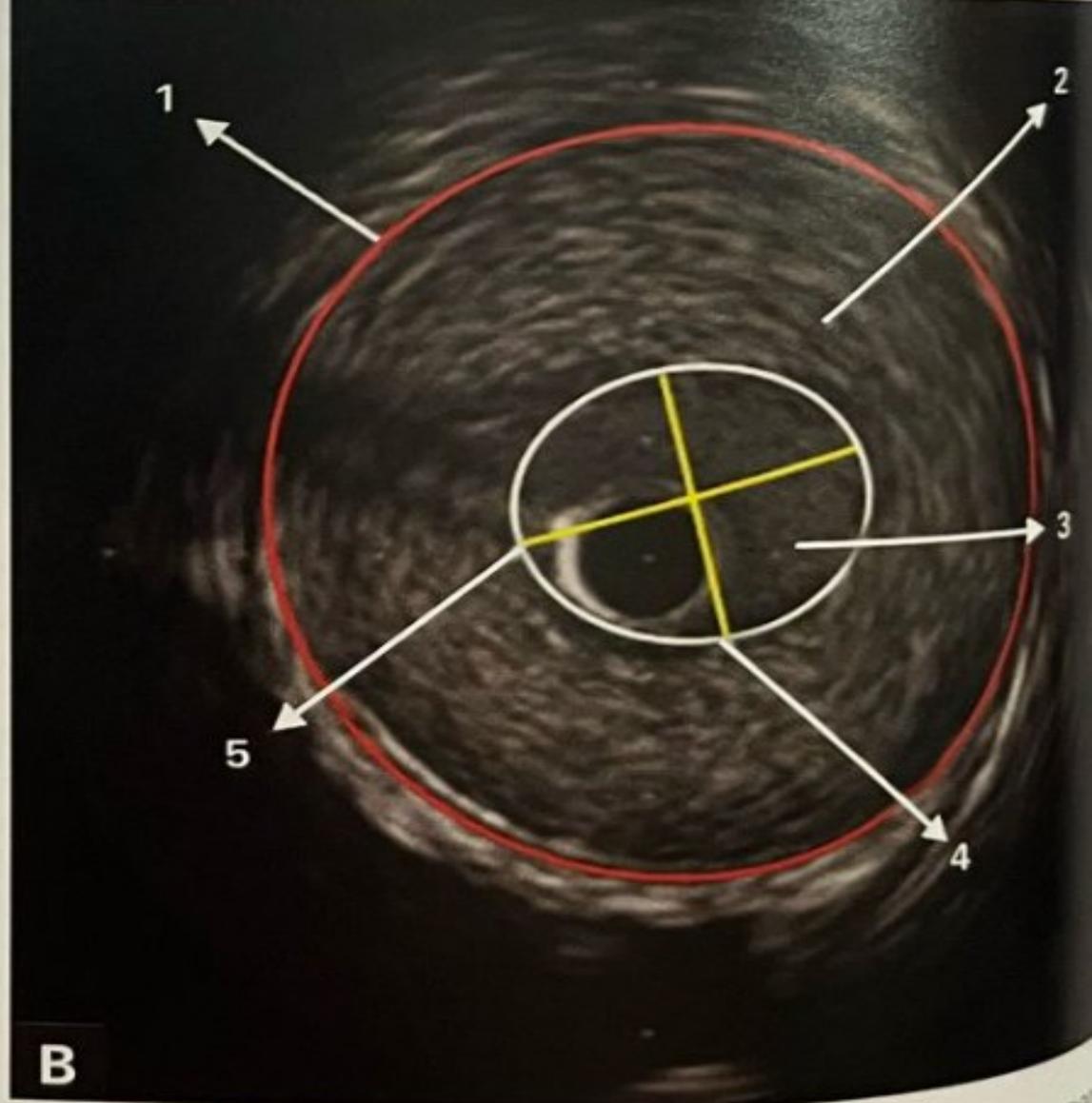
FIGURA 4

Um ultrassom intravascular rotacional mostrando a aparência normal da camada da árvore da parede do vaso.





A



B

FIGURA 18.3 (A e B) Dados quantitativos da avaliação com USIC em corte transversal da artéria coronária. Imagem ultrasonográfica de corte transversal da artéria coronária. Área da membrana elástica externa (1); área da placa média (2); área mínima do lúmen (3); diâmetro mínimo do lúmen (4); diâmetro máximo do lúmen (5). A figura circular central é o cateter de USIC



ATEROMA

- Desenvolvimento e da composição da aterosclerose: acúmulo de lipídios extracelulares, disfunção endotelial, recrutamento de leucócitos, acúmulo de lipídios intracelulares (células espumosas), migração e proliferação de células musculares lisas, expansão da matriz extracelular, neoangiogênese, necrose tecidual e mineralização em estágios posteriores;
- Espessamento intimal patológico (EIP) é rico em proteoglicanos e pools lipídicos, mas nenhum traço de núcleo necrótico é observado;
- Fibroateroma: lesão mais precoce com núcleo necrótico, lesão precursora que pode dar origem a doença cardíaca sintomática. Fibroateroma de capa fina apresenta grande núcleo necrótico contendo numerosas fendas de colesterol. A capa fibrosa sobrejacente é fina e rica em células inflamatórias, macrófagos e linfócitos T, com poucas células musculares lisas;
- Valor de corte para a espessura da capa < 65 microns.

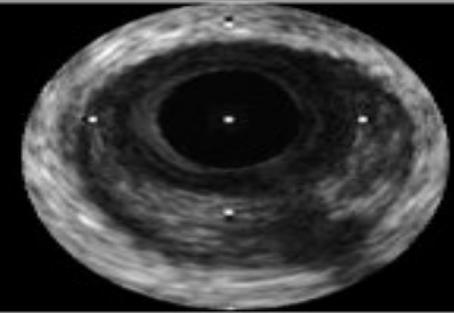
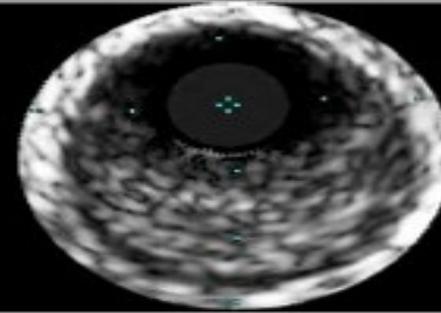
Assessment of Plaque Types by IVUS

Electronic

Rotational

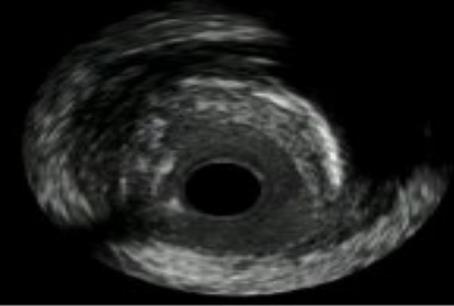
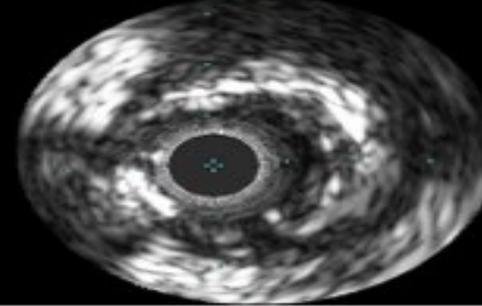
Fibrous plaques

These plaque have an intermediate echogenicity between soft (echolucent) atheromas and highly echogenic calcific plaques



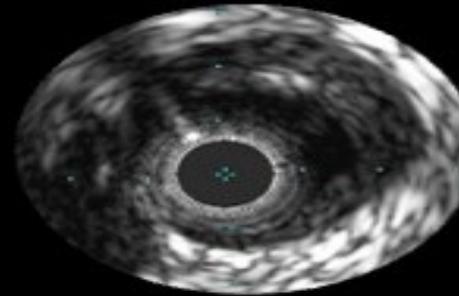
Calcified plaque

Deposits of calcium appear as bright echoes that obstruct the penetration of ultrasound, a phenomenon known as "acoustic shadowing."

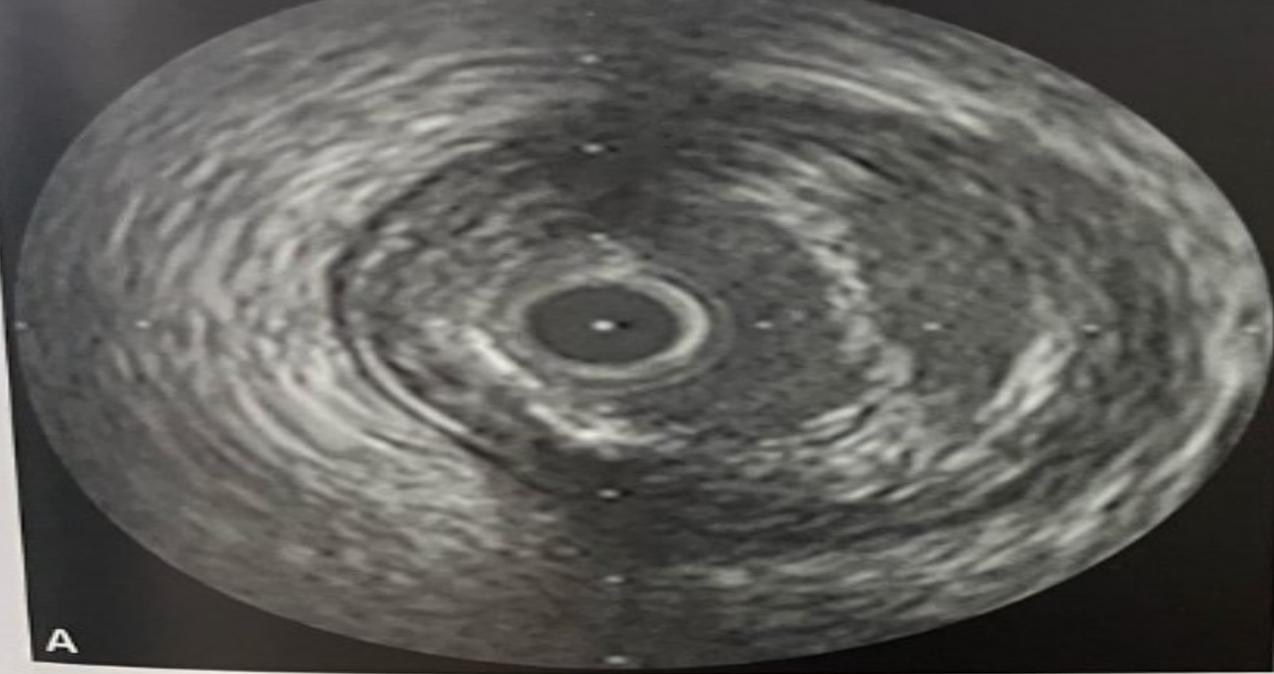


Soft (echolucent) plaques

The term "soft" refers not to the plaque's structural characteristics, but rather to the acoustic signal that arises from low echogenicity.



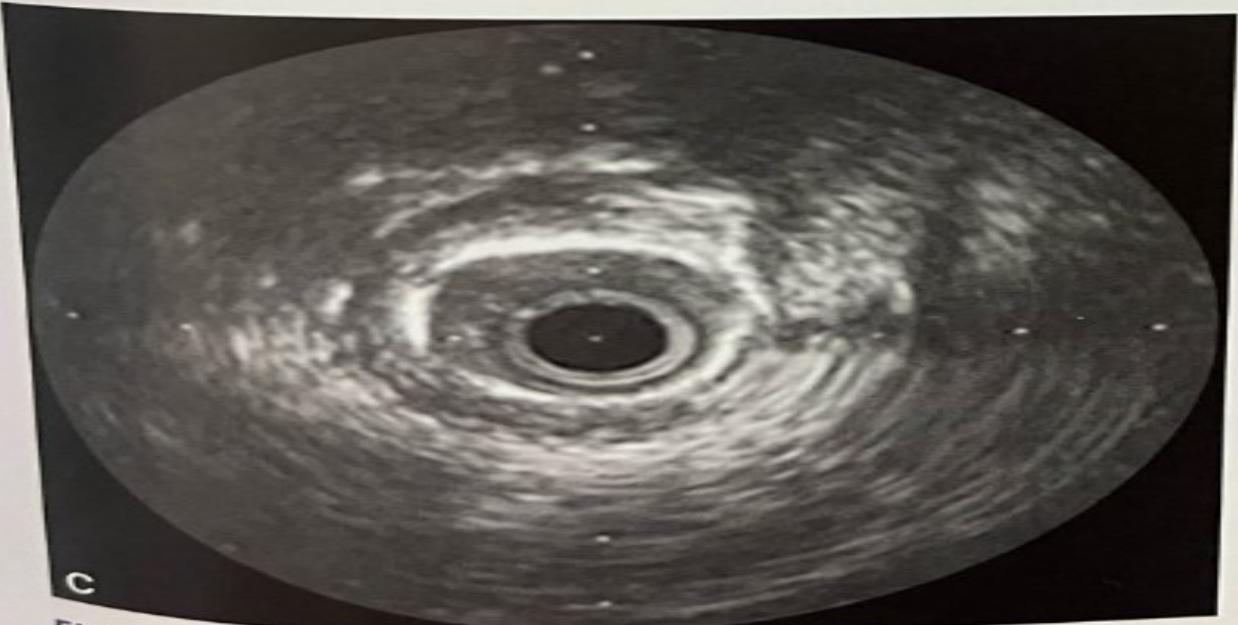
1. placa mole (ecogenicidade da lesão menor que a adventícia circundante - hipoeoica);
2. placa fibrosa [ecogenicidade intermediária entre ateromas moles (ecolucientes ou isoecóicos) e placas calcificadas altamente ecogênicas];
3. placa calcificada (ecogenicidade maior que a adventícia com sombra acústica); e
4. placas mistas (nenhum subtipo acústico representa > 80% da placa).



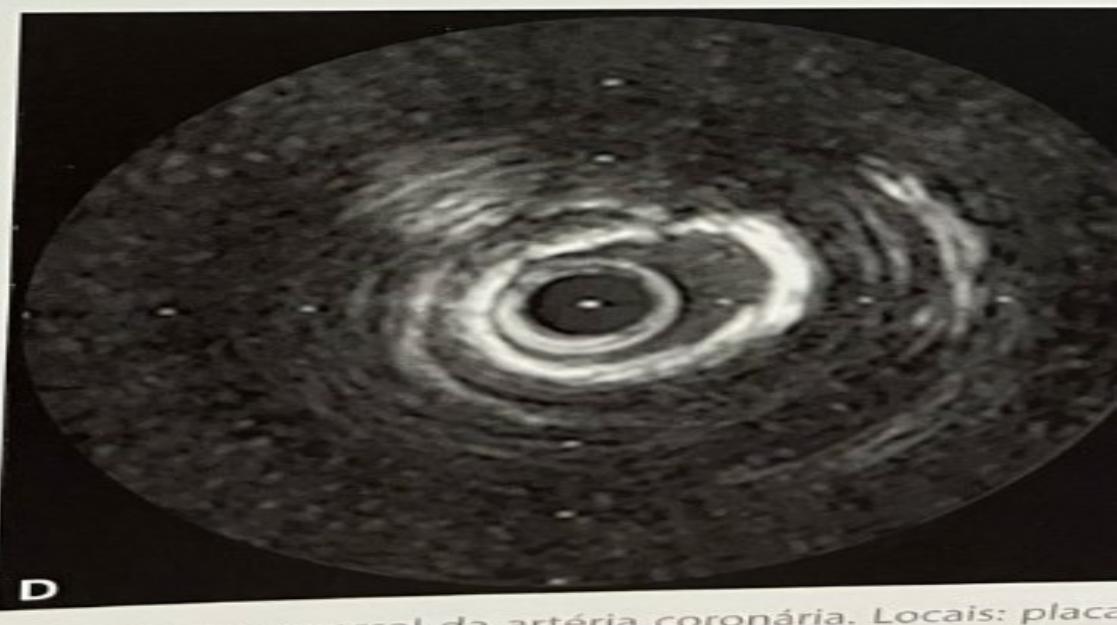
A



B



C



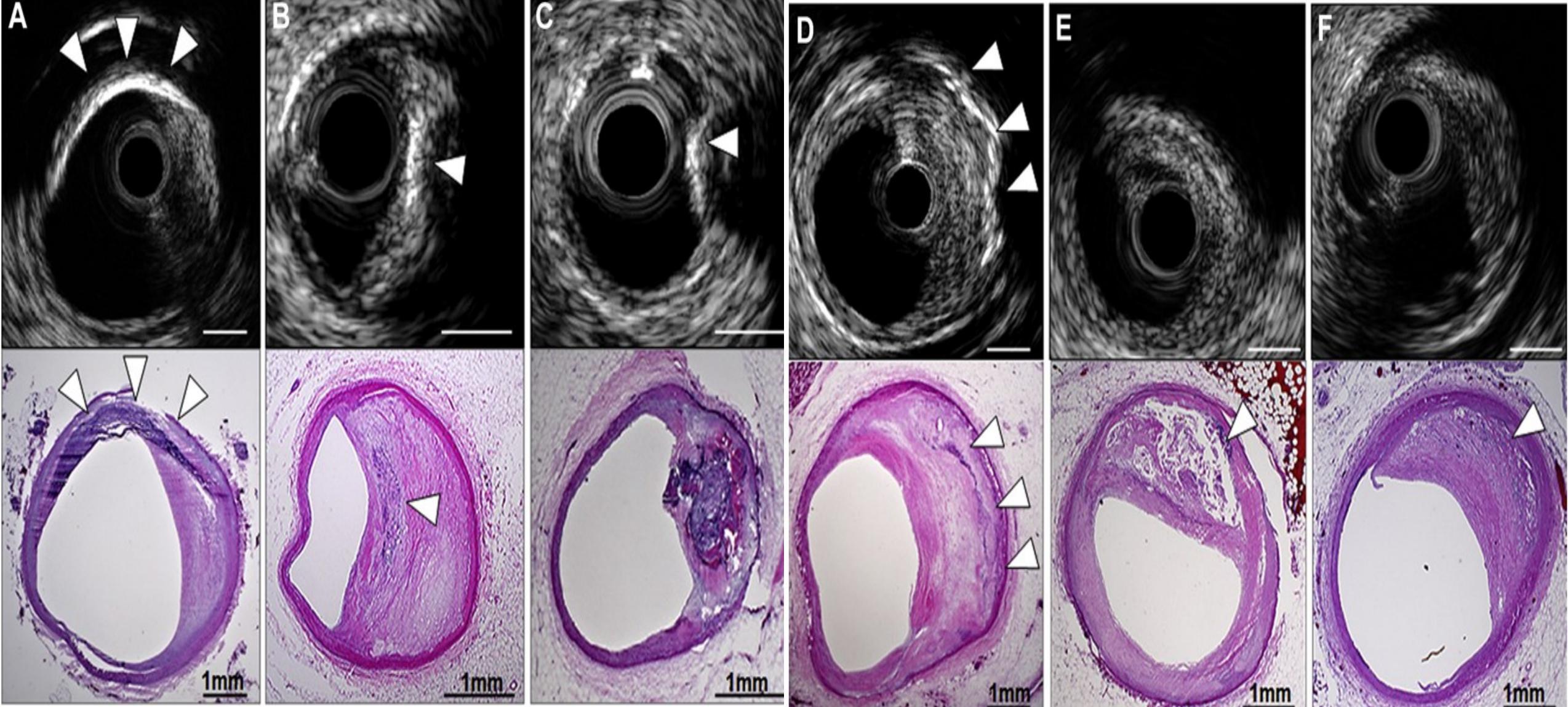
D

FIGURA 18.2 (A a D) Morfologia da placa aterosclerótica em corte transversal da artéria coronária. Locais: placa fibrolipídica (A). Placa fibrótica (B). Placa fibrocalcificada (C). Placa com calcificação (D).
Fonte: imagens de ressonância magnética. Instituto de Diagnóstico e Referências Epidemiológicas, Ministério da Saúde, Brasília, DF. Instituto Cardiológico Costantini, PR.



CALCIFICAÇÃO

- A presença, profundidade e distribuição circunferencial da calcificação são fatores importantes para selecionar o tipo de dispositivo intervencionista e para estimar o risco de dissecção e perfuração do vaso durante a ICP;
- Placas com calcificação moderada a grave não apresentaram alteração nem progressão do tamanho do ateroma. Além disso, na presença de calcificação grave, a presença de sombras intensas pode impedir uma avaliação precisa da carga total da placa;
- No USIC, o cálcio aparece como ecos brilhantes que obstruem a penetração do ultrassom (sombra acústica). Portanto, o USIC detecta apenas a borda anterior do cálcio e não consegue determinar sua espessura. A calcificação no USIC é geralmente descrita com base em seu ângulo circunferencial (arco), seu comprimento longitudinal e sua profundidade;



Calcificação coronária. Nos exemplos superiores, segmentos detectados por USIV com calcificação superficial (pontas de seta brancas) foram vistos como placa fibrosa calcificada (A), AF com cálcio irregular (B) e nódulo calcificado (C) em imagens patológicas. (D) O USIV detectou cálcio profundo no contexto de fibrose calcificada sem NC sobrejacente (pontas de seta brancas); (E) inversamente, o USIV não conseguiu detectar cálcio irregular (ponta de seta branca) que estava presente patologicamente, porque estava escondido atrás de um grande NC dentro de um AF tardio que causou atenuação. (F) Finalmente, a microcalcificação (ponta de seta branca) dentro do NC de um AF inicial não foi detectada por USIV, mas produziu atenuação de eco. Barra = 1 mm. AF, fibroateroma; NC, núcleo necrótico.



REMODELAMENTO ARTERIAL

- O remodelamento arterial refere-se a um processo contínuo que envolve alterações no tamanho do vaso medido pela área transversal da MEE;
- Remodelamento positivo: aumento externo na MEE (índice $>1,05$);
- Remodelamento negativo: MEE diminui de tamanho (encolhimento do vaso – índice $< 0,95$)
- **Relação entre a remodelação vascular positiva e a vulnerabilidade da placa:**
concentrações aumentadas de marcadores inflamatórios, núcleos lipídicos maiores, escassez de células musculares lisas e afinamento media, placas coronárias culpadas e rompidas, trombos e sinais de rupturas mais frequentes, placas moles e maior tamanho de núcleo necrótico;



PLACAS VULNERÁVEIS E TROMBOS

60% das rupturas de placas clinicamente evidentes se originam em um fibroateroma de capa fina inflamado

- Placas rompidas estão localizadas principalmente nas porções proximais da artéria descendente anterior esquerda (DA) e circunflexa esquerda e são mais dispersas na artéria coronária direita (ACD): baixo estresse de cisalhamento geradas em áreas com tortuosidade ou muitas ramificações. O baixo estresse de cisalhamento pode induzir a migração de lipídios e monócitos para a parede do vaso, levando à progressão da lesão para uma placa com alto risco de ruptura;
- A definição de um TCFA preenche os seguintes critérios em pelo menos 3 quadros: **carga de placa $\geq 40\%$ + núcleo necrótico confluyente $\geq 10\%$ em contato direto com o lúmen** (ou seja, nenhum tecido sobrejacente visível);
- ***Estudos Prospect e Atheroremo-IVUS***: ICP de lesão culpada no início do estudo + angiograma e IVUS das três principais artérias coronárias --> área de lúmen mínima de $\leq 4 \text{ mm}^2$ e uma grande carga de placa ($\geq 70\%$) teve uma probabilidade de 17,2% de causar um evento dentro de três anos. Porém, a alta frequência prevista de eventos cardiovasculares trombóticos agudos não ocorreu, com apenas uma taxa de 1% de infarto do miocárdio e nenhuma morte diretamente atribuível a vasos não culpados ao longo de 3 anos de acompanhamento. Esses resultados sugerem que placas coronárias não culpadas, porém obstrutivas, têm maior probabilidade de estar associadas ao aumento dos sintomas do que a eventos trombóticos agudos, com 8,5% dos pacientes apresentando piora da angina e 3,3% com angina instável.



PLACAS VULNERÁVEIS E TROMBOS

- A ruptura da placa tende a ocorrer nos ombros da placa, onde o estresse é maior e a capa fibrosa é mais fina;
- A transição para a ruptura da placa tem sido caracterizada pela presença de inflamação ativa (infiltração de monócitos/macrófagos), afinamento da capa fibrosa ($<65 \mu\text{m}$), desenvolvimento de um grande núcleo lipídico necrótico, desnudação endotelial com agregação plaquetária superficial e hemorragia intraplaca;
- Placas rompidas --> aparência variável --> ulceração axial abrupta, ruptura longitudinal da íntima e média (dissecção espontânea ou iatrogênica);
- USIV é inadequado para detectar uma capa fibrosa fina, mas revela outras características de placas rompidas: grande volume, excêntricas, de composição mista ou macia e superfície irregular, e estão associadas à remodelação vascular positiva;
- AUSIC também tem sido utilizada para avaliar a evolução natural de placas rompidas. Estudos comUSIC sugeriram que até 50% das placas rompidas detectadas em um primeiro evento de SCA cicatrizam com terapia medicamentosa, sem alteração significativa no tamanho da placa. Um estudo revelou cura completa da ruptura da placa em 29% dos pacientes tratados com estatinas e cura incompleta em pacientes não tratados.



PLACAS VULNERÁVEIS E TROMBOS

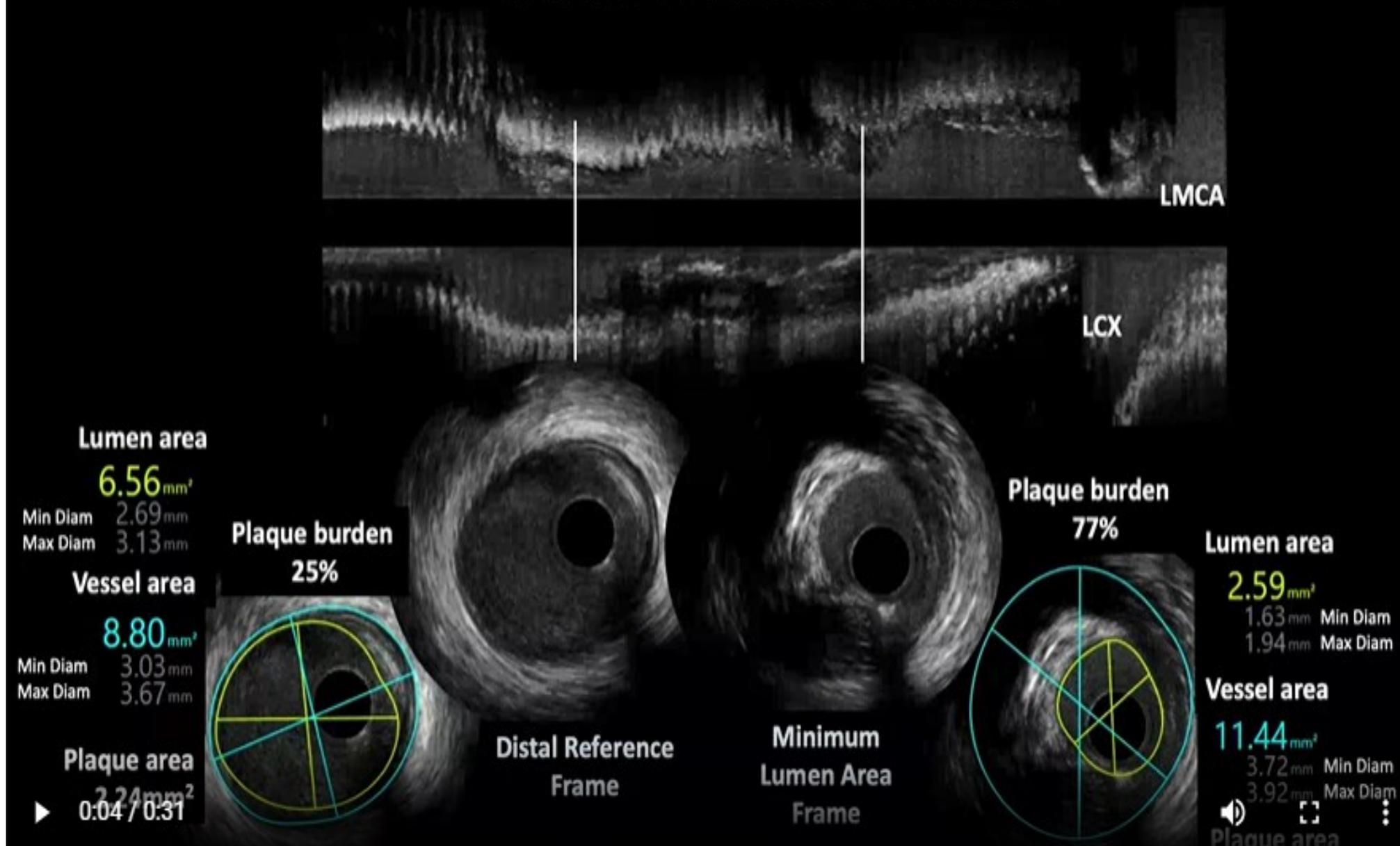
- O trombo representa a característica patológica definitiva que leva à SCA;
- Massa intraluminal ecolucente, frequentemente com aparência estratificada ou pedunculada pelo USIC;
- Trombos recentes ou agudos: tecido intraluminal ecodenso, que não acompanha a aparência circular da parede vascular, enquanto trombos mais antigos e organizados apresentam uma aparência ultrassonográfica mais escura;
- Cuidado na diferenciação entre trombo, ar no sistema, neoproliferação intimal e outros artefatos --> avaliar contexto geral.



GRAVIDADE E EXTENSÃO DA DOENÇA

- A estenose da área luminal descreve a diminuição relativa na área transversal luminal no local da doença, em termos percentuais, em comparação com a área transversal do lúmen (AST) em um segmento de referência aparentemente normal na mesma coronária;
- As áreas do lúmen de referência proximal e distal são calculadas nos locais com o maior lúmen localizado antes dos grandes ramos laterais e dentro de 10 mm proximal e distal à placa / estar ciente da potencial dilatação pós-estenótica da parede do vaso ao utilizar essas medidas para orientar a decisão clínica;
- As medições de distâncias (comprimento) baseiam-se na velocidade de recuo automatizada durante a aquisição da imagem. A duração da doença pode ser calculada com base no número de segundos ou quadros entre o primeiro e o último quadro da imagem que representa a placa aterosclerótica.

Extent of Atherosclerosis





CARGA DE ATEROMA

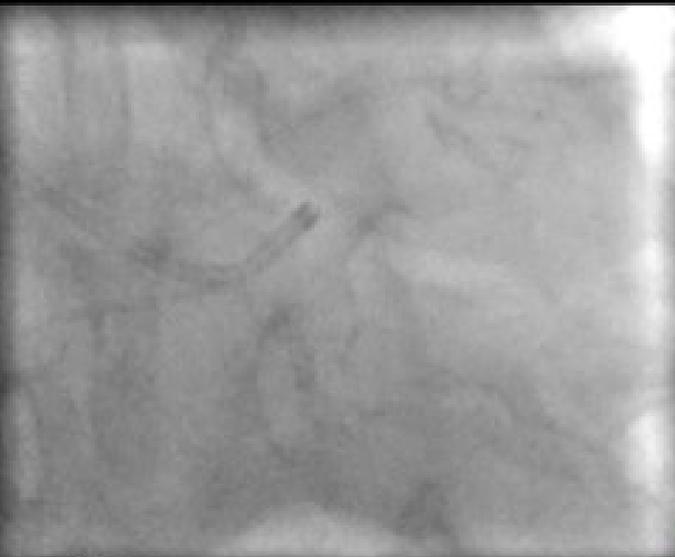
- A área de ateroma definida por USIV é uma combinação da área da placa mais a área da média;
- A área da placa pode então ser calculada em cada quadro (imagem em corte transversal), e o volume total do ateroma (VAT) pode ser calculado com base na velocidade de recuo durante a aquisição da imagem. O volume do ateroma pode ser relatado como a porcentagem do volume da membrana elástica externa ocupada pelo ateroma, ou seja, o volume percentual do ateroma (VPA).



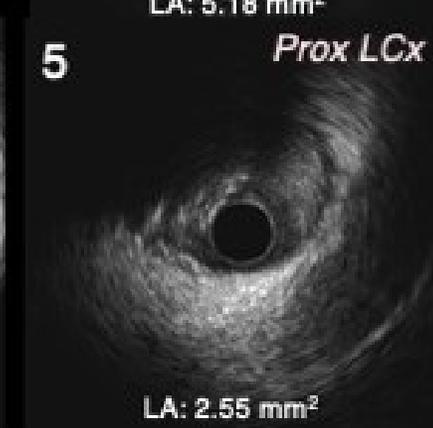
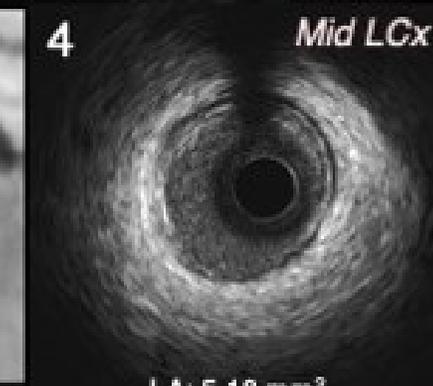
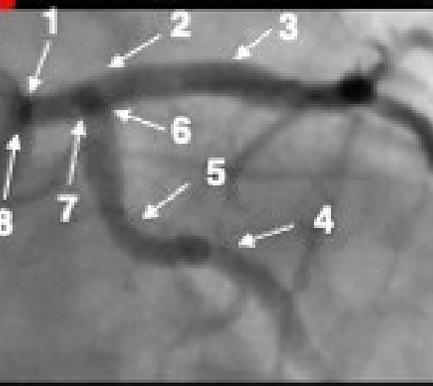
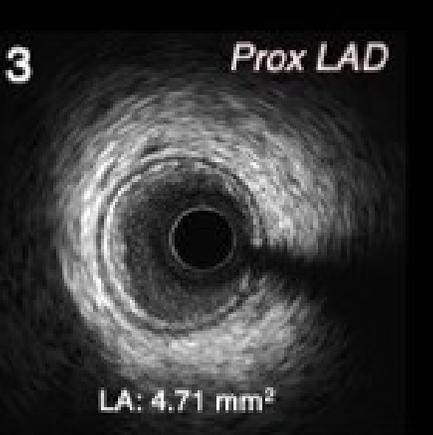
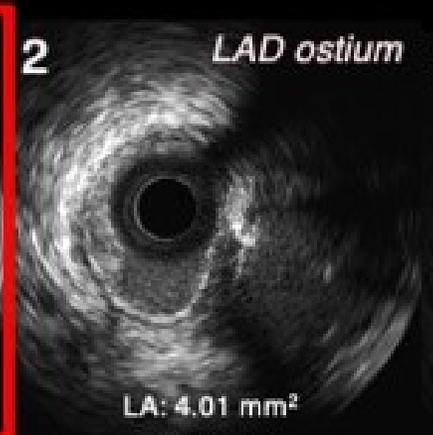
DOENÇA DA CORONÁRIA ESQUERDA

- TCE : desafiador --> o óstio tem uma forma oval e angulada, trajeto curvo, ângulo de decolagem variavel --> DA e LCX com ou sem ramo intermédio --> avaliação angiográfica da TCE difícil e incompleta;
- USIC desempenha um papel essencial não apenas no diagnóstico da extensão da doença, mas também ajuda a informar o planejamento de uma estratégia de revascularização;
- A aquisição doUSIC frequentemente requer o desengajamento do cateter-guia para avaliar o óstio e a necessidade de realizar dois pullbacks (DA + LCX), pois as avaliações da área mínima do lúmen na TCE podem variar dependendo da coaxialidade da sonda doUSIC dentro do vaso. Uma posição oblíqua do cateter pode criar uma ALM artificialmente grande, mas não uma artificialmente pequena; portanto, o menor MLA dos dois pullbacks é o mais preciso;
- ***Estudo LITRO***: o critério de corte doUSIC de uma área mínima do lúmen $> 6 \text{ mm}^2$ foi utilizado para adiar a revascularização --> sobrevida livre de MACE de 94% em 2 anos.
- Um ***documento de consenso de especialistas da Associação Europeia de Intervenções Cardiovasculares Percutâneas*** : adiar a revascularização do TCE se a ALM $> 6 \text{ mm}^2$, intervir se a ALM $< 4,5 \text{ mm}^2$ e considerar avaliação adicional com FFR se a ALM estiver entre 4,5 e 6 mm;

IVUS Evaluation of Left Main Stenosis Severity



73-yo female,
hypercholesterolemia
Normal LV function
Ischemic treadmill stress test
RFR: diffuse disease mid-dx LAD
and focal significant lesion at LM



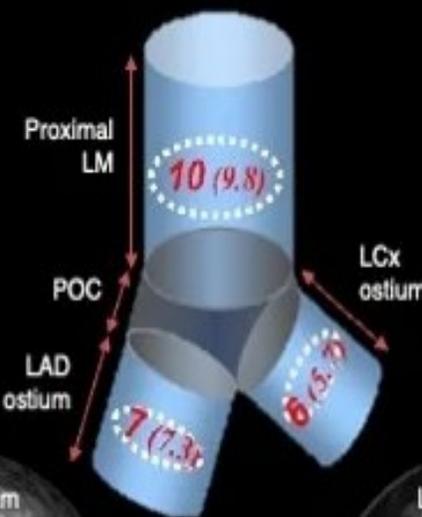
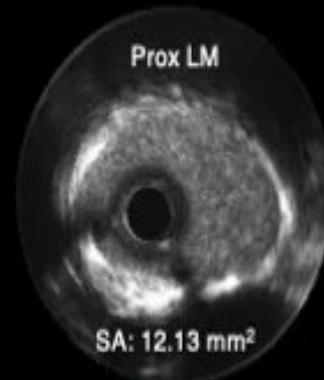
MLA
<4.5mm²
REVASCULARISE

MLA
4.5-6.0mm²
CONSIDER
PHYSIOLOGY

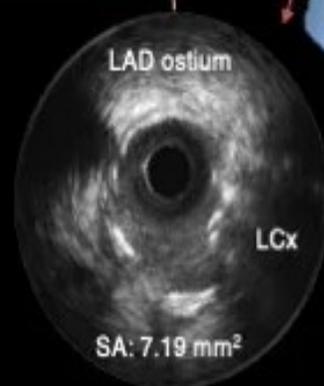
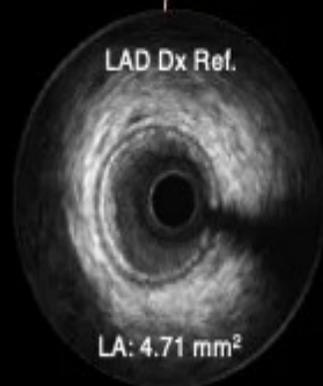
MLA
>6.0mm²
DEFER



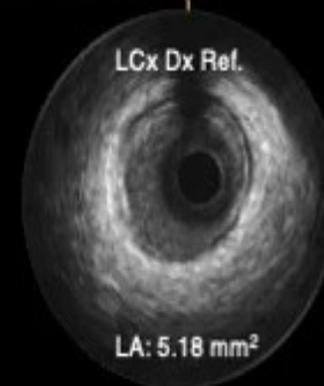
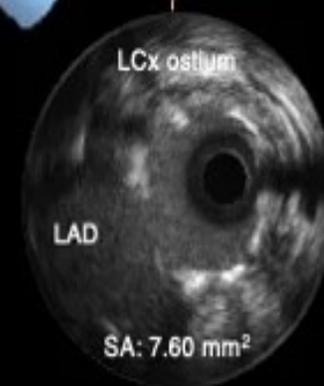
IVUS Evaluation of Left Main Post PCI



Stent Expansion
152%



Stent Expansion
146%





DOENÇA DA CORONÁRIA ESQUERDA

- Diretrizes da ESC sobre revascularização coronária --> recomendação classe IIa para ICP em doença da artéria coronária principal esquerda desprotegida e anatomicamente não complexa;
- No tronco da coronária esquerda, o USIC pode visualizar protrusão do stent na raiz da aorta, hipoexpansão, má aposição e encarceramento significativo da artéria coronária circunflexa;
- Técnicas complexas de dois stents podem ser utilizadas, o USIV é necessário para garantir resultados finais ideais;
- 2 ensaios clínicos randomizados mostraram vantagens de mortalidade associadas ao implante de DES na artéria coronária esquerda guiado por IVUS: redução de MACE mortalidade por todas as causas.

CAIXA DE FOCO 6

Avaliação da gravidade de uma estenose com USIC

- A área mínima do lúmen (ALM) é o parâmetro mais frequentemente utilizado para avaliar a gravidade da lesão
- $MLA < 4 \text{ mm}^2$ em lesões não coronárias esquerdas (LM) é o ponto de corte mais aceite para detectar lesões gravemente estenóticas
- Embora não haja consenso geral, em lesões de LM, $MLA < 6 \text{ mm}^2$ é o ponto de corte para detectar lesões de LM gravemente estenóticas



DOENÇA OSTIAL E BIFURCAÇÃO

Porcentagem de núcleo necrótico diminui da borda proximal para a distal, enquanto a espessura da capa mostrou uma tendência inversa;

- A borda proximal do óstio do ramo lateral : maior probabilidade de conter uma capa fibrosa fina e uma maior proporção de núcleo necrótico.
- Lesões de bifurcação parecem ter uma carga de placa maior com uma composição de placa diferente em comparação com lesões não bifurcadas --> pode explicar em parte os resultados adversos observados após o tratamento de lesões de bifurcação
- Foi proposto que o IVUS pode ajudar a caracterizar melhor a complexidade da doença, especialmente quando MEDINA é 1,1,1; 1,0,1; 0,1,1 mais um dos seguintes achados:
 1. Comprimento da doença SB ≥ 10 mm;
 2. Lesão trombótica;
 3. Arco de cálcio $>60^\circ$ no local da lesão culpada;
 4. Acesso SB difícil (risco maior se ângulo de bifurcação A $<90^\circ$)
- Após a colocação do stent, o IVUS pode ajudar a otimizar os resultados da colocação do stent quantificando o índice de expansão do stent (em bifurcação deve ser calculado duas vezes - uma para o segmento do ramo principal proximal e ramo principal distal.



APLICAÇÕES INTERVENCIONISTAS

- A ultrassonografia intravascular fornece meios precisos para determinar o tamanho do vaso, a gravidade, a natureza, a extensão e a localização da doença, além de orientar a tomada de decisões terapêuticas no laboratório de cateterismo. As informações adicionais fornecidas peloUSIC sobre a composição, excentricidade e extensão da lesão podem alterar as estratégias de tratamento em até 20% dos casos. Conforme discutido anteriormente, a presença, profundidade e distribuição circunferencial da calcificação são fatores muito importantes para a seleção do tipo de dispositivo intervencionista

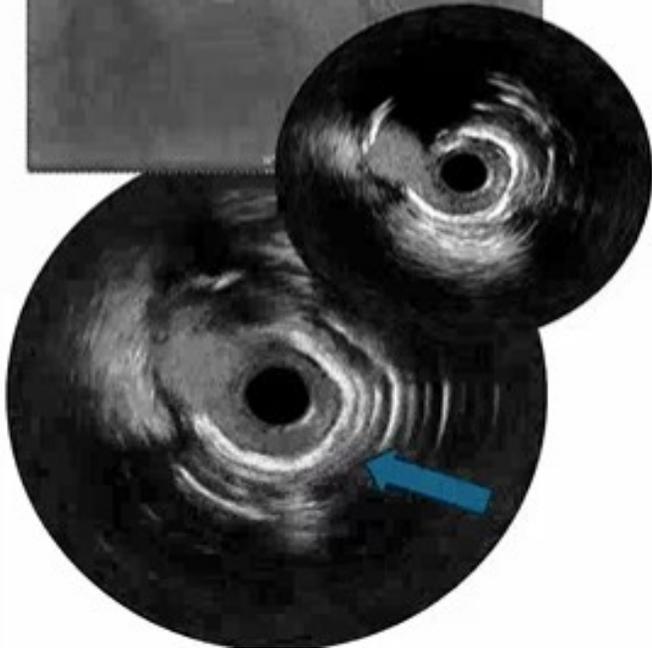
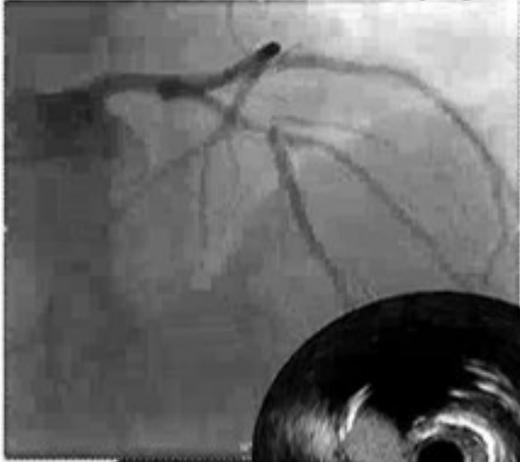


ICP SEM BASE EM STENT

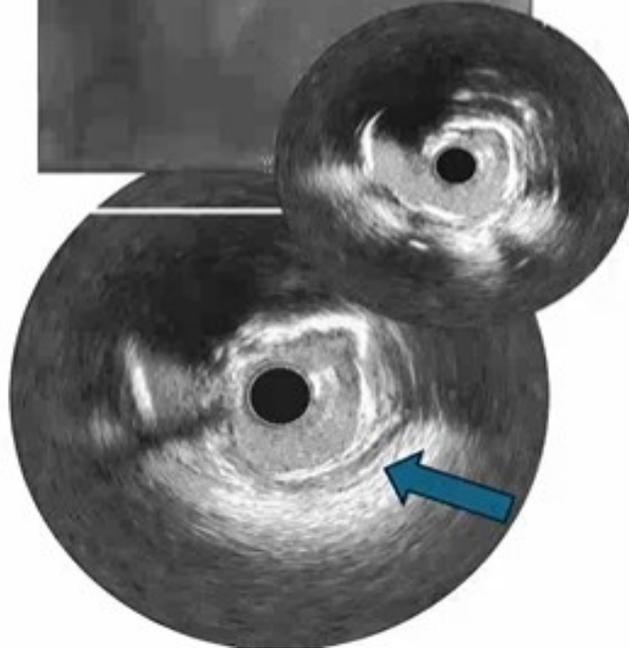
- As técnicas contemporâneas de ICP baseiam-se essencialmente em stents, mas a **angioplastia com balão** continua sendo parte integrante do procedimento;
- A importância da imagem intravascular será ampliada em intervenções sem stents, visando ganho luminal máximo e risco mínimo de dissecação e perfuração do vaso;
- A seleção do tamanho do dispositivo: diâmetro total do vaso (MEE) ou diâmetro do lúmen dos segmentos distais (+ conservador e utilizado);
- Modificações na estratégia de dilatação: alterações no diâmetro, comprimento, tipo e pressão de inflação do balão;
- O USIC também é fundamental para definir a extensão circunferencial e longitudinal da fratura ou dissecação da placa e para orientar a necessidade de intervenção adicional.

IVUS-Guided PCI on a Calcified Lesion

Before
Intravascular Lithotripsy

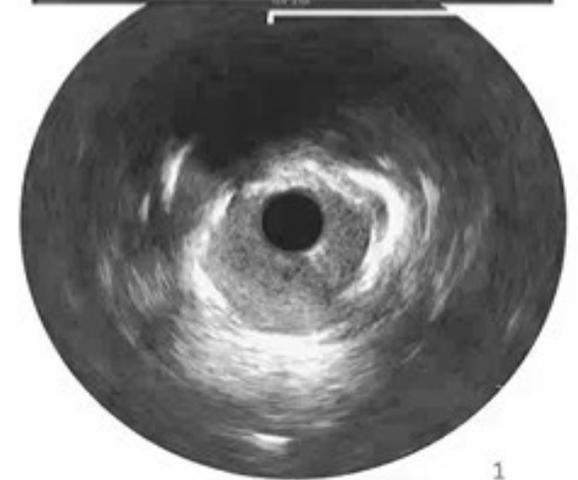
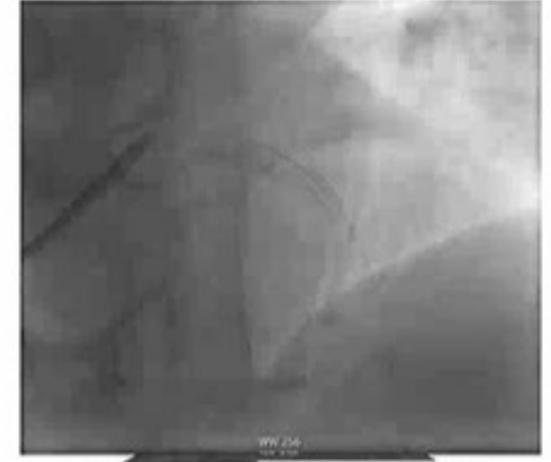


After
Intravascular Lithotripsy



IVL size
3.0x12mm
5 pulses/100
secs

STENT 3.5x22mm





ICP COM BASE EM STENT

- USIV permite avaliação da interação do stent com parede do vaso : expansão, aposição, dissecção do vaso e doença residual não tratada, que não pode ser adequadamente definida pela angiografia;
- Após insuflações de balão em pressões mais altas (tipicamente 18–20 atm), uso de um balão maior, ou ambos, os operadores conseguiram reduzir a estenose residual para 34%, o que provavelmente explicou uma taxa de 0,3% de trombose subaguda sem a necessidade de anticoagulação sistêmica pós-procedimento;
- **Estudo MUSIC** definiu critérios de USIC para **colocação ideal de stents**:
 - A) Aposição completa do stent em toda a sua extensão;
 - B) Expansão simétrica do stent definida pela relação entre o diâmetro mínimo/máximo do lúmen $\geq 0,7$;
 - C) área mínima do lúmen intra-stent $\geq 90\%$ da área média das referências distal e proximal ou $\geq 100\%$ da área do lúmen do segmento de referência

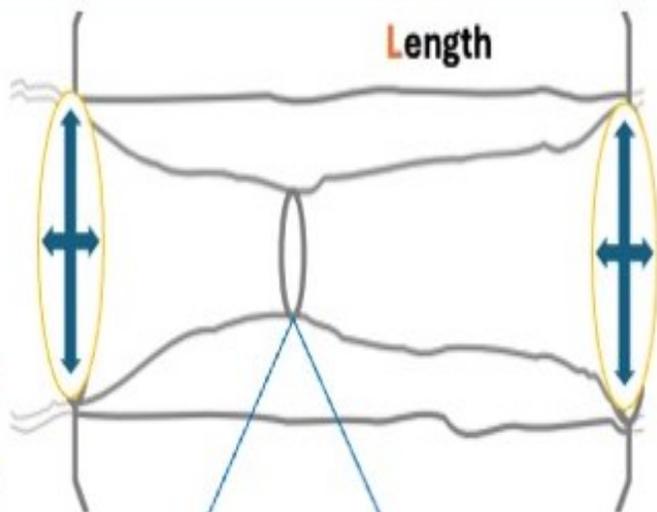
Pre-PCI – CALL-Di

Actionable variables

Calcium*

Length

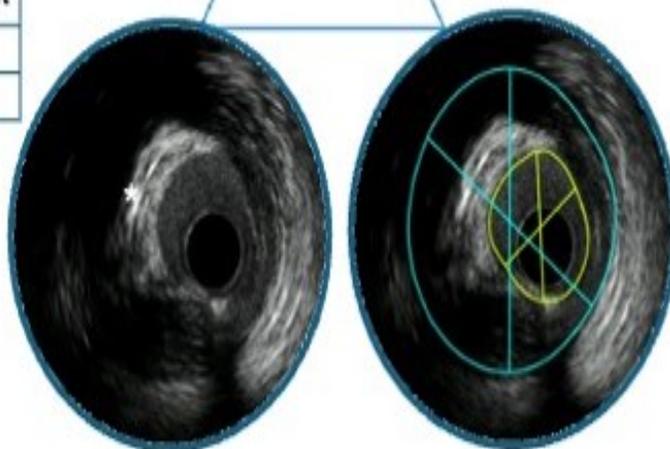
Diameter



Diameter
Max and Min



Variable	IVUS Calcium* Score
Max calcium angle (°)	>360 = 1 point
Calcium length (mm)	>270 in ≥ 5mm = 1 point
Calcified nodule	If yes = 1 point
Vessel diameter (mm)	<3.5mm = 1 point



IVUS Device Sizing
all are diameters

EEM to EEM diam at the lesion

Smallest reference EEM

Mean mid-wall

Largest reference lumen

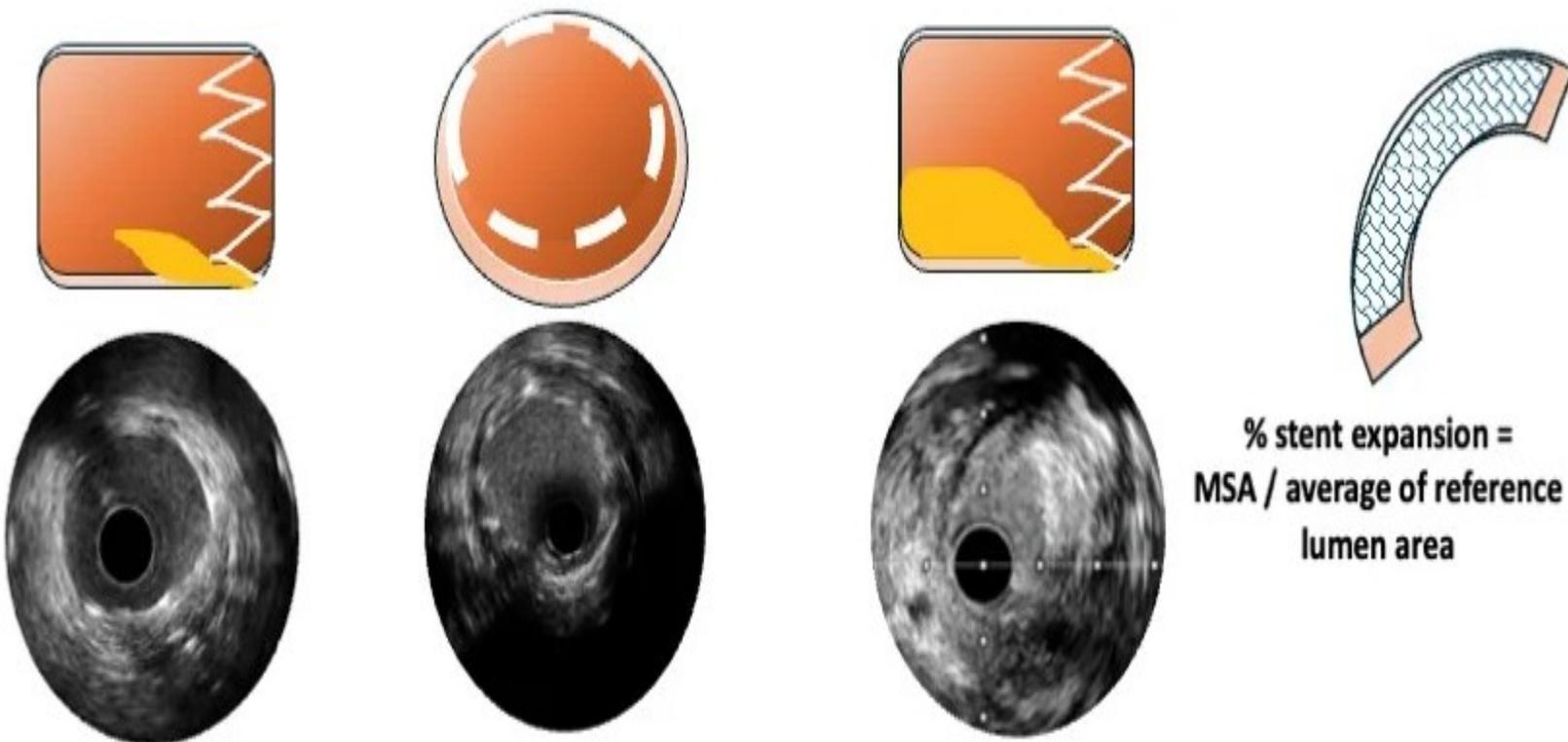
Mean reference lumen

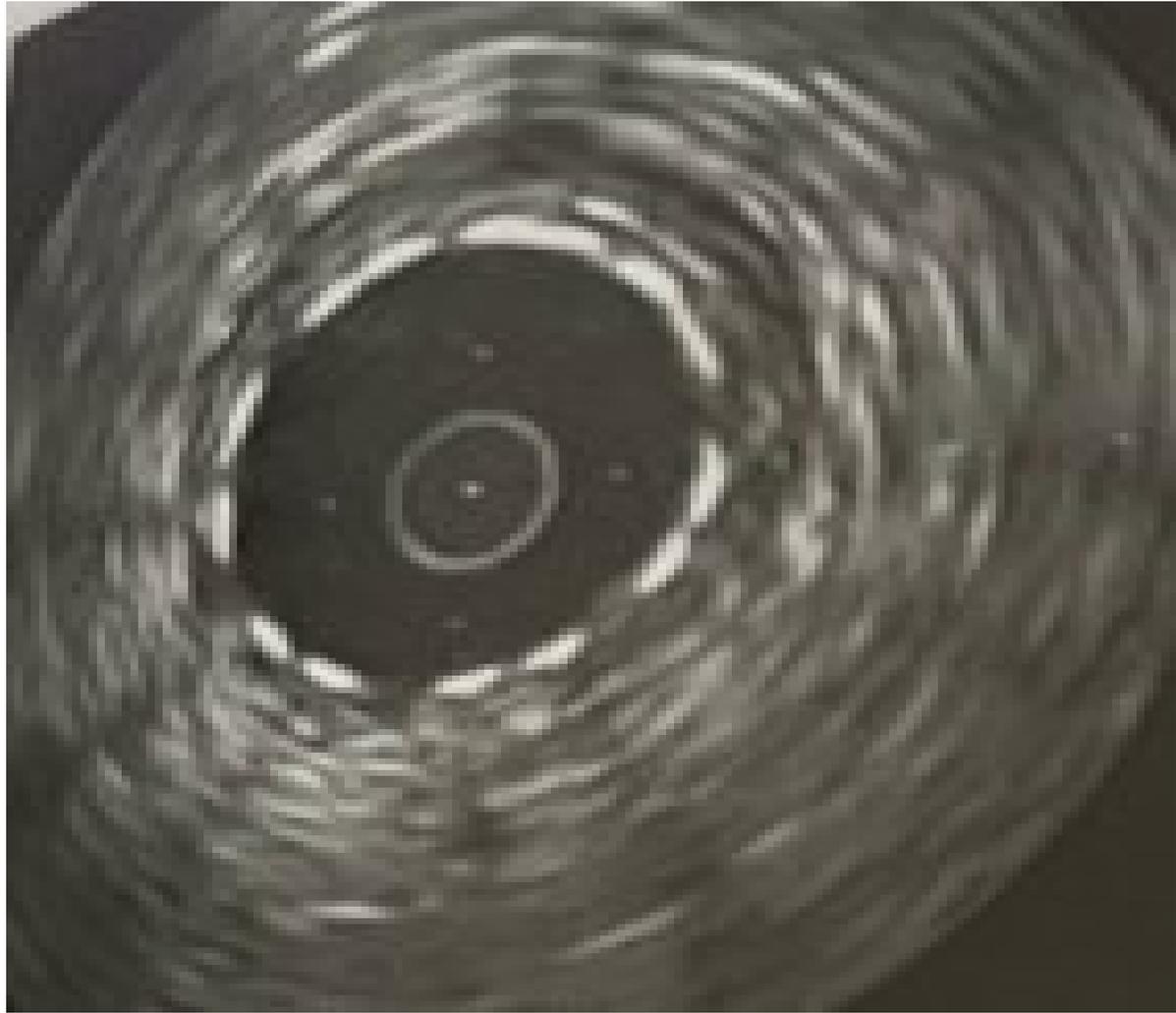
Smallest reference lumen

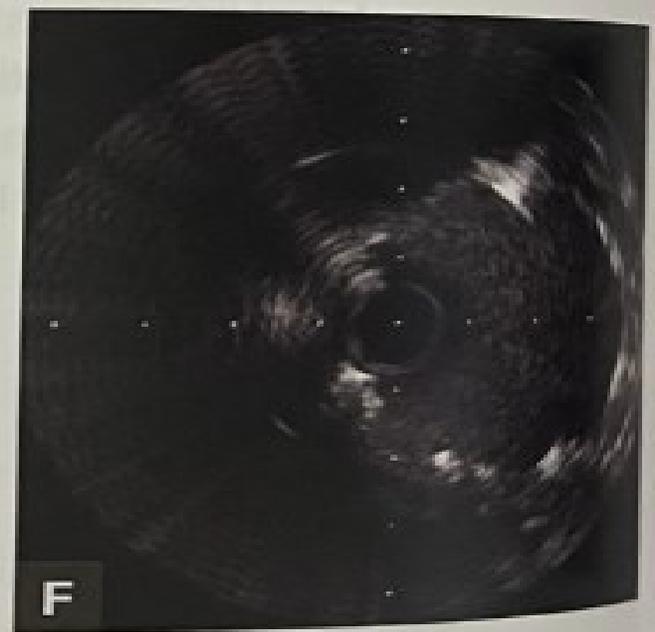
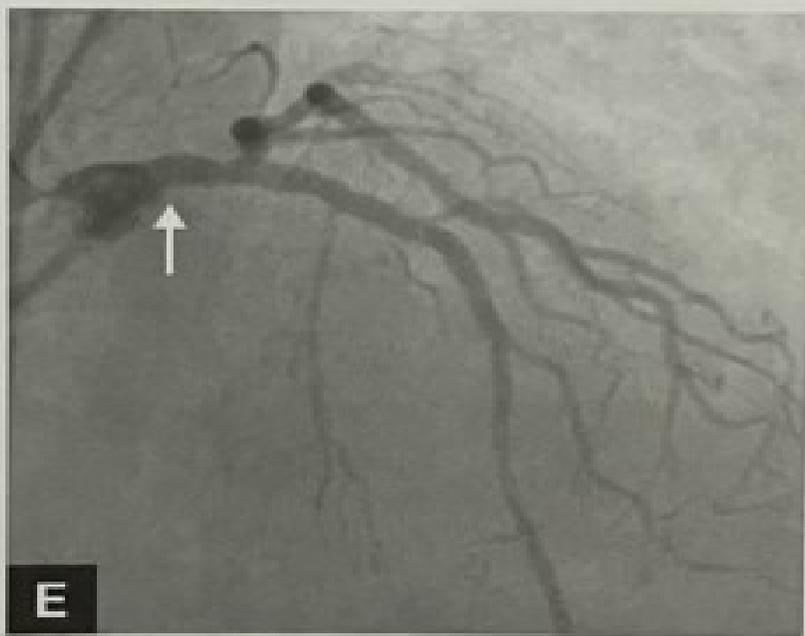
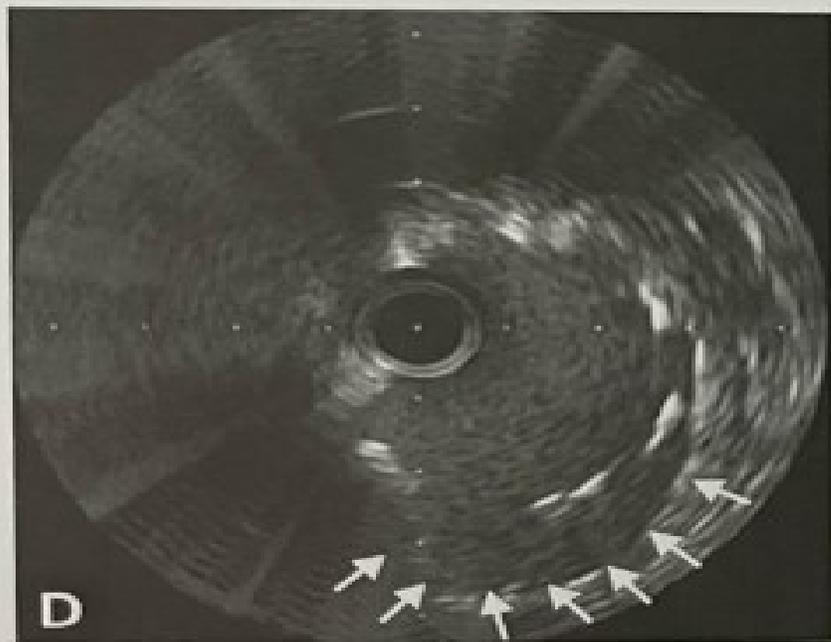
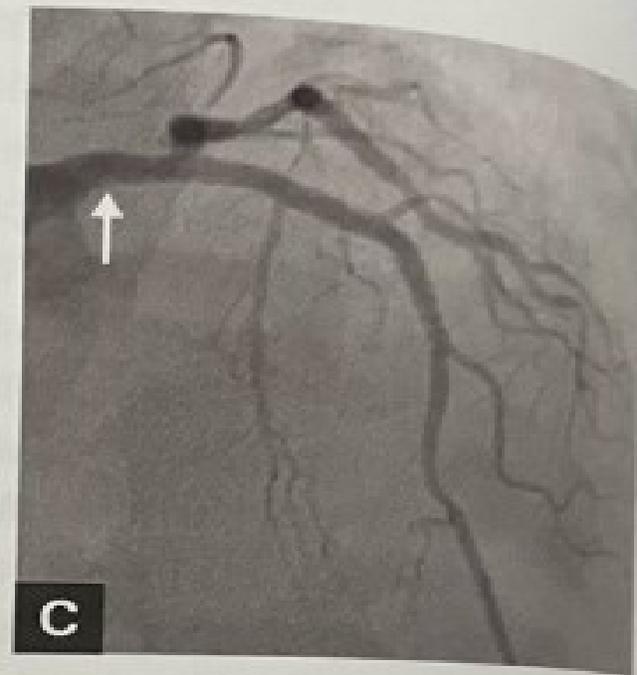
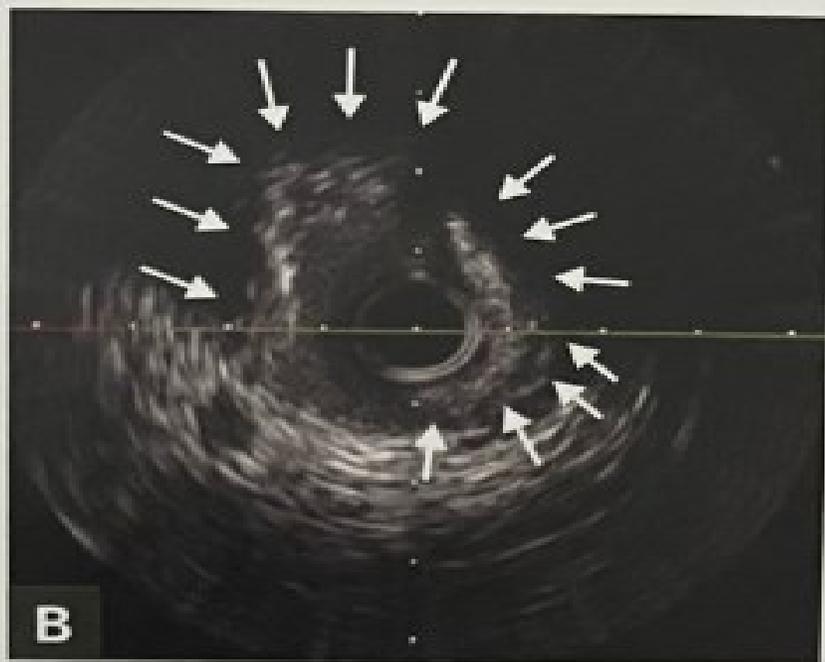
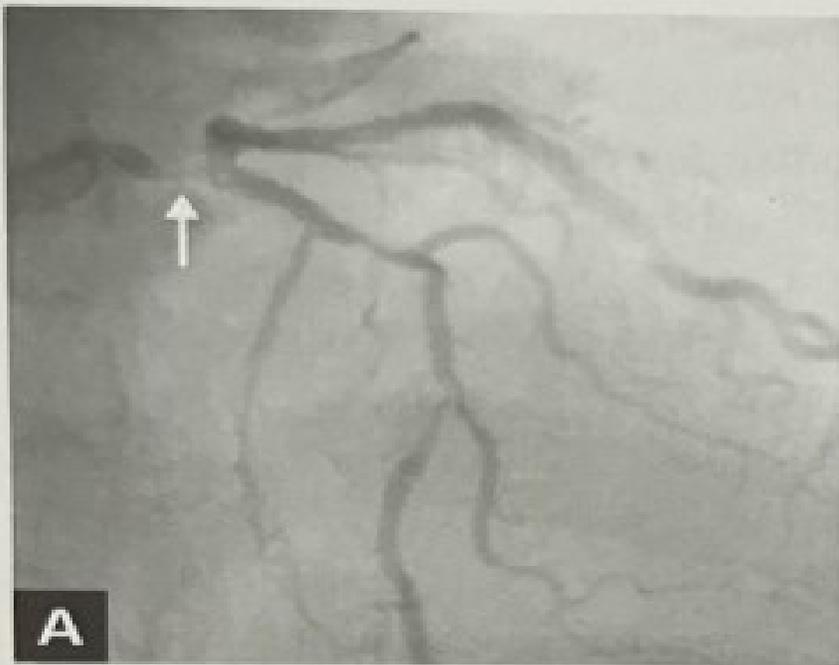
Post-PCI – DIAL-X

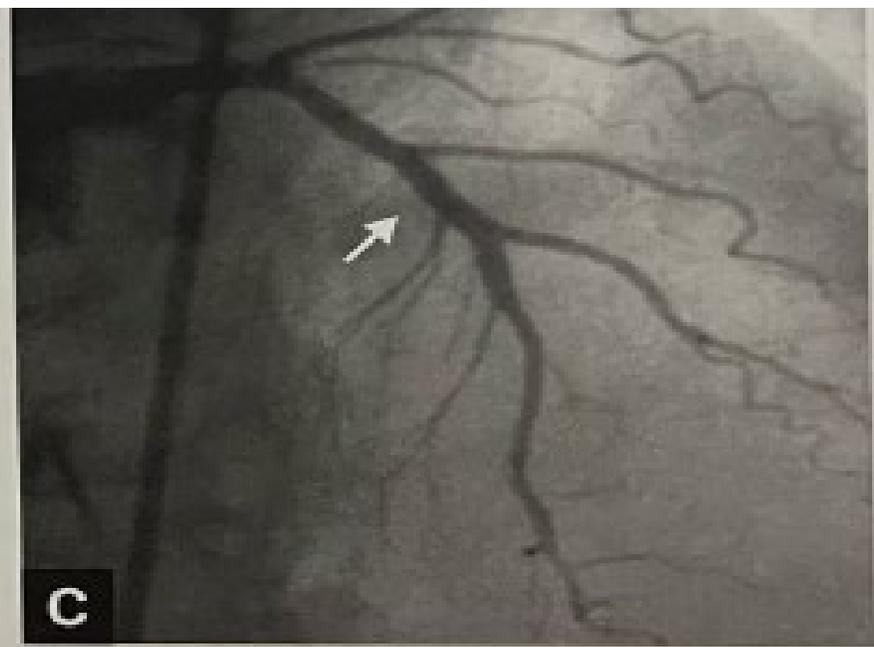
Actionable variables

Dissection **A**pposition **L**esion residual **X**pansion



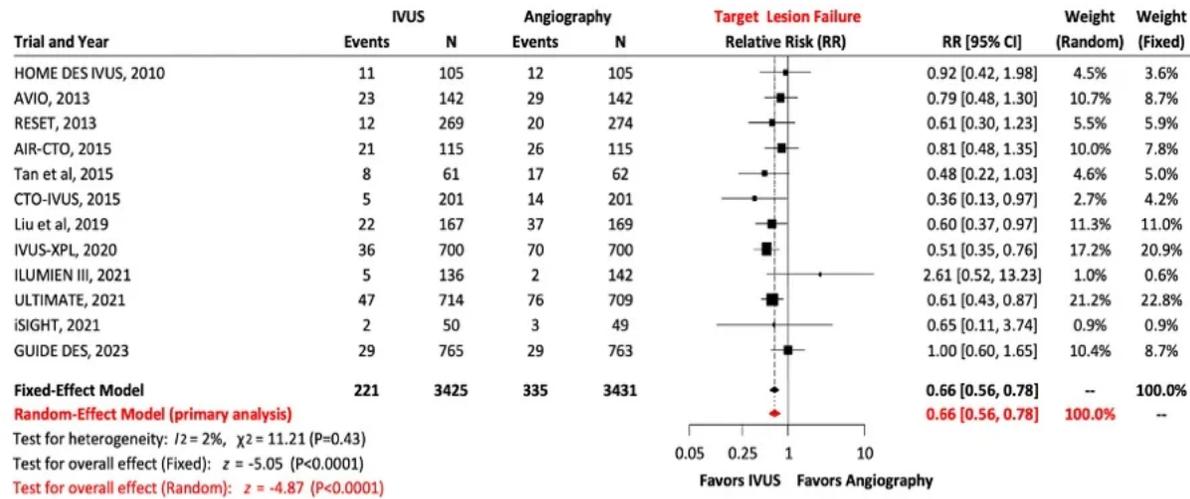






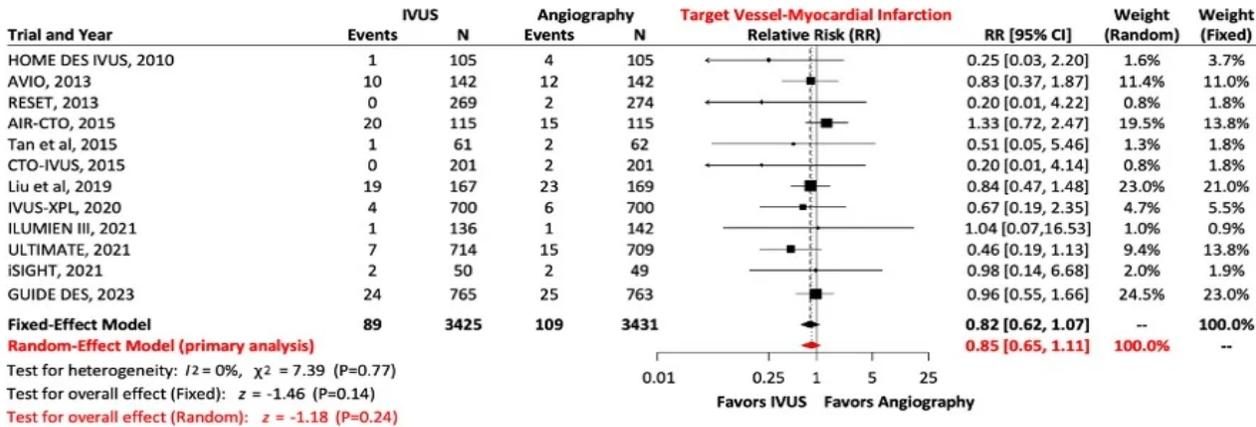
FIGURE

Study-level meta-analysis of IVUS-guided PCI vs. angiography-guided PCI for TLF



Angiography = angiography guidance for PCI; IVUS = intravascular ultrasound guidance for PCI; PCI = percutaneous coronary intervention; RR = relative risk; CI = confidence interval

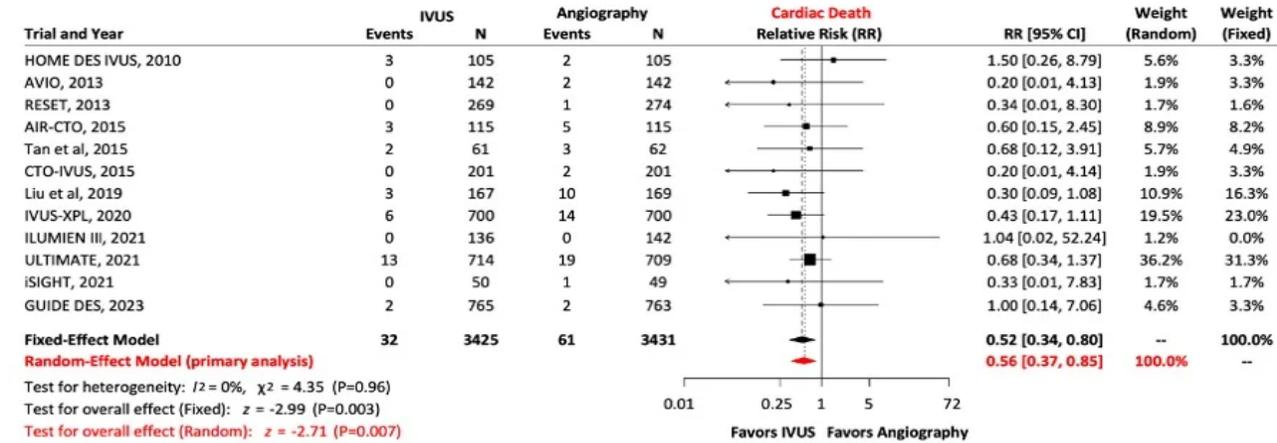
Study-level meta-analysis of IVUS-guided PCI vs. angiography-guided PCI for TV-MI



Angiography = angiography guidance for PCI; IVUS = intravascular ultrasound guidance for PCI; PCI = percutaneous coronary intervention; RR = relative risk; CI = confidence interval

Não houve diferença em termos de infarto do miocárdio do vaso alvo (figura 11C).

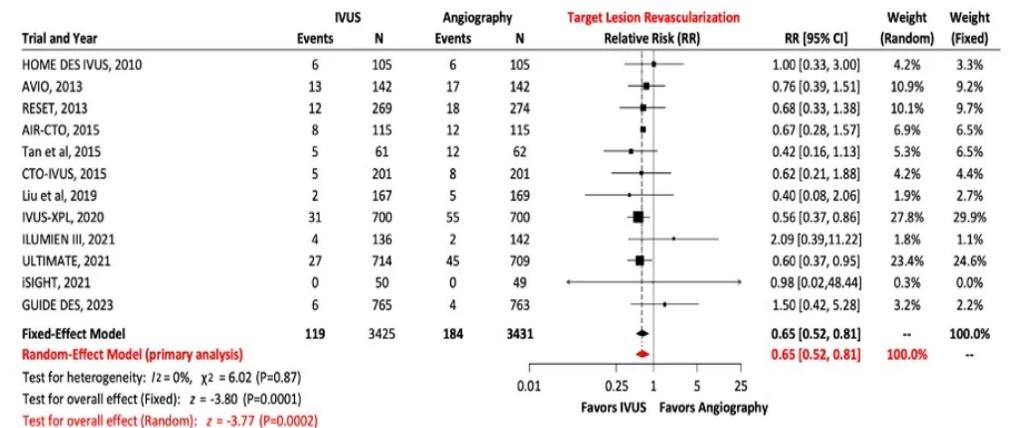
Study-level meta-analysis of IVUS-guided PCI vs. angiography-guided PCI for cardiac death



Angiography = angiography guidance for PCI; IVUS = intravascular ultrasound guidance for PCI; PCI = percutaneous coronary intervention; RR = relative risk; CI = confidence interval

Da mesma forma, na figura 11B, foi observada uma redução importante na morte cardíaca no grupo de ICP guiada por USIC.

Study-level meta-analysis of IVUS-guided PCI vs. angiography-guided PCI for TLR



Angiography = angiography guidance for PCI; IVUS = intravascular ultrasound guidance for PCI; PCI = percutaneous coronary intervention; RR = relative risk; CI = confidence interval

Por outro lado, houve uma redução clinicamente relevante e significativa das taxas de revascularização da lesão alvo no grupo ICP guiada por USIC (figura 11D).



AValiação das Complicações Trombose

- **Subexpansão grave do stent** --> fator mais importante / placa residual
- O uso deUSIC é altamente recomendado para tratar episódios de trombose de stent: trombo oclusivo dentro do stent (50% do volume total do stent) --> a maioria dos SFs apresentava subexpansão grave e todos os pacientes apresentavam doença de entrada-saída;
- Sempre que possível, deve-se evitar a implantação de um novo stent . Na maioria dos casos em que não se encontra trombo intra-stent, o mecanismo subjacente será um trombo resistente e a terapia farmacológica agressiva pode causar o desaparecimento do trombo residual em 1 semana;
- Apesar do tratamento precoce e agressivo, as trombooses de stent têm consequências terríveis, levando a grandes infartos do miocárdio com onda Q e a uma alta taxa de mortalidade (de 17% a 45%);
- A grande carga trombótica presente na maioria dos casos de trombose de stent explica o pior desfecho clínico em comparação com outros pacientes que necessitam de angioplastia primária;
- Pacientes tratados com angioplastia primária para episódios de trombose de stent: apesar de esforços de otimização (insuflações de balões de alta pressão e administração intracoronária sistemática de inibidores de plaquetas da glicoproteína IIb/IIIa e uso rotineiro de dispositivos de trombectomia), havia uma quantidade significativa de trombo residual “resistente” dentro do stent no final do procedimento. Este trombo residual detectado pelo IVUS parece explicar por que resultados angiográficos subótimos são frequentemente obtidos apesar de intervenções agressivas.



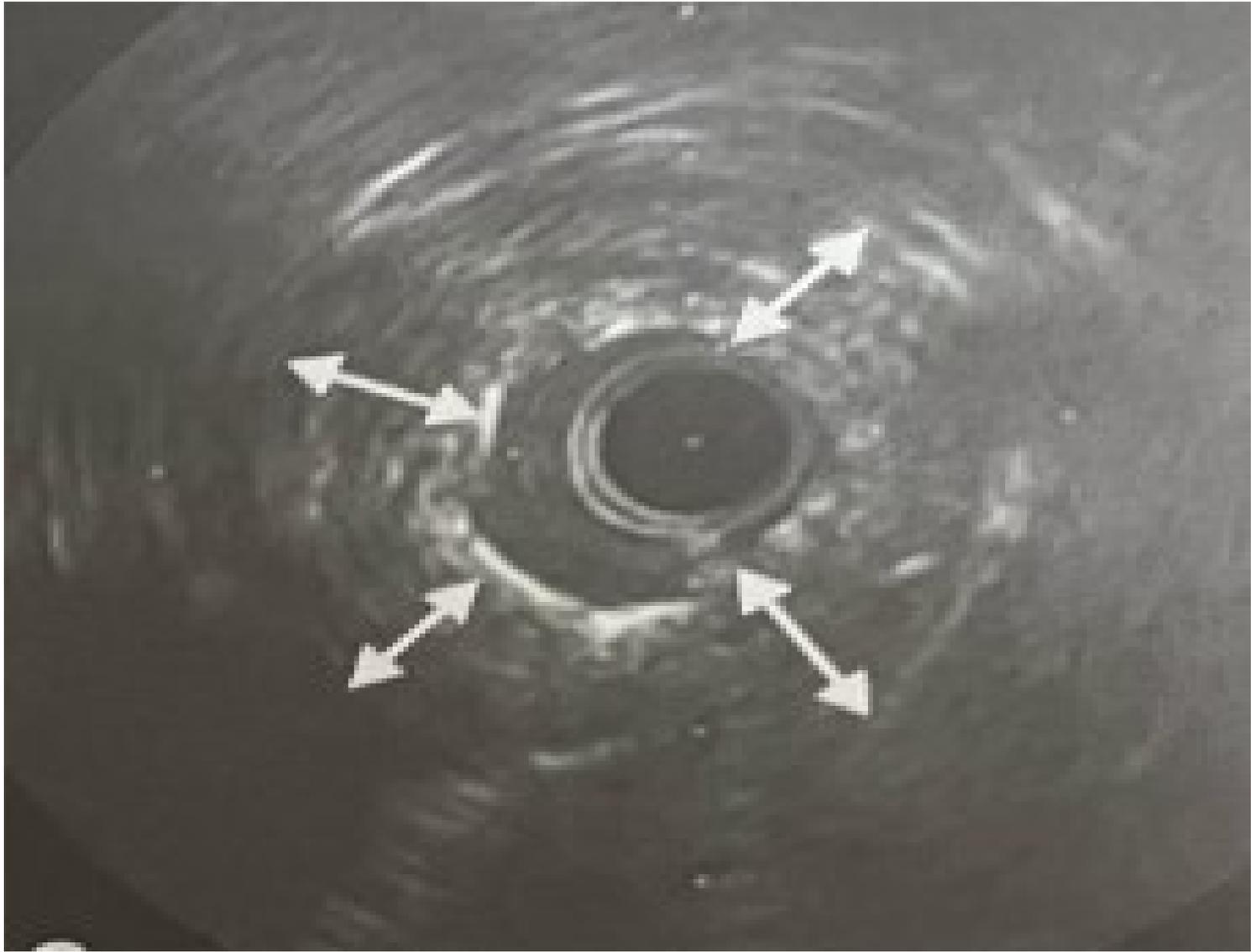
AValiação DAS COMPLICAÇÕES REESTENOSE

- Reestenose intra-stent = **hiperplasia neointimal**;
- Preditores de reestenose intra-stent: pequeno tamanho de referência do vaso e do lúmen, maior carga de placa e pequena área do lúmen intra-stent.
- Embora a prevalência de reestenose tenha diminuído drasticamente com stents farmacológicos, **maximizar o ganho luminal continua sendo uma abordagem importante para prevenir a reestenose**.
- Maior taxa de reestenose : área do stent $< 5,5 \text{ mm}^2$ e comprimento do stent $> 40 \text{ mm}$;
- Reestenose stent farmacológicos: focais (comprimento $< 10 \text{ mm}$) e frequentemente estão localizadas nas bordas do stent
- Reestenose stent não-farmacológico: difusa, prognóstico pior



AValiação DAS COMPLICAÇÕES REESTENOSE

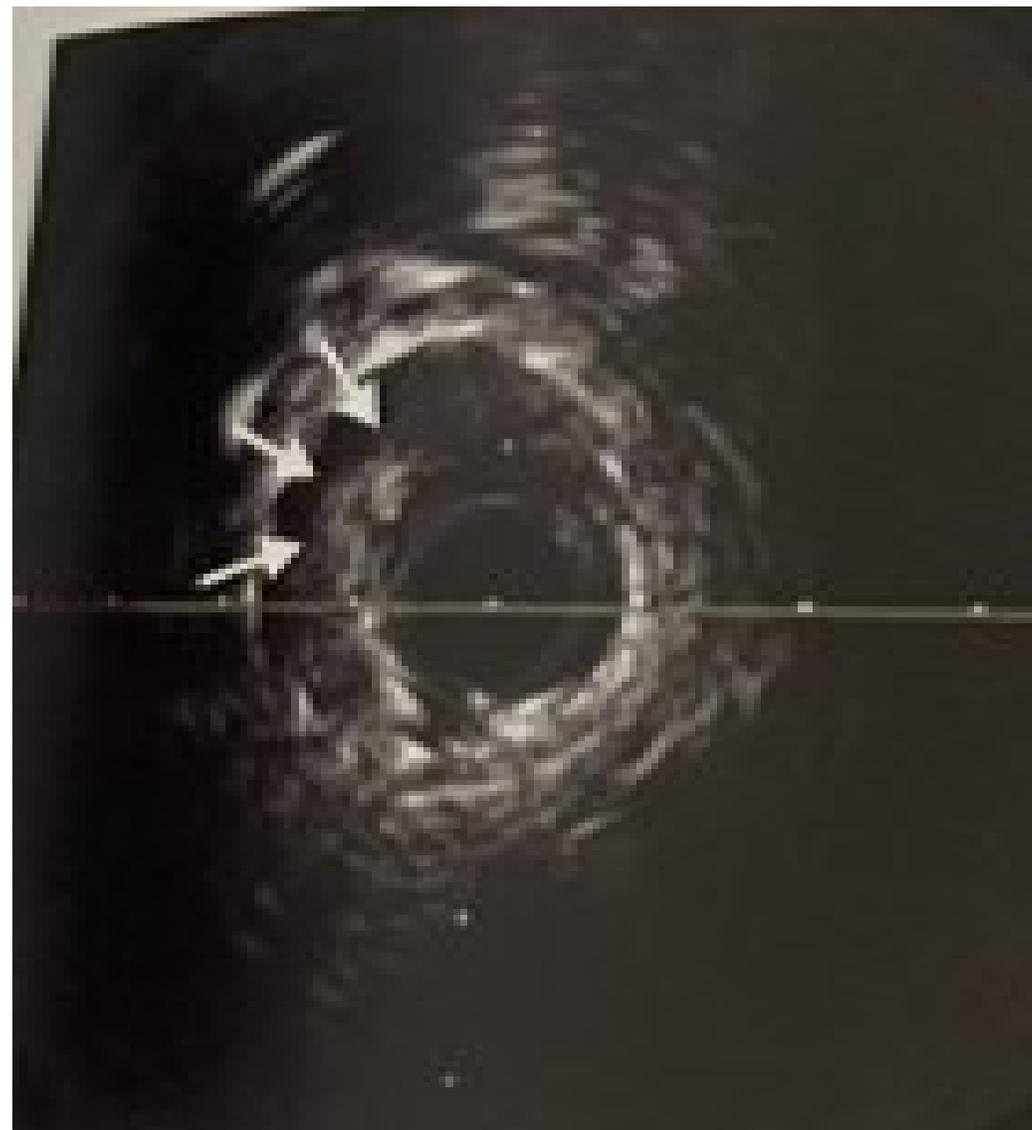
- USIV permite avaliar os mecanismos de reestenose intra-stent do DES, orientar intervenções repetidas, excluir o bloqueio dos principais ramos laterais relacionados e a protrusão do DES nos óstios;
- A subexpansão grave do DES é o substrato subjacente mais comum e este problema parece ter consequências fisiopatológicas importantes. Alguns stents subexpandidos estão localizados em **segmentos coronários fortemente calcificados** e, uma vez que o stent esteja subimplantado, muito pouco pode ser feito para melhorar a situação. Neste cenário desafiador, **pressões muito altas (24 a 30 atm) são recomendadas antes da implantação repetida de stents farmacológicos (DES), na tentativa de evitar a perpetuação do problema.**
- Por outro lado, quando o stent está bem expandido, o mecanismo subjacente pode ser a falha do fármaco.





AValiação das Complicações Placas nas Bordas do Stent

- O USIC pode ser usado para detectar problemas nas bordas do stent. Após intervenções, a "turvação" angiográfica nas bordas do stent pode ser resultado de trombo, deslocamento de placa ou dissecções. No acompanhamento, os mecanismos de reestenose da borda intrastent podem ser descoberto.





AValiação das Complicações Dissecção

- **Classificadas em cinco categorias:**

A) íntima;

B) medial;

C) adventícia;

D) hematoma intramural (acúmulo de sangue no espaço medial, deslocando a membrana elástica interna para dentro e a EEM para fora); e

E) intra-stent

- **Gravidade de uma dissecção pode ser quantificada de acordo com:**

A) profundidade;

B) extensão circunferencial (em graus de arco);

D) comprimento;

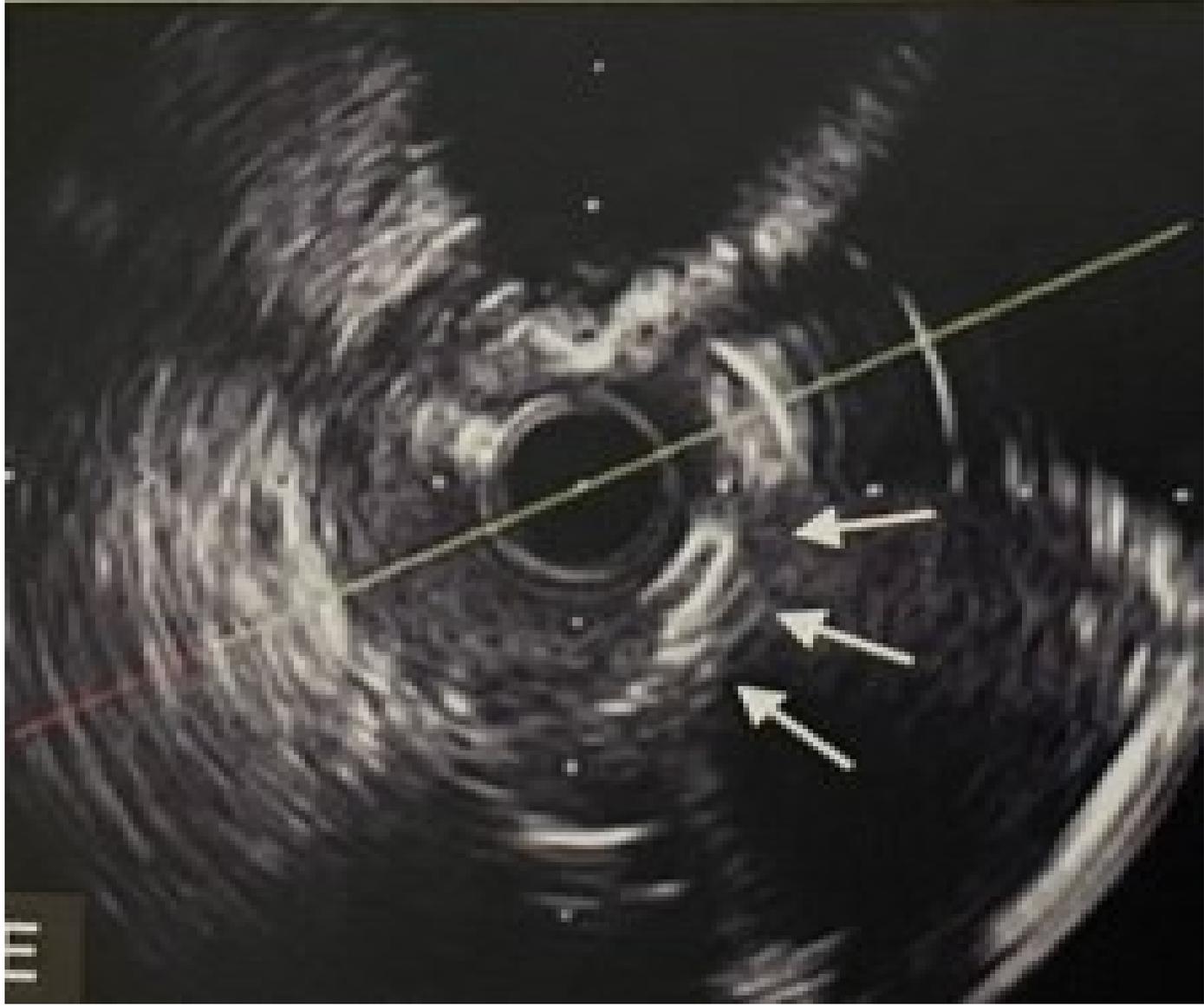
E) tamanho do lúmen residual (AST); e 5. AST da dissecção luminal.

- **Descritores adicionais** : presença de um lúmen falso, identificação de retalhos móveis, presença de cálcio na borda da dissecção e dissecções próximas às bordas do stent.



AValiação DAS COMPLICAÇÕES FRATURA DE STENT

- Complicação difícil de reconhecer na angiografia convencional devido à má visualização do stent --> falta de continuidade das hastes;
- USIV permite a visualização precisa das hastes do stent e, portanto, tem sido usado para detectar fraturas de stent --> completas = separação total do stent em > 2 partes: neste ponto, quadros de imagem sem hastes devem ser claramente detectados / parciais = ausência de hastes em um arco significativo da circunferência do stent;
- Achados semelhantes em segmentos com stents sobrepostos não devem ser considerados como fraturas, mas sim como deslocamento do stent;
- Estímulo para reestenose focal intra-stent;
- Os preditores para fratura de stent incluem localização da artéria coronária direita, stents longos, stents sobrepostos, movimentos de dobradiça e angulação do vaso.



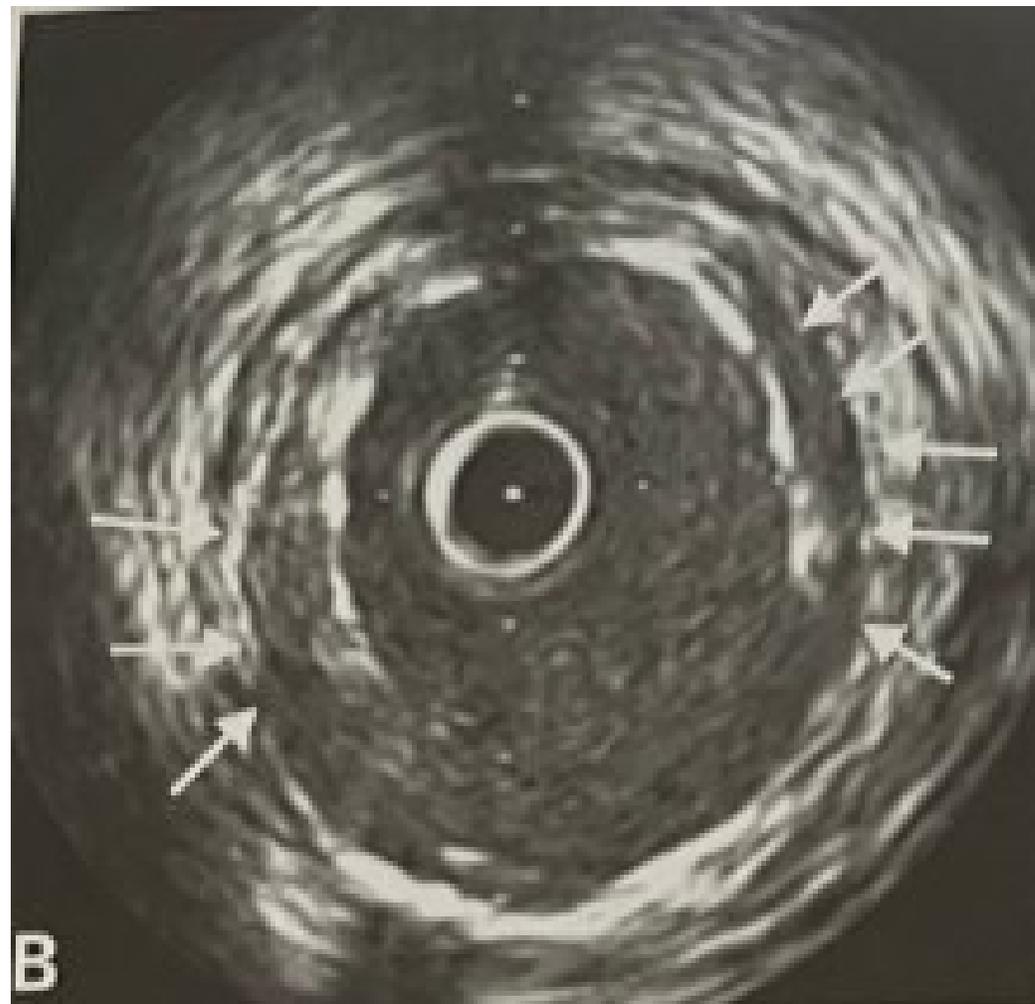
111

AVALIAÇÃO DAS COMPLICAÇÕES APOSIÇÃO INCOMPLETA

CAIXA DE FOCO 7

Aposição incompleta do stent

- Aposição incompleta do stent (ISA) tem sido frequentemente encontrada em pacientes com trombose do stent (TS)
- A aposição incompleta é definida e ocorre quando pelo menos uma haste do stent (que não abrange a origem de um ramo lateral) não está em contato direto com a parede vascular subjacente. A aposição incompleta do stent pode ser aguda ou tardia. A aposição incompleta aguda representa essencialmente um posicionamento subótimo do stent. A aposição tardia do stent pode ser persistente (em casos com aposição inicial aguda incompleta do stent) ou adquirida (isso requer a demonstração de um stent bem apostado no USIC imediatamente após a intervenção).
- Acredita-se que a ISA adquirida tardiamente esteja relacionada ao aumento do tamanho da membrana elástica externa
- Em pacientes que apresentaram ST, a área ISA e a quantidade de eosinófilos no material trombótico apresentaram correlação positiva





OBRIGADO!