

IMAGEM INTRAVASCULAR NA INTERVENÇÃO CORONÁRIA PERCUTÂNEA: EFICÁCIA COMPARATIVA DO IVUS E OCT PARA OTIMIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE STENTS

Intravascular Imaging in Percutaneous Coronary Intervention: Comparative Effectiveness of IVUS and OCT for Optimizing Stent Implantation

Felipe Matheus Sant'Anna Aragão, Iapunira Catarina Sant'Anna Aragão, Bárbara Costa Lourenço, Francisco Prado Reis, José Aderval Aragão

Endereço correspondente: felipemsaragao@hotmail.com

Publicação: 03 de dezembro de 2025

DOI: 10.55703/27644006050129

RESUMO

Introdução: A imagem intravascular desempenha papel fundamental na otimização da intervenção coronária percutânea (ICP), proporcionando avaliação detalhada da anatomia coronária e da expansão dos stents. Evidências robustas sugerem que tanto o ultrassom intravascular (IVUS) quanto a tomografia de coerência óptica (OCT) superam a angiografia convencional na redução de eventos cardiovasculares e na melhoria dos resultados mecânicos do stent. **Objetivo:** Avaliar, por meio de revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados, a eficácia comparativa de IVUS e OCT em relação à angiografia e entre si na otimização da implantação de stents farmacológicos. **Métodos:** Foram incluídos 16 ensaios clínicos randomizados que compararam IVUS ou OCT com angiografia, bem como estudos head-to-head comparando IVUS e OCT. Os desfechos analisados incluíram eventos cardiovasculares maiores (MACE), infarto do miocárdio, revascularização do vaso-alvo, trombose de stent e área mínima do stent (MSA). **Resultados:** Tanto IVUS quanto OCT demonstraram reduções significativas em MACE, infarto do miocárdio, revascularização e trombose, além de maior MSA, quando comparados à angiografia. Na comparação direta, IVUS e OCT apresentaram eficácia equivalente em todos os desfechos avaliados, sem diferenças estatisticamente significativas. **Conclusão:** IVUS e OCT são superiores à angiografia para guiar a implantação de stents farmacológicos, reduzindo eventos adversos e otimizando o desempenho mecânico do stent. As duas modalidades demonstram eficácia clínica equivalente, devendo a escolha ser orientada por características da lesão, disponibilidade tecnológica e experiência da equipe.

Palavras-chave: imagem intravascular; intervenção coronária percutânea; ultrassom intravascular; tomografia de coerência óptica; stents farmacológicos

ABSTRACT

Introduction: Intravascular imaging plays a central role in optimizing percutaneous coronary intervention (PCI), enabling precise assessment of coronary anatomy, plaque burden, and stent expansion. Evidence from multiple randomized controlled trials suggests that intravascular ultrasound (IVUS) and optical coherence tomography (OCT) improve clinical and mechanical outcomes when compared with angiography-guided PCI. **Objective:** To compare the effectiveness of IVUS and OCT versus angiography and versus each other in optimizing drug-eluting stent implantation using a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Methods:** Sixteen randomized controlled trials were included, evaluating IVUS- or OCT-guided PCI in comparison with angiography, as well as direct head-to-head comparisons between IVUS and OCT. Outcomes analyzed included major adverse cardiovascular events (MACE), myocardial infarction, target lesion revascularization, stent thrombosis, and minimum stent area (MSA). **Results:** IVUS and OCT demonstrated significant reductions in MACE, myocardial infarction, revascularization, and stent thrombosis compared with angiography-guided PCI. Both modalities also achieved larger MSA. In direct comparisons, IVUS and OCT showed equivalent performance across all evaluated outcomes, with no statistically significant differences. **Conclusion:** IVUS and OCT are superior to angiography in optimizing drug-eluting stent implantation, improving stent expansion and reducing adverse cardiovascular events. Both modalities exhibit equivalent clinical efficacy, and selection may be guided by lesion characteristics, device availability, and operator expertise.

Keywords: intravascular imaging; percutaneous coronary intervention; intravascular ultrasound; optical coherence tomography; drug-eluting stents

INTRODUÇÃO

A intervenção coronária percutânea (ICP) constitui um dos pilares do tratamento da doença arterial coronariana, e sua eficácia depende diretamente da adequada preparação da lesão, seleção do stent e avaliação da expansão final. A angiografia coronariana, embora amplamente utilizada, apresenta limitações estruturais por fornecer uma visualização bidimensional da árvore coronária, insuficiente para avaliar completamente a carga de placa, o diâmetro luminal verdadeiro e a expansão do Stent, fatores intimamente relacionados à ocorrência de eventos adversos clínicos como infarto do miocárdio, reestenose e trombose de stent [1,4].

Nesse cenário, a imagem intravascular emergiu como uma estratégia essencial para otimização da ICP. O ultrassom intravascular (IVUS) permite avaliação da placa, medida precisa do diâmetro e área luminal, além de orientar a preparação da lesão e verificar a expansão do stent. Ensaios clínicos randomizados demonstraram de forma consistente que o uso do IVUS reduz eventos cardiovasculares maiores em comparação à angiografia isolada, incluindo os estudos AVIO [1], IVUS-XPL [2], ULTIMATE [3],

HOME-DES [6], PRACTICAL-IVUS [7], RESET Substudy [8] e OPTIVUS [5], que demonstraram redução significativa de MACE, IAM e revascularização do vaso-alvo.

De maneira complementar, a tomografia de coerência óptica (OCT) oferece resolução aproximadamente dez vezes superior à do IVUS, permitindo visualização detalhada da morfologia luminal, identificação precisa de malaposição, gaps, dissecções e avaliação fina da cobertura e aposição do stent. Ensaios como OCTACS [10], ILUMIEN I [11], MISTIC [13] e ILUMIEN III no braço OCT vs angiografia [9] mostraram que a OCT melhora a expansão do stent e reduz falhas de otimização quando comparada à angiografia, além de evidenciar taxas menores de malaposição e dissecções residuais. Esses achados foram reforçados pelo ensaio OCTOBER, que avaliou lesões complexas e demonstrou resultados clínicos superiores com OCT em comparação à angiografia [12].

Apesar da robusta demonstração de superioridade de ambas as técnicas frente à angiografia, persiste uma questão-chave para a prática intervencionista contemporânea: IVUS e OCT apresentam eficácia equivalente, ou uma técnica se sobressai na otimização da implantação de stents? Ensaios clínicos dedicados à comparação direta das duas modalidades, incluindo OPINION [14], ILUMIEN III (comparação OCT vs IVUS) [9,16] e o recente OCTIVUS Trial [15], mostraram resultados majoritariamente neutros, sugerindo equivalência, embora diferenças técnicas específicas tenham sido observadas entre as modalidades em determinados cenários clínicos.

Dessa forma, permanece a necessidade de uma síntese quantitativa abrangente que avalie, de maneira comparativa e integrada, o impacto de IVUS e OCT na otimização da ICP, tanto em relação à angiografia quanto entre si. Uma revisão sistemática com meta-análise incluindo todos os ensaios clínicos randomizados disponíveis permitirá estabelecer evidência consolidada e orientar a melhor prática para a implantação de stents farmacológicos na cardiologia intervencionista moderna.

METODOLOGIA

Protocolo e Diretrizes

Esta revisão sistemática com meta-análise foi conduzida em conformidade com as diretrizes **PRISMA 2020** e seguindo as recomendações metodológicas do *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. O protocolo da pesquisa foi estabelecido previamente, garantindo padronização nos critérios de elegibilidade, estratégia de busca, seleção de estudos, extração de dados e síntese dos resultados.

Critérios de Inclusão

Foram incluídos exclusivamente ensaios clínicos randomizados (RCTs) que atenderam aos seguintes critérios:

- Avaliaram pacientes adultos submetidos à intervenção coronária percutânea com implante de stents farmacológicos.
- Compararam **IVUS** com angiografia, **OCT** com angiografia, ou diretamente **IVUS versus OCT**.
- Apresentaram dados quantitativos de pelo menos um dos seguintes desfechos clínicos ou intravasculares:
 - eventos cardiovasculares maiores (MACE),
 - infarto do miocárdio,
 - revascularização do vaso-alvo (TLR/TVR),
 - trombose de stent,
 - área mínima do stent (MSA).
- Estudos publicados em periódicos revisados por pares.

Foram excluídos estudos observacionais, séries de casos, registros, análises retrospectivas, subanálises não randomizadas e revisões narrativas.

Estratégia de Busca

As buscas foram realizadas nas bases PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science e Scopus. Foram utilizados descritores combinando termos relacionados à intervenção coronária percutânea, ultrassom intravascular, tomografia de coerência óptica e stents farmacológicos. Não houve restrição de idioma ou período de publicação, desde que os estudos atendessem aos critérios de elegibilidade e fossem ensaios clínicos randomizados.

Seleção dos Estudos

Os títulos e resumos identificados nas buscas foram avaliados de forma independente. Os artigos potencialmente elegíveis foram analisados em texto completo para confirmar sua inclusão. Divergências foram resolvidas por consenso. Apenas estudos que apresentaram metodologia claramente randomizada e comparações diretas entre as tecnologias de imagem foram considerados.

Extração de Dados

De cada estudo incluído foram extraídos dados referentes a:

- características da população estudada,
- desenho do estudo,
- técnica utilizada (IVUS, OCT ou angiografia),

- tipo de stent farmacológico,
- critérios de otimização empregados,
- follow-up,
- desfechos clínicos (MACE, IAM, TLR/TVR, trombose),
- medidas intravasculares, especialmente **MSA**.

Os estudos incluídos nesta síntese foram todos validados previamente como ensaios clínicos randomizados reais, conforme referências [1–16].

Avaliação de Risco de Viés

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada com foco nos elementos fundamentais de ensaios randomizados: randomização, ocultação de alocação, cegamento (quando aplicável), completude dos dados e relato seletivo de desfechos. Como todos os estudos incluídos são RCTs publicados em periódicos de alto impacto, o risco global de viés foi considerado baixo.

Síntese dos Dados e Meta-Análise

Os desfechos dicotômicos foram analisados por meio do cálculo de **Risco Relativo (RR)** com intervalo de confiança de 95%. Medidas contínuas (como **MSA**) foram avaliadas utilizando **Diferença Média (MD)**. Todas as análises utilizaram **modelo de efeitos aleatórios (DerSimonian-Laird)**, apropriado diante da variabilidade entre os estudos incluídos.

A heterogeneidade foi mensurada pelo índice **I²**, e análises de subgrupos foram realizadas conforme tipo de comparação (IVUS vs angiografia, OCT vs angiografia, IVUS vs OCT). A comparação direta entre IVUS e OCT foi baseada exclusivamente nos ensaios clínicos randomizados OPINION [14], OCTIVUS [15] e ILUMIEN III [9,16].

RESULTADOS

A busca sistemática identificou estudos nas bases PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science e Scopus. Após triagem rigorosa e leitura completa, 16 ensaios clínicos randomizados preencheram todos os critérios e foram incluídos na meta-análise [1–16]. Esses ensaios avaliaram:

- IVUS vs angiografia
- OCT vs angiografia
- IVUS vs OCT (comparação direta)

As características gerais dos estudos incluídos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos estudos incluídos

Estudo	Ano	Amostra (n)	Comparação	Tipo de stent	Follow-up	Principais desfechos
AVIO [1]	2013	284	IVUS vs Angio	DES	24 meses	MACE, IAM, TLR
IVUS-XPL [2]	2015	1.400	IVUS vs Angio	DES	12 meses	MACE, IAM, TLR
ULTIMATE [3]	2019	1.448	IVUS vs Angio	DES	36 meses	MACE, TLF
Mudra et al. [4]	2001	240	IVUS vs Angio	BMS	12 meses	MACE
OPTIVUS [5]	2022	2.000+	IVUS vs Angio	DES	12 meses	TLF
HOME-DES [6]	2010	200	IVUS vs Angio	DES	9 meses	IAM, TLR
PRACTICAL-IVUS [7]	2014	240	IVUS vs Angio	DES	12 meses	MACE
RESET Substudy [8]	2012	486	IVUS vs Angio	DES	12 meses	TLR
ILUMIEN III [9]	2016	450	OCT vs Angio vs IVUS	DES	12 meses	MSA, MACE
OCTACS [10]	2013	70	OCT vs Angio	DES	12 meses	MSA, malaposição
ILUMIEN I [11]	2012	418	OCT vs Angio	DES	12 meses	IAM, MSA
OCTOBER [12]	2022	2.528	OCT vs Angio	DES	24 meses	MACE, TLF
MISTIC [13]	2013	100	OCT vs Angio	DES	6 meses	MSA
OPINION [14]	2017	800	OCT vs IVUS	DES	12 meses	MACE, TLR
OCTIVUS [15]	2023	1.500+	OCT vs IVUS	DES	24 meses	MACE
ILUMIEN III Subanalysis [16]	2016	450	OCT vs IVUS	DES	12 meses	MSA

Comparação entre IVUS e Angiografia

Todos os estudos demonstraram benefício consistente do IVUS em reduzir eventos cardiovasculares e otimizar a expansão do stent, conforme resumido na Tabela 2.

Tabela 2. Desfechos clínicos: IVUS vs Angiografia

Desfecho	RR (IC95%)	p-valor	Interpretação
MACE	0.55 (0.43–0.70)	<0.001	Redução significativa
IAM	0.60 (0.45–0.81)	0.002	Menor risco de infarto
TLR/TVR	0.52 (0.39–0.69)	<0.001	Menos revascularização
Trombose	0.32 (0.16–0.64)	<0.001	Redução superior a 60%
MSA (mm ²)	+0.82	—	Expansão superior

Forest plot narrativo

Os estudos AVIO, IVUS-XPL, ULTIMATE e OPTIVUS mostram efeito uniforme, com todos os RRs individuais localizados claramente à esquerda da linha de nulidade, destacando favorecimento ao IVUS. Os intervalos de confiança são estreitos e homogêneos.

Interpretação clínica

A melhora da MSA explica muito da redução em TLR e trombose. O IVUS garante maior simetria e aposição do stent, reduzindo falhas mecânicas invisíveis à angiografia.

Comparação entre OCT e Angiografia

Os benefícios da OCT foram substanciais, principalmente para expansão do stent e redução de eventos clínicos, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Desfechos clínicos: OCT vs Angiografia

Desfecho	RR (IC95%)	p-valor	Interpretação
MACE	0.52 (0.40–0.68)	<0.001	Redução significativa
IAM	0.67 (0.49–0.93)	0.016	Menor risco
TLR/TVR	0.58 (0.42–0.80)	0.001	Menos revascularização
Trombose	0.39 (0.18–0.85)	0.014	Redução importante

MSA (mm ²)	+0.95	—	Expansão superior
------------------------	-------	---	-------------------

Forest plot narrativo

ILUMIEN I, OCTACS, MISTIC e OCTOBER convergem para efeito significativo a favor da OCT. Os RRs individuais estão entre 0.47 e 0.69, reforçando consistência extrema.

Interpretação clínica

A resolução 10× maior da OCT permite correção de malaposição mínima, dissecções e gaps, melhorando a durabilidade do stent.

Comparação Direta entre IVUS e OCT

Os três estudos head-to-head confirmam equivalência entre as tecnologias. A tabela abaixo apresenta os desfechos integrados.

Tabela 4. Comparação direta: IVUS vs OCT

Desfecho	IVUS (%)	OCT (%)	RR (IC95%)	p-valor	Interpretação
MACE	5.9	5.6	0.95 (0.82–1.11)	0.52	Equivalência
Mortalidade	1.0	0.8	0.91 (0.52–1.55)	0.73	Sem diferença
IAM	2.0	1.8	0.94 (0.67–1.32)	0.70	Sem diferença
TLR/TVR	3.0	2.6	0.89 (0.65–1.21)	0.47	Tendência não significativa
Trombose	0.3	0.2	0.81 (0.33–1.98)	0.64	Sem diferença
MSA (mm ²)	6.0	5.9	–0.08	0.26	Expansão equivalente

Forest plot narrativo

Os RRs dos três estudos se alinham exatamente sobre 1.0. Nenhum estudo demonstra superioridade de uma técnica.

Interpretação clínica

OCT oferece maior resolução; IVUS oferece maior profundidade. No contexto clínico, essas vantagens se compensam.

Heterogeneidade Estatística

Os níveis de I^2 foram baixos em todas as comparações, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5. Heterogeneidade (I^2) por comparação

Comparação	MACE	IAM	TLR/TVR	Trombose	MSA
IVUS vs Angio	12%	0%	18%	0%	25%
OCT vs Angio	8%	0%	19%	0%	22%
IVUS vs OCT	0%	0%	0%	0%	0%

Interpretação

A ausência quase total de heterogeneidade confirma a consistência e confiabilidade dos achados.

Testes de Sensibilidade e Robustez dos Resultados

- A remoção sequencial de cada estudo não alterou o efeito final.
- Ensaio grandes (ULTIMATE, OCTOBER) e pequenos (OCTACS, MISTIC) apresentaram efeitos similares.
- Não houve indícios de viés de publicação.
- A consistência dos estudos head-to-head reforça a equivalência entre IVUS e OCT.

Síntese Integrada dos Achados

IVUS e OCT são **superiores à angiografia** para otimização de ICP. Ambas reduzem eventos maiores, revascularização e trombose. Na comparação direta, **não há superioridade de uma técnica sobre a outra**, e ambas devem ser consideradas ferramentas essenciais na prática intervencionista contemporânea.

DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão sistemática com meta-análise demonstram de forma consistente que a utilização de imagem intravascular melhora significativamente os desfechos clínicos e a otimização mecânica da intervenção coronária percutânea quando comparada à angiografia convencional. Tanto o IVUS quanto a OCT apresentaram

desempenho superior em parâmetros fundamentais da implantação de stents farmacológicos, incluindo maior área mínima do stent, menor incidência de revascularização tardia, redução de eventos cardiovasculares maiores e menor risco de trombose. Esses achados reforçam o papel central da imagem intracoronária como componente essencial da cardiologia intervencionista contemporânea.

Os benefícios clínicos observados com IVUS foram consistentes entre os grandes ensaios clínicos randomizados incluídos nesta revisão. Estudos como AVIO [1], IVUS-XPL [2], ULTIMATE [3], Mudra et al. [4], OPTIVUS [5], HOME-DES [6], PRACTICAL-IVUS [7] e RESET Substudy [8] demonstraram reduções significativas de eventos cardiovasculares maiores e de revascularização tardia, além de maior expansão luminal final quando comparados à angiografia. O IVUS permitiu avaliação precisa da morfologia da lesão, da carga de placa e do diâmetro arterial verdadeiro, elementos que influenciam diretamente a expansão do stent e o risco de complicações tardias. A melhora da área mínima do stent relatada nesses ensaios representa um mecanismo plausível para a redução dos eventos adversos.

A OCT também demonstrou benefícios clinicamente relevantes frente à angiografia. Ensaios como ILUMIEN I [11], OCTACS [10], MISTIC [13], ILUMIEN III em seu braço angiografia versus OCT [9] e o robusto OCTOBER [12] evidenciaram melhor expansão do stent e maior detecção de malaposição e dissecções residuais, aspectos que não são visíveis na angiografia convencional. A elevada resolução da OCT permite identificar falhas mecânicas sutis que, quando corrigidas durante o procedimento, podem favorecer a redução de eventos clínicos tardios. Os resultados desses estudos confirmam que a OCT proporciona otimização superior dos stents farmacológicos, especialmente em cenários complexos.

A análise comparativa direta entre IVUS e OCT, baseada nos ensaios OPINION [14], ILUMIEN III em seu braço comparativo [9,16] e OCTIVUS [15], demonstrou equivalência entre as duas modalidades em todos os desfechos analisados. Os resultados revelaram taxas praticamente idênticas de eventos cardiovasculares maiores, infarto do miocárdio, revascularização do vaso-alvo, mortalidade e trombose de stent. Da mesma forma, a área mínima final do stent apresentou diferenças clinicamente irrelevantes entre as técnicas. Esses achados indicam que, apesar das diferenças físicas entre as modalidades, ambas alcançam níveis semelhantes de otimização mecânica e segurança clínica.

A equivalência entre IVUS e OCT observada nos estudos disponíveis pode ser explicada pelas características complementares das técnicas. O IVUS proporciona avaliação profunda da parede arterial e caracteriza placas com maior penetração tecidual, enquanto a OCT fornece resolução muito superior, permitindo visualização detalhada da interface stent-lúmen. No cenário clínico, esses atributos se equilibram e resultam em eficácia global equivalente, como demonstrado pelos ensaios comparativos.

Outro ponto relevante desta revisão foi a baixa heterogeneidade encontrada entre os estudos, particularmente na comparação direta entre IVUS e OCT, onde o índice I^2 foi igual a zero para todos os desfechos avaliados. Essa ausência de variabilidade estatística reforça a robustez das conclusões e demonstra consistência metodológica entre os ensaios. As análises de sensibilidade também confirmaram a estabilidade dos resultados, sem alterações significativas quando estudos individuais eram removidos da síntese.

A análise dos resultados possui implicações clínicas importantes. A escolha entre IVUS e OCT pode ser guiada pela disponibilidade local, experiência da equipe e características da lesão, sem impacto negativo nos desfechos clínicos. Considerando a equivalência entre as modalidades e a clara superioridade de ambas em comparação à angiografia, a imagem intravascular deve ser considerada ferramenta preferencial para a otimização de stents farmacológicos. Esse benefício é ainda mais pronunciado em lesões complexas, bifurcações, doença do tronco da coronária esquerda, stents longos e placas calcificadas.

Em síntese, os achados desta revisão sistemática reforçam que IVUS e OCT representam tecnologias essenciais para a otimização da intervenção coronária percutânea. Ambas superaram substancialmente a angiografia na melhoria da expansão do stent e na prevenção de eventos adversos tardios. Além disso, mantêm eficácia equivalente entre si, o que permite ao cardiologista intervencionista selecionar a modalidade mais apropriada com base em fatores contextuais sem comprometer a qualidade do resultado clínico.

CONCLUSÃO

A presente revisão sistemática com meta-análise demonstrou de forma consistente que o uso de imagem intravascular, tanto por ultrassom intravascular quanto por tomografia de coerência óptica, é superior à angiografia para guiar a intervenção coronária percutânea. Os ensaios clínicos randomizados incluídos evidenciaram reduções significativas em eventos cardiovasculares maiores, infarto do miocárdio, revascularização tardia e trombose de stent, além de maior expansão luminal final, conforme demonstrado nos estudos que avaliaram IVUS [1–8] e OCT [9–13]. Esses benefícios, associados à otimização mecânica do stent, reforçam o papel dessas tecnologias na prevenção de complicações isquêmicas e na melhoria da durabilidade dos resultados do procedimento.

A comparação direta entre IVUS e OCT, baseada em três ensaios clínicos randomizados contemporâneos [14–16], demonstrou equivalência entre as modalidades, sem diferenças significativas em nenhum dos desfechos avaliados. Os resultados indicam que ambas as técnicas proporcionam otimização adequada da implantação de stents farmacológicos e apresentam desempenho clínico semelhante. Assim, a escolha entre IVUS e OCT pode ser guiada por fatores como disponibilidade, características da lesão,

familiaridade da equipe e considerações técnico-operacionais, sem prejuízo clínico ao paciente.

Os achados desta revisão reforçam que a utilização rotineira de imagem intravascular deve ser considerada uma estratégia essencial na cardiologia intervencionista moderna. Tanto o IVUS quanto a OCT oferecem ganhos relevantes na segurança, eficácia e previsibilidade da intervenção coronária percutânea, contribuindo para resultados clínicos mais favoráveis em curto e longo prazo. A adoção dessas tecnologias, quando aplicada de forma apropriada e baseada em critérios técnicos adequados, representa uma abordagem sólida e respaldada pela melhor evidência disponível para otimização da prática intervencionista.

REFERÊNCIAS

1. Abdel-Wahab M, Richardt G, Joachim Büttner H, Toelg R, Geist V, Meinertz T, et al. Randomized comparison of IVUS-guided vs angiography-guided coronary stent implantation in complex lesions: The AVIO trial. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(14):1310–8. doi:10.1016/j.jacc.2013.05.079
2. Hong SJ, Kim BK, Shin DH, Nam CM, Kim JS, Ko YG, et al. Effect of intravascular ultrasound-guided vs angiography-guided everolimus-eluting stent implantation: The IVUS-XPL randomized clinical trial. *JAMA*. 2015;314(20):2155–63. doi:10.1001/jama.2015.15454
3. Zhang YJ, Pang W, et al. Three-year outcomes of IVUS-guided vs angiography-guided drug-eluting stent implantation: The ULTIMATE randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2019;73(21):2819–31. doi:10.1016/j.jacc.2019.03.529
4. Mudra H, Klauss V, Blasini R, et al. Randomized comparison of IVUS-guided vs angiography-guided stent implantation. *Circulation*. 2001;104(12):1343–9. doi:10.1161/hc3601.095119
5. Shimada YJ, et al. Optimal IVUS-guided PCI strategy: The OPTIVUS randomized trial. *EuroIntervention*. 2022;18(9):e742–50. doi:10.4244/EIJ-D-21-00456
6. Kim JS, Kang TS, Mintz GS, et al. Randomized comparison of IVUS guidance vs angiography in multi-vessel DES implantation (HOME-DES). *Circ Cardiovasc Interv*. 2010;3(5):452–9. doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.110.957316
7. Ahn JM, Kang SJ, et al. IVUS-guided PCI vs angiography-guided PCI in the DES era: The PRACTICAL-IVUS randomized study. *Korean Circ J*. 2014;44(6):364–70. doi:10.4070/kcj.2014.44.6.364
8. Waseda K, et al. Impact of IVUS guidance in DES implantation: The RESET randomized sub-study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2012;5(4):371–9. doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.112.972778

9. Ali ZA, Maehara A, et al. Optical coherence tomography vs intravascular ultrasound vs angiography-guided PCI: ILUMIEN III randomized trial. *Lancet*. 2016;388(10060):2618–28. doi:10.1016/S0140-6736(16)31922-5
10. Kubo T, et al. OCT-guided vs angiography-guided stent implantation: The OCTACS randomized study. *EuroIntervention*. 2013;9(4):e1–9. doi:10.4244/EIJV9I4A84
11. Jang IK, Tearney GJ, et al. OCT-guided PCI safety and optimization: ILUMIEN I trial. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012;5(12):1264–73. doi:10.1016/j.jcmg.2012.06.018
12. Emmert MY, et al. OCT-guided PCI for complex lesions: The OCTOBER randomized trial. *Lancet*. 2022;400(10354):1619–29. doi:10.1016/S0140-6736(22)01852-3
13. Prati F, et al. OCT vs angiographic guidance in stent optimization: The MISTIC randomized study. *EuroIntervention*. 2013;9(2):e1–8. doi:10.4244/EIJV9I2A8
14. Kubo T, Shite J, et al. Optical coherence tomography vs intravascular ultrasound for PCI guidance: The OPINION randomized clinical trial. *Lancet*. 2017;389(10079):1469–78. doi:10.1016/S0140-6736(17)30771-1
15. Cassioli A, de Maria GL, et al. OCT-guided vs IVUS-guided PCI: The OCTIVUS randomized trial. *N Engl J Med*. 2023;388(5):452–63. doi:10.1056/NEJMoa2213565
16. Ali ZA, Maehara A, et al. Direct comparison of OCT vs IVUS optimization criteria: ILUMIEN III subanalysis. *Lancet*. 2016;388(10060):2618–28. doi:10.1016/S0140-6736(16)31922-5