

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, RS, Brasil.

² Hospital Universitário de Canoas, Canoas,
RS, Brasil.

³ Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto
Alegre, RS, Brasil.

Double kissing crush: aspectos técnicos e considerações atuais

Double kissing crush: technical aspects and current considerations

Alexandre do Canto Zago^{1ID}, Gabriel Zago^{2ID}, Rafael Coimbra Ferreira Beltrame^{3ID}, Alcides José Zago^{1ID}

DOI: 10.31160/JOTCI202028A202008

RESUMO – O tratamento percutâneo de lesões em bifurcações de artérias coronárias permanece um desafio, mesmo com todos os avanços em relação à técnica e aos materiais disponíveis, como cordas-guia hidrofílicas, balões de perfil mais baixo e stents farmacológicos com novos materiais, hastes mais finas e polímeros menos trombogênicos. Apesar desses avanços, pouco se evoluiu em relação a stents dedicados para bifurcações. O grau de dificuldade técnica e a carência de material dedicado resultam em taxas mais elevadas de reestenose e trombose de stent, especialmente em bifurcações verdadeiras, em que a estratégia terapêutica requer o implante de pelo menos dois stents. Diversas técnicas de bifurcação de duplo stent foram desenvolvidas, como *kissing-stent*, *stent-crush*, *culotte*, T-stent, Y-stent e *double kissing crush*. Esta última contempla aspectos técnicos, com o objetivo primordial de facilitar o cruzamento das malhas dos stents, para permitir a execução rotineira do *kissing-balloon* final, cuja importância reside na redução de eventos cardiovasculares adversos maiores (ECAM). A técnica *double kissing crush* foi aprimorada desde sua concepção e extensamente avaliada ao longo de vários estudos multicêntricos, randomizados e comparativos com outras técnicas, evidenciando a superioridade do *double kissing crush* em lesões de bifurcação verdadeira, inclusive de tronco de coronária esquerda, em comparação às demais técnicas mais utilizadas na atualidade.

Descritores: Intervenção coronária percutânea/métodos; Stents

ABSTRACT – Percutaneous treatment of coronary bifurcation lesions remains a challenge, even with all advances in technique and materials available, such as hydrophilic guidewires, lower profile balloons and drug-eluting stents with new materials, thinner struts and less thrombogenic polymers. Despite these advances, little progress has been made in dedicated bifurcation stenting. The degree of technical difficulty and the lack of dedicated material result in higher rates of restenosis and stent thrombosis, especially in true bifurcation lesions, in which the therapeutic strategy requires the implantation of, at least, two stents. Several double stent bifurcation techniques have been developed, such as *kissing-stent*, *stent-crush*, *culotte*, T-stenting, Y-stenting, and *double kissing crush*. The latter includes technical aspects whose primary objective is to facilitate crossing of the stent meshes, enabling a routinely execution of the final kissing balloon inflation, to reduce major adverse cardiovascular events (MACE). The double kissing crush technique has been improved since its conception, and has been extensively evaluated over several multicenter randomized studies comparing it with other techniques, which showed the superiority of the double kissing crush technique in true bifurcation lesions, including in the left main coronary artery, when analyzing the most commonly used techniques today.

Keywords: Percutaneous coronary intervention/methods; Stents

INTRODUÇÃO

A intervenção coronária percutânea (ICP) e seus resultados evoluíram muito nos últimos anos, especialmente após o advento dos stents farmacológicos (SF) e suas consecutivas melhorias em relação à plataforma, com novos materiais e hastes mais finas, assim como polímeros menos trombogênicos. No entanto, apesar dos avanços, pouco se evoluiu em relação a stents dedicados para bifurcações, situação que permanece um desafio, por razões técnicas e pelas taxas mais elevadas de reestenose e trombose de stent.¹⁻⁶

Como citar este artigo:

Zago AC, Zago G, Beltrame RC, Zago AJ. Double kissing crush: aspectos técnicos e considerações atuais. J Transcat Intervent. 2020;28:eA202008. <https://doi.org/10.31160/JOTCI202028A202008>

Autor correspondente:

Alexandre do Canto Zago
Rua Ramiro Barcelos, 2.350, 2º andar,
Hemodinâmica – Rio Branco
CEP: 90035-007 – Porto Alegre, RS,
Brasil
E-mail: zagoac@uol.com.br

Recebido em:

9/5/2020

Aceito em:

17/8/2020



Esta obra está licenciada sob uma Licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Em situações de bifurcações verdadeiras, quando uma técnica de duplo stent é requerida, torna-se imprescindível a cobertura adequada com malha de stent do óstio do ramo lateral, o qual constitui o local mais frequente de reestenose.⁷⁻¹⁰ Entretanto, a cobertura adequada do óstio do ramo lateral por um segundo stent não pode restringir o fluxo sanguíneo e/ou o acesso ao ramo lateral, para evitar isquemia e possibilitar uma futura ICP no ramo, caso necessário. Assim, diversas técnicas de bifurcação de duplo stent, como *kissing-stent*, *stent-crush*, *culotte*, T-stent, Y-stent e outras, foram desenvolvidas.

Neste artigo, versamos sobre a técnica *double kissing* (DK) *crush*, descrevendo detalhadamente seu passo a passo, com a incorporação dos mais recentes avanços e aspectos técnicos, bem como discutimos suas indicações e resultados, em comparação às demais técnicas de bifurcação.

INDICAÇÕES

A expansão inadequada ou subótima do stent constitui a principal causa da maior incidência de reestenose ou trombose de stent em lesões de bifurcação com implante de dois stents. Desse modo, a pós-dilatação dos stents com a técnica *kissing-balloon*, visando à plena expansão do stent implantado no óstio do ramo lateral e à prevenção da distorção das hastes do stent implantado no vaso principal, consiste em uma etapa crucial da técnica de implante de stents em bifurcações, para assegurar resultado satisfatório a curto, médio e longo prazo.^{1,10} Entretanto, a pós-dilatação dos stents com a técnica *kissing-balloon* é sempre um grande desafio para os operadores, devido à dificuldade de cruzar duas camadas de malha de stent com a corda-guia 0,014 ou com o cateter balão a ser utilizado na pós-dilatação. Por conseguinte, foi desenvolvida a técnica DK *crush*, que tem por objetivo primordial facilitar o cruzamento das malhas dos stents, para permitir a execução rotineira dessa importante etapa da técnica de bifurcação.

Além da facilitação do cruzamento de malhas dos stents, a técnica DK *crush* também permite a realização do implante dos stents com introdutor arterial 6F, ao contrário da técnica *crush* convencional, que requer introdutor arterial 7F, para acomodar com maior facilidade dois stents, especialmente durante a progressão do segundo stent no interior do cateter-guia. Tal vantagem justifica-se pela grande magnitude na atualidade, em que a maioria dos procedimentos são executados via artéria radial e muitas ICPs são realizadas no mesmo ato da cinecoronariografia.

A relação entre a anatomia das obstruções coronarianas e a escolha da técnica de bifurcação constitui aspecto muito importante a ser discutido. A técnica DK *crush* está particularmente indicada para situações de bifurcação verdadeira, ou seja, com comprometimento significativo, tanto do vaso principal quanto do ramo lateral, como as lesões com classificação de Medina 1,1,1, 1,0,1 e 0,1,1, em que há necessidade do implante de dois stents para o tratamento satisfatório das lesões obstrutivas.

Outro critério importante é o ângulo entre o vaso principal e o ramo lateral, recomendando-se a utilização do DK *crush* especialmente quando o ângulo entre o vaso principal e o ramo lateral for $\leq 70^\circ$. Em angulações $\leq 70^\circ$, a insuflação de um balão no vaso principal promove o esmagamento das hastes do stent implantado no ramo lateral que estejam protuídas para o interior do vaso principal (*crush*). Entretanto, em angulações $> 70^\circ$, há o risco de deslocamento acidental do stent recém-implantado no ramo lateral durante a insuflação do balão no vaso principal, para a execução do esmagamento das hastes da porção proximal do stent implantado no ramo lateral, ou seja, o balão do vaso principal, que tem por objetivo o esmagamento de hastes, pode empurrar distalmente o stent adequadamente posicionado no ramo lateral, ou mesmo causar a deformação de suas hastes proximais. Esse deslocamento acidental ou deformação das hastes proximais do stent já implantado no ramo lateral pode ocasionar complicações importantes, como dissecação do ramo ou até mesmo do vaso principal, necessidade do implante de um terceiro stent para a cobertura do segmento do ramo lateral em que houve o deslocamento ou deformação das hastes e/ou comprometimento do fluxo com repercussão hemodinâmica, principalmente no tratamento de lesões em tronco de coronária esquerda (TCE).

Desse modo, a execução correta da técnica DK *crush*, assim como sua utilização nas situações anatômicas adequadas, é imprescindível para o sucesso do procedimento.

TÉCNICA

O planejamento desse procedimento deve ser realizado de forma minuciosa e com antecedência, pois requer maior quantidade de material do que uma ICP convencional. Assim como em qualquer procedimento, especialmente procedimentos de alta complexidade, nenhum material pode faltar em seu transcorrer, sob risco de comprometer a execução e o resultado.

Inicialmente, devem-se definir a via de acesso e o tamanho do introdutor arterial. O DK *crush* pode ser realizado na maioria dos casos via artéria radial e com introdutor arterial 6F, entretanto recomenda-se utilizar a via de acesso femoral nos casos de tortuosidade excessiva das artérias do membro superior, que podem resultar em dificuldade na progressão do material no interior do cateter-guia e das artérias coronárias, assim como nos casos em que houver a necessidade de maior suporte do cateter-guia, em virtude da utilização de stents muito longos ou tortuosidade excessiva proximal ou no segmento da lesão-alvo. Do mesmo modo, o uso de introdutor arterial 7F fornece maior suporte, assim como maior conforto ao operador na injeção de contraste e na inserção simultânea de materiais, especialmente de cateteres balão de alto perfil para pós-dilatação e stents. Assim, cada caso deve ser analisado de forma individual, para avaliar as dificuldades técnicas, visando à escolha mais apropriada da via de acesso e do tamanho do introdutor arterial.

Após a canulação seletiva da artéria coronária com cateter-guia de suporte adequado, procede-se à inserção das cordas-guia 0,014 no vaso principal e no ramo lateral. A escolha da corda-guia entre hidrofílica e não hidrofílica não interfere na técnica e baseia-se na experiência de cada operador no cruzamento das lesões. A seguir, há uma etapa controversa, denominada pré-dilatação ou preparação da lesão (Figura 1). Alguns operadores preferem abdicar da realização dessa etapa ou mesmo pré-dilatar somente as lesões muito obstruídas, entretanto os autores acreditam que a pré-dilatação única ou finalizada com a técnica *kissing-balloon*, conforme a severidade das lesões obstrutivas, seja de grande importância. Essa etapa proporciona a compactação e a acomodação inicial das placas ateroscleróticas, visando impedir o deslocamento delas durante o implante sequencial dos stents, o que poderia reobstruir os vasos recém-tratados e/ou dificultar o cruzamento e o recruzamento das hastes do stent do ramo lateral com a corda-guia, por conseguinte, comprometendo a finalidade principal dessa técnica de bifurcação que é justamente facilitar o recruzamento das hastes do stent do ramo lateral.

Na sequência, posicionam-se o stent no ramo lateral e o balão não complacente no vaso principal (Figura 2). Conforme a descrição inicial da técnica,^{11,12} o stent do ramo lateral deveria ser posicionado de modo que houvesse protusão de aproximadamente 3 a 5mm para o interior do vaso principal, o que merece algumas considerações. Observa-se diferença no posicionamento do stent do ramo lateral, ao se compararem diferentes pontos de referência, ou seja, os bordos proximal e distal da marca radiopaca proximal do balão, ou mesmo o bordo proximal do stent, em relação ao bordo distal da marca radiopaca proximal do balão.

Ressalta-se que a marca radiopaca apresenta espessura de aproximadamente 1mm, e nem todos os stents são crimpados com precisão junto à marca radiopaca, assim como a visualização do stent varia conforme a radiopacidade de cada marca e depende da qualidade do aparelho de fluoroscopia disponível. Outro aspecto importante nas bifurcações com ângulo de saída do ramo lateral $\leq 70^\circ$, situação anatômica coronariana que constitui a principal indicação para o uso do DK *crush*, é que, durante o implante do stent, ocorre um distanciamento entre os dois pontos laterais e opostos do bordo proximal do stent, em relação ao eixo constituído pela parede do vaso principal, sendo que esse distanciamento aumenta de maneira inversamente proporcional à angulação da bifurcação. Por fim, o encurtamento longitudinal do stent (*foreshortening*), apesar de muito pequeno nos stents da atualidade, também deve ser considerado como variável relevante no posicionamento preciso do stent do ramo lateral. Assim, atualmente, recomenda-se uma protusão mínima de aproximadamente 2mm do bordo proximal do stent do ramo lateral no interior do vaso principal, conforme descrição mais recente da técnica,¹⁰ para a otimização do risco-benefício. Desse modo, evita-se a falta de cobertura de hastes no óstio do ramo lateral (*missing geográfico*), o que aumenta consideravelmente as taxas de reestenose, minimizando a protusão de hastes no interior do vaso principal, que pode tanto dificultar seu acesso distal quanto resultar em acúmulo acentuado de metal, com consequente aumento do risco de trombose e da taxa de reestenose. Após o correto e acurado posicionamento do stent no ramo lateral, procede-se ao seu implante, com o cateter balão não complacente do vaso principal devidamente posicionado. A seguir, retiram-se o balão e a corda-guia 0,014

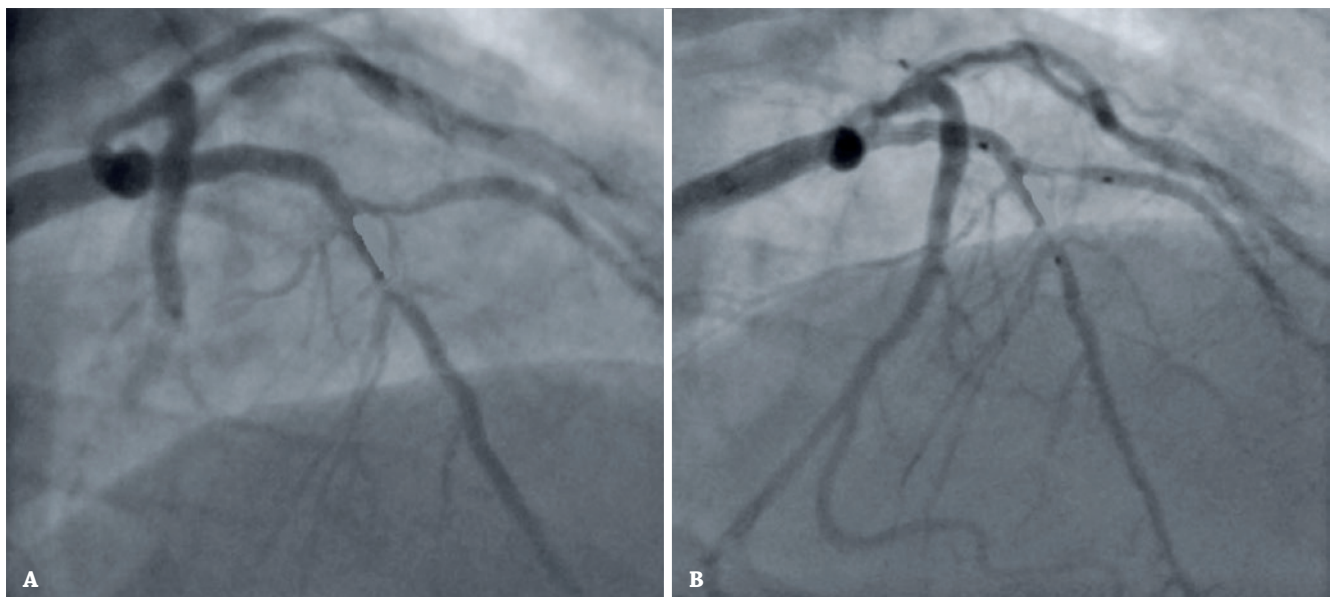


Figura 1. Lesão em bifurcação verdadeira da artéria descendente anterior esquerda com o primeiro ramo diagonal. (A) Lesão em bifurcação com classificação de Medina 1,1,1. (B) Pré-dilatação com a técnica *kissing-balloon*.

do ramo lateral, após a injeção de contraste, para assegurar a ausência de linhas de dissecação, e realiza-se a insuflação do cateter balão no interior do vaso principal, para promover o esmagamento das hastes proximais do stent do ramo lateral – *crush* (Figura 3).

O próximo passo do procedimento consiste em recruzar o ramo lateral com a corda-guia 0,014 através da célula mais proximal da malha do stent do ramo lateral,¹¹ para evitar a distorção das hastes do stent e, conseqüentemente, a má aposição das hastes posicionadas distalmente à origem do ramo lateral (Figura 4). A seguir, realiza-se angioplastia com

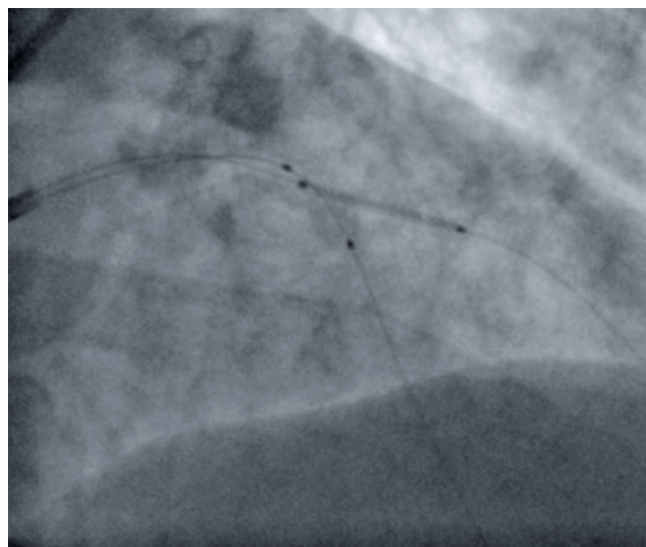


Figura 2. Posicionamento do stent no ramo lateral e de balão não complacente no vaso principal.

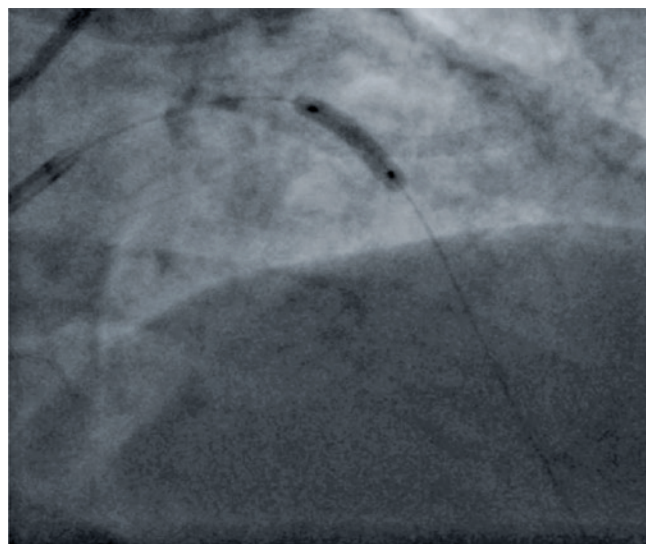
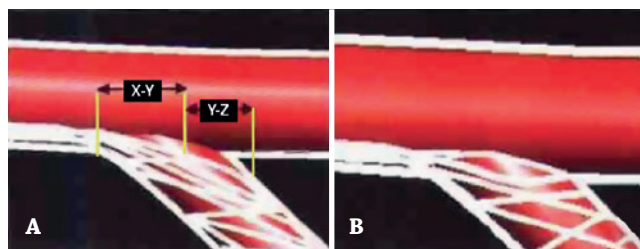


Figura 3. *Crush*: esmagamento das hastes proximais do stent implantado no ramo lateral com o balão não complacente posicionado no vaso principal.

balão não complacente insuflado à alta pressão (≥ 16 atm) para a abertura de orifício de tamanho adequado entre as malhas do stent do ramo lateral.¹³ Na sequência, efetua-se angioplastia com a técnica *kissing-balloon* – primeiro *kissing*^{10,11,13,14} (Figura 5), utilizando-se o mesmo balão não complacente recém-insuflado no ramo lateral e o balão não complacente do vaso principal usado para o esmagamento das hastes do stent do ramo lateral (*crush*), preferencialmente mantendo-se relação 1:1 entre os diâmetros da artéria coronária e do cateter balão, tanto para o vaso principal quanto para o ramo lateral.

Concluído o primeiro *kissing-balloon* da técnica DK *crush*, devem-se retirar o cateter balão e a corda-guia 0,014 do ramo lateral e substituir o cateter balão do vaso principal pelo stent, o qual deve ser selecionado e implantado de acordo com o diâmetro da referência distal do vaso



Fonte: adaptado de Chen et al.⁽¹¹⁾

Figura 4. Recruzamento do ramo lateral com corda-guia. (A) Local correto de recruzamento com a corda-guia 0,014 no ramo lateral: célula mais proximal da malha do stent do ramo lateral (segmento X-Y). O local incorreto (segmento Y-Z) resulta em distorção das hastes do stent e, conseqüentemente, em má aposição das hastes posicionadas distalmente à origem do ramo lateral. (B) Orifício de tamanho adequado entre as malhas do stent do ramo lateral após angioplastia com balão não complacente insuflado à alta pressão (≥ 16 atm).

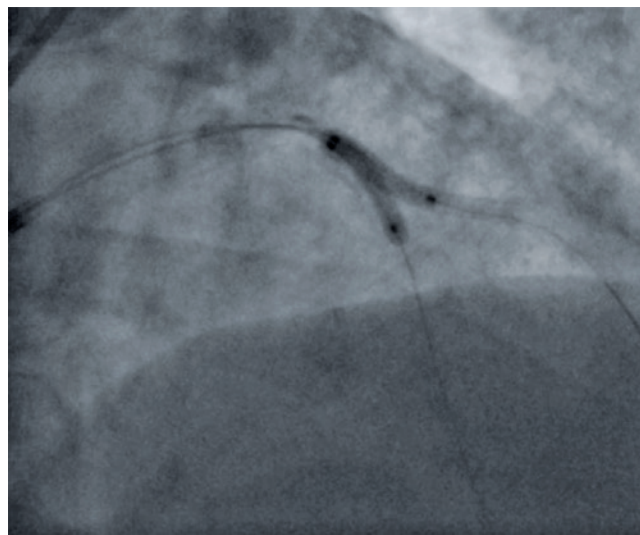


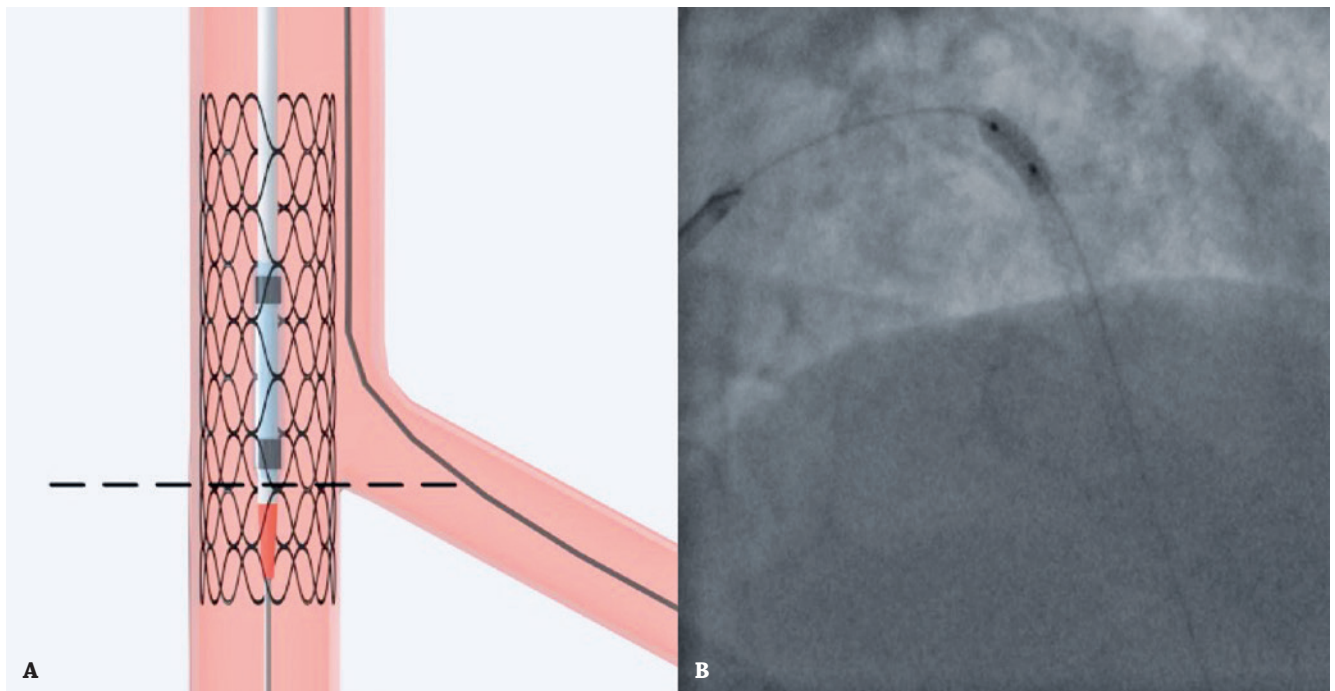
Figura 5. Primeiro kissing-balloon da técnica *double kissing crush*.

principal. Na sequência, o stent do vaso principal deve ser pós-dilatado em sua porção proximal, incluindo a neocarina, com cateter balão não complacente a $\geq 18\text{atm}$ para sua otimização proximal (POT),^{10,15} promovendo esmagamento adicional das hastes proximais do stent implantado no ramo lateral – *crush* adicional (Figura 6). A seguir, reposiciona-se a corda-guia 0,014 no ramo lateral através da dupla malha de stent, buscando cruzar a malha do ramo lateral através do orifício aberto no primeiro *kissing-balloon*. A realização prévia da POT no stent do vaso principal impede a progressão inadequada da corda-guia 0,014 do ramo lateral entre a malha do stent do vaso principal e a parede do vaso, cujas pós-dilatações subsequentes causariam distorção ou mesmo fratura de hastes com consequente elevado risco de trombose de stent e suas graves repercussões clínicas. Além disso, a POT também proporciona maior abertura das células do stent do vaso principal e cria um ângulo oblíquo da malha desse stent na direção do óstio do ramo lateral, ambos resultando na facilitação do recruzamento do stent do vaso principal para o interior do ramo lateral (Figura 7).

Na sequência, realiza-se nova angioplastia com cateter balão não complacente a pressão $\geq 16\text{atm}$ no ramo lateral através da dupla malha de stents que recobre seu óstio,¹³ seguida de dilatação sequencial com cateter balão não complacente a pressão $\geq 16\text{atm}$ intra-stent no vaso principal.¹⁴ Na maioria das vezes, há a necessidade de uso de um balão

novo para o cruzamento da dupla malha de hastes de stent que recobre o óstio do ramo lateral ou até mesmo torna-se necessário o uso de um balão de baixo perfil somente para a abertura de um orifício, para permitir a passagem do balão não complacente de diâmetro apropriado na relação 1:1 entre os diâmetros do ramo lateral e do cateter balão. A seguir, procede-se à execução da segunda angioplastia, com a técnica *kissing-balloon* – segundo *kissing* da técnica DK *crush* ou *kissing-balloon* final (KBF),^{10-14,16} na qual indica-se o uso de cateteres balão na relação 1:1 entre os diâmetros da artéria coronária e do cateter balão tanto para o vaso principal quanto para o ramo lateral. Também sugere-se a utilização de pequena extensão de sobreposição ($< 3\text{mm}$) entre os balões – *short overlap*, que proporciona uma dilatação mais esférica do stent do vaso principal e redução da taxa de reestenose.^{17,18} (Figura 8)

Por fim, recomenda-se, como rotina, angioplastia com a técnica otimização proximal (Re-POT ou POT final) intra-stent no vaso principal, mediante a utilização de cateter balão não complacente de diâmetro na relação 1:1 com o diâmetro de referência proximal do vaso principal e de extensão com limites entre o bordo proximal do stent e a neocarina, insuflado a pressão $\geq 18\text{atm}$ ^{10,15} (Figura 9). O objetivo da angioplastia com o POT final consiste em corrigir a distorção das hastes metálicas da porção proximal do stent do vaso principal, ocasionada pela insuflação de dois cate-



Fonte: Mehmedbegovic Z, Jelic D, Stankovic G. Why and how to perform Proximal Optimization Technique (POT) [Internet]. PCR Online [cited 2020 Jul 6]. Available from: <https://www.pcronline.com/Cases-resources-images/Zoom-on/My-Toolkit/2020/performing-Proximal-Optimization-Technique>

Figura 6. Posicionamento do balão para a realização da otimização proximal e reotimização proximal. (A) Correto posicionamento do cateter balão em relação à neocarina para a realização da otimização e da reotimização proximais. (B) Balão não complacente insuflado a 18atm intra-stent no vaso principal para a realização do otimização proximal.

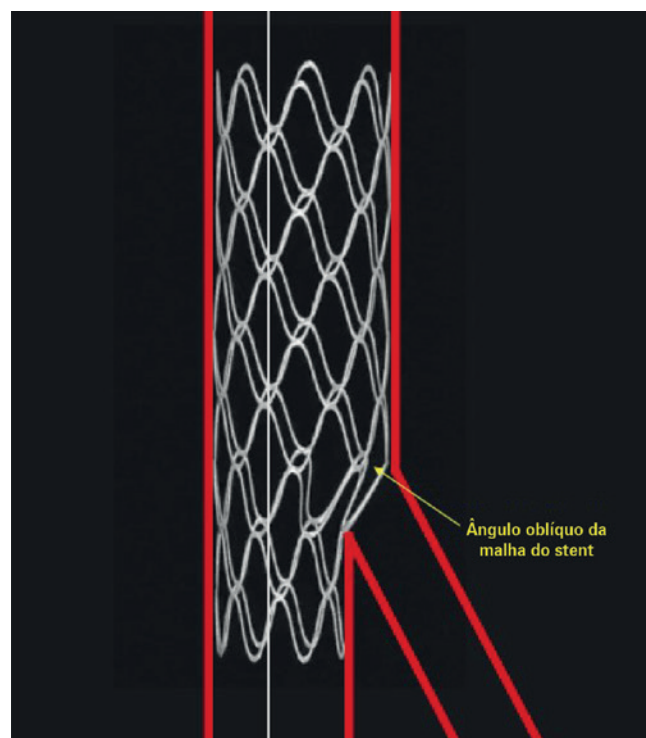
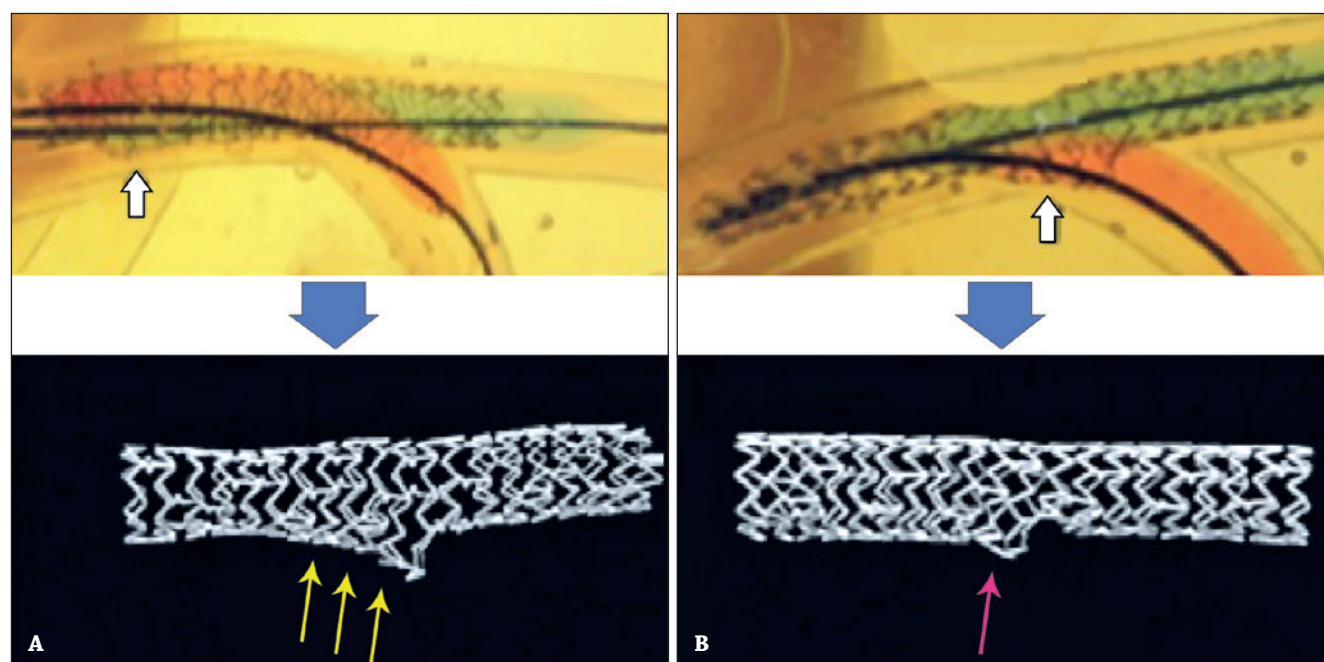


Figura 7. Resultado da otimização proximal: maior abertura das células do stent do vaso principal e ângulo oblíquo da malha do stent na direção do óstio do ramo lateral, facilitando o recruzamento do stent do vaso principal para o interior do ramo lateral.

teres balão simultaneamente em seu interior, o que confere uma forma assimétrica e oval a essa porção do stent, frequentemente causando má aposição das hastes do stent. Assim, o POT final corrige a distorção na circunferência do stent, minimizando o risco de trombose do stent e de reestenose por má aposição de hastes. Ressalta-se a importância de não ultrapassar a neocarina com a porção distal do cateter balão no POT final, para evitar o sobredimensionamento do stent do vaso principal após a bifurcação com a pós-dilatação, pois o stent sobredimensionado pode ocasionar dissecação, hematoma na parede do vaso ou mesmo sua ruptura. Também salienta-se o cuidado em não deixar uma extensão inferior a 6 a 8mm proximal à neocarina ou mesmo inferior à extensão do balão mais curto disponível para a pós-dilatação do stent, a fim de evitar o contato direto do balão de pós-dilatação com a parede do vaso principal não coberta por malha de stent.

A técnica *DK crush* sofreu evoluções mediante a inclusão de novas etapas e modificações desde sua descrição inicial em artigo publicado em 2005.¹¹ A primeira modificação foi proposta no estudo *DK Crush II*,¹³ com a inclusão da dilatação das hastes do ramo lateral com cateter balão não complacente a pressão ≥ 16 atm imediatamente após a etapa de esmagamento das hastes do stent do ramo lateral (*crush*) e antes do primeiro *kissing-balloon*, assim como nova dilatação das hastes do stent do ramo lateral com o mesmo balão e pressão após o implante do stent no vaso principal



Fonte: adaptado de Murasato et al.⁽¹⁸⁾

Figura 8. Posicionamento dos balões para a realização do segundo *kissing-balloon* da técnica *double kissing crush* ou *kissing-balloon* final. (A) Longa sobreposição de balões, causando deformação das hastes proximais do stent em relação à neocarina. (B) Curta sobreposição de balões (<3mm) de balões, resultando em geometria de aspecto mais esférico das hastes proximais do stent em relação à neocarina.

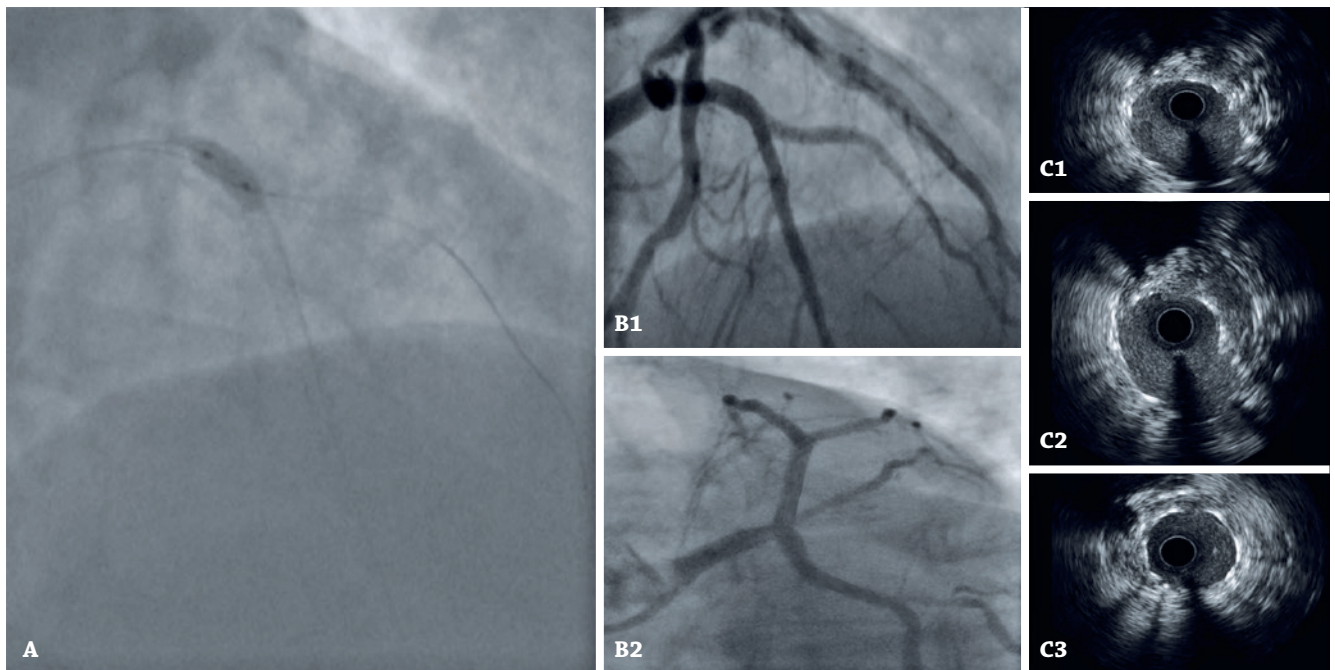
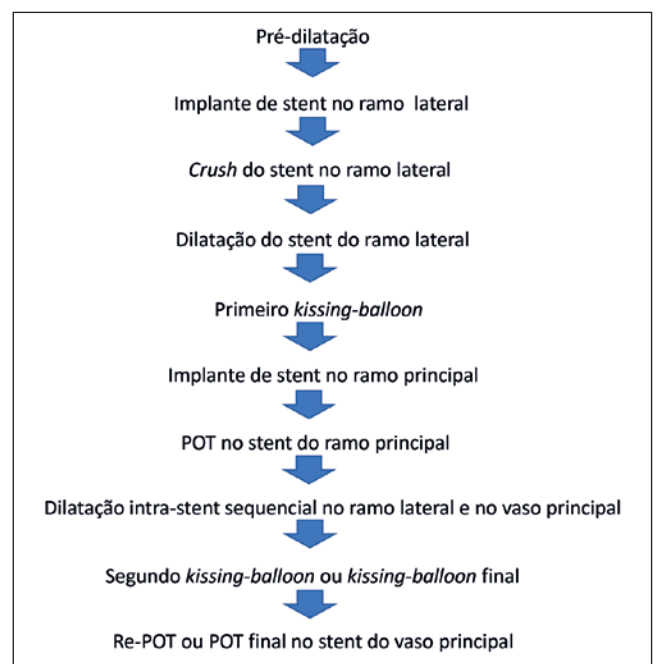


Figura 9. Reotimização ou otimização proximal final. (A) Balão não complacente insuflado a 18atm intra-stent no vaso principal. (B) Resultado angiográfico do tratamento com a técnica *double kissing crush* da bifurcação da artéria descendente anterior esquerda com o primeiro ramo diagonal: (B1) projeção cranial; (B2) projeção *spider*. (C) Controle ultrassonográfico final: (C1) artéria descendente anterior esquerda proximal à neocarina; (C2) neocarina da artéria descendente anterior esquerda e do primeiro ramo diagonal; (C3) artéria descendente anterior esquerda distal à neocarina.

e anterior ao segundo *kissing-balloon*. O acréscimo de dilatação do stent do vaso principal com cateter balão não complacente a pressão ≥ 16 atm logo após a dilatação do stent do ramo lateral acima proposto no estudo DK Crush II, ou seja, imediatamente anterior à realização do KBF, foi sugerido no estudo DK Crush III.¹⁴ Por fim, o estudo DK Crush V¹⁰ introduziu a protusão mínima de, aproximadamente, 2mm do stent do ramo lateral para o interior do vaso principal, que, originalmente, era de 3 a 5mm, assim como a realização da POT do stent do vaso principal com cateter balão não complacente a pressão ≥ 18 atm, tanto logo após o implante do stent no vaso principal, para a execução do *crush* adicional, quanto logo após o KBF, como última etapa do procedimento (Figura 10).

Sempre que possível, todos os procedimentos complexos, como os de bifurcação com implante de duplo stent, devem ser guiados por método de imagem como ultrassom intra-coronário (USIC) e/ou tomografia de coerência ótica, para permitir um planejamento mais adequado e minucioso dos passos da técnica a ser empregada, uma escolha criteriosa do tamanho (diâmetro e extensão) dos materiais – especialmente cateteres balão e stents –, e o monitoramento mais acurado do resultado do procedimento que permite a inclusão de etapas adicionais para a otimização do resultado. O conjunto de possibilidades proporcionadas pelo uso de método de imagem permite agregar mais qualidade ao procedimento no tratamento de lesões de bifurcação, resultando em benefícios clínicos, como redução de mortalidade



POT: otimização proximal; Re-POT: reotimização proximal.

Figura 10. Diagrama do passo a passo da técnica *double kissing crush*.

e eventos adversos maiores a curto, médio e longo prazo, conforme demonstrado em diversos estudos.¹⁹⁻²³

ANÁLISE COMPARATIVA DAS DIFERENTES TÉCNICAS DE BIFURCAÇÃO

A técnica DK *crush* foi inicialmente descrita por Chen et al. em artigo publicado em 2005.¹⁰ A principal diferença da DK *crush* em relação à técnica *crush* convencional consiste na realização de angioplastia com a técnica *kissing-balloon* (primeiro *kissing-balloon*) previamente ao implante do stent no vaso principal. Conforme os autores, o primeiro *kissing-balloon* proporciona tanto o reparo da geometria do stent implantado no ramo lateral após a distorção de suas hastes pela realização do *crush*, quanto promove o alargamento das células do stent do ramo lateral, facilitando o recruzamento de suas hastes pela corda guia 0,014 e pelo balão, para a realização do segundo *kissing-balloon* (KBF). A execução do KBF constitui parte da técnica *crush* convencional, entretanto esse passo da técnica consiste em seu principal desafio, em virtude da dificuldade de cruzamento com a corda-guia 0,014 e o balão, através da dupla malha de hastes de stent no óstio do ramo lateral. Assim, a técnica DK *crush* propõe-se a facilitar a realização do KBF, cuja importância reside na redução de eventos cardiovasculares adversos maiores (ECAM), conforme demonstrado em estudos prévios.^{9,24,25}

O estudo DK Crush-1¹² foi o primeiro prospectivo, multicêntrico e randomizado a comparar as duas técnicas de stent *crush*, ou seja, DK *crush* versus *crush* convencional, em pacientes com lesões em bifurcação. Foram avaliados 311 pacientes, sendo 156 no grupo *crush* convencional e 155 no grupo DK *crush*, observando-se aumento expressivo na taxa de sucesso de realização de KBF no grupo DK *crush* (100% versus 76% no *crush* convencional; $p < 0,001$). Houve redução significativa de ECAM, ou seja, infarto agudo do miocárdio (IAM), óbito de origem cardíaca ou revascularização da lesão-alvo (RLA), no grupo tratado com a técnica DK *crush* (11,4% versus 24,4% no grupo *crush* convencional; $p = 0,02$) em 8 meses. Também foi observada taxa superior de sobrevida livre de RLA no grupo DK *crush* (89,5% versus 75,4% no *crush* convencional; $p = 0,002$). Ao analisarem-se separadamente os pacientes com (75% = 117/156 pacientes) e sem (25% = 39/156 pacientes) a realização de KBF no grupo *crush* convencional, evidencia-se mais fortemente a importância dessa etapa do procedimento na redução de eventos cardíacos adversos maiores (DK *crush* de 11,4% versus *crush* convencional sem KBF de 35,9% versus *crush* convencional com KBF de 19,7%, com $p < 0,05$ na comparação entre DK *crush* versus *crush* convencional com KBF e $p < 0,01$ na comparação entre *crush* convencional sem KBF versus *crush* convencional com KBF e DK *crush*), RLA (DK *crush* de 9,0% versus *crush* convencional sem KBF de 22,6% versus *crush* convencional com KBF de 17,8%; $p < 0,01$ na comparação entre *crush* convencional sem KBF versus *crush* convencional com KBF e DK *crush*) e reestenose no ramo lateral (DK *crush* de 12,3% versus *crush* convencional sem KBF de 36,6% versus *crush* convencional com KBF de 20,9%; $p = 0,01$ na comparação entre *crush* convencional com KBF versus DK *crush*).

A realização de KBF, independentemente da técnica utilizada, foi essencial para a diminuição significativa de ECAM e RLA, enquanto a redução significativa da reestenose no ramo lateral foi somente obtida mediante o emprego da técnica DK *crush*, sugerindo influência maior dos efeitos do primeiro *kissing-balloon* sobre o resultado tardio no ramo lateral. O estudo DK Crush-1 também evidenciou ausência de KBF como único preditor independente de trombose de stent (RC de 1,60; IC95% 1,63-4,76; $p = 0,035$), assim como diâmetro luminal mínimo no ramo lateral RR de 16,57; IC95% 3,39-11,20; $p = 0,001$) e não utilização da técnica DK *crush* (RR de 24,68; IC95% 4,15-23,55; $p = 0,001$) como preditores independentes de ECAM. *Kissing-balloon* final não satisfatório (estenose residual $\geq 20\%$ no óstio do ramo lateral; RR de 12,21; IC95% 0,01-0,34; $p = 0,002$) e não utilização da técnica DK *crush* (RR de 16,05; IC95% 1,01-4,83; $p = 0,001$) foram identificados como preditores independentes de RLA. A técnica DK *crush* foi caracterizada por utilização de maior quantidade de contraste ($p = 0,04$), uso de maior quantidade de balões ($p < 0,01$) e tempo de procedimento mais prolongado ($p < 0,001$), entretanto os benefícios clínicos e angiográficos obtidos minimizam essas pequenas desvantagens. Não foram utilizados métodos de imagem de rotina neste estudo (Tabela 1).

A técnica de stent provisional tem sido amplamente utilizada e recomendada para o tratamento de bifurcações, inclusive bifurcações verdadeiras, em que há comprometimento significativo do ramo lateral.^{7,8,26} Dessa maneira, o estudo DK *crush* II¹³ foi realizado para comparar as técnicas DK *crush* e stent provisional no tratamento de 370 pacientes com lesões em bifurcações verdadeiras do tipo Medina 1,1,1 ou 0,1,1. No grupo stent provisional, foram adotados os critérios estenose residual $> 50\%$, dissecção tipo $> B$ ou fluxo *Thrombolysis in Myocardial Infarction* (TIMI) diminuído para o tratamento do ramo lateral com implante de stent, o qual foi realizado em 28,6% dos pacientes selecionados para o grupo stent provisional. O grupo DK *crush* apresentou taxas menores de reestenose angiográfica em 8 meses tanto no vaso principal (DK *crush* de 3,8% versus stent provisional de 9,7%; $p = 0,036$) quanto no ramo lateral (DK *crush* de 4,9% versus stent provisional de 22,2%; $p < 0,001$). Não houve diferença estatisticamente significativa de ECAM, ou seja, óbito de etiologia cardiovascular, IAM ou RLA, entre ambos os grupos (DK *crush* de 10,3% versus stent provisional de 17,3%; $p = 0,070$), assim como também não houve diferença significativa no desfecho trombose de stent (DK *crush* de 2,7% versus stent provisional de 1,1%; $p = 0,449$). As taxas de RLA (DK *crush* de 4,3% versus stent provisional de 13,0%; $p = 0,005$) e de revascularização do vaso-alvo (DK *crush* de 6,5% versus stent provisional de 14,6%; $p = 0,017$) em 12 meses foram significativamente inferiores no grupo DK *crush* em comparação ao grupo stent provisional. O USIC foi utilizado de modo semelhante em menos de 50% dos casos em ambos os grupos. Conforme os resultados descritos, o estudo DK Crush II mostrou superioridade da técnica DK *crush* em comparação à técnica

Tabela 1. Resultados dos estudos comparativos entre a técnica *double kissing crush* e as demais técnicas de bifurcação

	DK Crush I (n=311 pacientes)			DK Crush II (n=370 pacientes)			DK Crush III (n=419 pacientes)						DK Crush V (n= 482 pacientes)		
	8 meses			12 meses			12 meses			3 anos			12 meses		
	DK Crush	Crush convencional	Valor de p	DK Crush	Provisional	Valor de p	DK Crush	Culotte	Valor de p	DK Crush	Culotte	Valor de p	DK Crush	Provisional	Valor de p
ECAM	11,4	24,4	0,02	10,3	17,3	0,07	6,2	16,3	0,001	8,2	23,7	<0,001	5,0	10,7	0,02
RLA	9,0	18,9	0,03	4,3	13,0	0,005	2,4	6,7	0,037	3,8	14,0	<0,001	3,8	7,9	0,06
Reestenose (ramo lateral)	12,3	24,4	0,01	4,9*	22,2*	<0,001	6,8*	12,6*	0,037	-	-	-	5,0	12,0	0,09
Trombose (stent)	1,3	3,2	1,0	2,7	1,1	0,449	0,5	1,0	0,623	0,5	3,9	0,02	0,4	3,3	0,02
KBF	100	76,0	<0,001	100	79,5	0,001	99,5	99,5	1,0	-	-	-	99,6	78,9	<0,001
USIC	-	-	-	45,9	47,6	0,655	69,0	73,7	0,331	-	-	-	42,9	40,5	0,37

Resultados expressos em %.

*Avaliação realizada em 8 meses.

ECAM: eventos cardiovasculares adversos maiores; RLA: revascularização da lesão-alvo; KBF: *kissing-balloon* final; USIC: ultrassom intracoronário.

de stent provisional em bifurcações verdadeiras, mediante redução das taxas de reestenose, revascularização da lesão-alvo e revascularização do vaso-alvo (Tabela 1).

Outra técnica de duplo stent para bifurcações verdadeiras comumente utilizada é o *culotte*, que também consiste no implante do stent no ramo lateral previamente ao implante do stent no vaso principal, entretanto há uma maior extensão de sobreposição de malhas de stent em relação à técnica *DK crush*. O estudo *DK Crush III*^{14,16} foi multicêntrico, randomizado e prospectivo e comparou ambas as técnicas em 419 pacientes com lesão em bifurcação de tronco não protegido. A técnica *DK crush* proporcionou taxas inferiores de ECAM, ou seja, óbito de etiologia cardiovascular, IAM e/ou RLA em 1 ano (*DK crush* de 6,2% *versus culotte* de 16,3%; $p=0,001$) e 3 anos (*DK crush* de 8,2% *versus culotte* de 23,7%; $p<0,001$), assim como redução significativa das taxas de RLA em 1 ano (*DK crush* de 2,4% *versus culotte* de 6,7%; $p=0,037$) e 3 anos (*DK crush* de 3,8% *versus culotte* de 14,0%; $p<0,001$). Não houve diferença estatisticamente significativa nas taxas de IAM e trombose de stent em 1 ano, entretanto, a partir do segundo ano, passou a existir diferença estatisticamente significativa desses dois desfechos a favor da técnica *DK crush* – diferença que se manteve na avaliação dos resultados em 3 anos, tanto para IAM (*DK crush* de 3,4% *versus culotte* de 8,2%; $p=0,037$) quanto para trombose de stent (*DK crush* de 0,5% *versus culotte* de 3,9%; $p=0,020$). O estudo *DK Crush III* evidenciou alta taxa de ECAM em 3 anos quando a técnica *culotte* foi empregada no tratamento de lesões complexas de bifurcação de TCE (*culotte* de 51,5% *versus DK crush* de 15,1%; $p<0,001$), principalmente devido à alta taxa de RLA (*culotte* de 36,4% *versus DK crush* de 7,5%; $p<0,001$). Não houve diferença estatisticamente significativa nas taxas de trombose de stent em 1 ou 3 anos entre ambas as técnicas no subgrupo de pacientes com lesões complexas de bifurcação de TCE. Um resultado interessante desse estudo foi que, ao se analisarem os dois grupos de tratamento, sem distinção de subgrupo

(lesão simples ou complexa), observou-se aumento significativo de trombose de stent nos pacientes tratados com a técnica *culotte* a partir da análise de 2 anos, considerando-se a interrupção do uso de clopidogrel após 1 ano de procedimento, o que sugere possível associação entre segmento longo de dupla malha de stent e ausência de dupla antiagregação plaquetária como possível fator etiológico do aumento da incidência de trombose de stent. O USIC foi utilizado de modo semelhante em aproximadamente 70% dos casos nos dois grupos, enquanto KBF foi realizado na quase totalidade dos casos em ambos os grupos. De acordo com os resultados expostos, o estudo *DK Crush III* sugere superioridade da técnica *DK crush* em comparação à técnica *culotte* no tratamento de lesões em bifurcação de TCE não protegido, mediante redução das taxas de ECAM, IAM, RLA e trombose de stent (Tabela 1).

O estudo *DK Crush V*¹⁰ comparou as técnicas *DK crush* e stent provisional em 482 pacientes com lesões em bifurcação verdadeira (Medina 1,1,1 ou 0,1,1) de TCE não protegido. A técnica *DK crush* proporcionou redução significativa de eventos adversos combinados, ou seja, óbito de etiologia cardiovascular, IAM no vaso-alvo ou revascularização do vaso-alvo, em 1 ano (*DK crush* de 5,0% *versus* stent provisional de 10,7%; $p=0,02$), assim como redução significativa das taxas de IAM relacionadas ao vaso-alvo (*DK crush* de 0,4% *versus* stent provisional de 2,9%; $p=0,03$) e trombose de stent (*DK crush* de 0,4% *versus* stent provisional de 3,3%; $p=0,02$) em 1 ano. Também foi observada tendência a menores taxas de RLA (*DK crush* de 3,8% *versus* stent provisional de 7,9%; $p=0,06$) e reestenose (vaso principal: *DK crush* de 1,9% *versus* stent provisional de 5,7%; $p=0,09$ e ramo lateral: *DK crush* de 5,0% *versus* stent provisional de 12,0%; $p=0,09$) nos pacientes tratados com a técnica *DK crush* em 1 ano. Esse estudo também mostrou superioridade ainda maior da técnica *DK crush* em relação ao stent provisional mediante redução de eventos adversos combinados em lesões complexas de bifurcação de TCE não protegido

(lesões simples: DK *crush* de 3,9% *versus* stent provisional de 8,0%; RR de 0,68; IC95% 0,31-1,49 e lesões complexas: DK *crush* de 7,0% *versus* stent provisional de 18,2%; RR de 0,27; IC95% 0,05-0,54). Implante de stent no ramo lateral foi necessário em 47,1% dos casos tratados com stent provisional, sendo 38,8% em bifurcações simples e 64,9% em bifurcações complexas, portanto, como esperado, houve maior necessidade de implante de stent no ramo lateral em bifurcações complexas, porém a taxa foi mais elevada que em outros estudos envolvendo a técnica de stent provisional,^{7,8,26} o que pode ser explicado pela maior complexidade das lesões tratadas neste estudo. O USIC foi utilizado de modo semelhante em pouco mais de 40% dos casos de ambos os grupos, enquanto a realização de KBF foi significativamente mais frequente nos pacientes tratados com a técnica DK *crush* (DK *crush* de 99,6% *versus* stent provisional de 78,9%; $p < 0,001$). Conforme os resultados expostos, o estudo DK *Crush* V sugere superioridade da técnica DK *crush* em comparação à técnica de stent provisional também no tratamento de lesões em bifurcação de TCE não protegido mediante redução significativa das taxas de eventos adversos combinados, infarto do miocárdio relacionado ao vaso-alvo e trombose de stent, assim como tendência à redução de RLA e de reestenose, sendo os benefícios mais evidentes em lesões complexas de bifurcação de TCE não protegido (Tabela 1).

CONCLUSÃO

A técnica DK *crush* foi aprimorada desde sua concepção e extensamente avaliada ao longo de vários estudos multicêntricos, randomizados e comparativos com outras técnicas, evidenciando a superioridade do DK *crush* em lesões de bifurcação verdadeira, inclusive de tronco de coronária esquerda, em comparação às demais técnicas mais utilizadas na atualidade.

FONTE DE FINANCIAMENTO

Não há.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Concepção e desenho do estudo: ACZ; coleta dos dados: GZ e RCFB; interpretação dos dados: ACZ, GZ, RCFB e AJZ; composição do texto: ACZ; aprovação da versão final a ser publicada: ACZ e AJZ.

REFERÊNCIAS

1. Al Suwaidi J, Yeh W, Cohen HA, Detre KM, Williams DO, Holmes DR Jr. Immediate and one-year outcome in patients with coronary bifurcation lesions in the modern era (NHLBI dynamic registry). *Am J Cardiol*. 2001;87(10):1139-44. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(01\)01482-5](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(01)01482-5)
2. Colombo A, Moses JW, Morice MC, Ludwig J, Holmes DR Jr, Spanos V, et al. Randomized study to evaluate sirolimus-eluting stents implanted at coronary bifurcation lesions. *Circulation*. 2004;109(10):1244-9. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000118474.71662.E3>
3. Lefèvre T, Louvard Y, Morice MC, Dumas P, Loubeyre C, Benslimane A, et al. Stenting of bifurcation lesions: classification, treatments and results. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2000;49(3):274-83. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1522-726x\(200003\)49:3<274::aid-ccd11>3.0.co;2-n](https://doi.org/10.1002/(sici)1522-726x(200003)49:3<274::aid-ccd11>3.0.co;2-n)
4. Iakovou I, Ge L, Colombo A. Contemporary stent treatment of coronary bifurcations. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(8):1446-55. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.05.080>
5. Louvard Y, Lefèvre T, Morice MC. Percutaneous coronary intervention for bifurcation coronary disease. *Heart*. 2004;90(6):713-22. <https://doi.org/10.1136/hrt.2002.007682>
6. Yamashita T, Nishida T, Adamian MG, Briguori C, Vagheti M, Corvaja N, et al. Bifurcation lesions: two stents versus one stent: immediate and follow-up results. *J Am Coll Cardiol*. 2000;35(5):1145-51. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)00534-9](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)00534-9)
7. Colombo A, Bramucci E, Saccà S, Violini R, Lettieri C, Zanini R, et al. Randomized study of the crush technique versus provisional side-branch stenting in true coronary bifurcations. The CACTUS (Coronary bifurcations: application of the crushing technique using sirolimus-eluting stents) study. *Circulation*. 2009;119(1):71-8. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.808402>
8. Steigen TK, Maeng M, Wiseth R, Erglis A, Kumsars I, Narbutė I, Gunnes P, Mannsverk J, Meyerdiereks O, Rotevatn S, Niemelä M, Kervinen K, Jensen JS, Galløe A, Nikus K, Vikman S, Ravkilde J, James S, Aarøe J, Ylitalo A, Helqvist S, Sjögren I, Thyssen P, Virtanen K, Puhakka M, Airaksinen J, Lassen JF, Thuesen L; Nordic PCI Study Group. Randomized study on simple versus complex stenting of coronary artery bifurcation lesions: the Nordic bifurcation study. *Circulation*. 2006;114(18):1955-61. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.664920>
9. Ge L, Iakovou I, Cosgrave J, Agostoni P, Airolidi F, Sangiorgi GM, et al. Treatment of bifurcation lesions with two stents: one year angiographic and clinical follow up of crush versus T stenting. *Heart*. 2006;92(3):371-6. <https://doi.org/10.1136/hrt.2005.061531>
10. Chen SL, Zhang JJ, Han Y, Kan J, Chen L, Qiu C, et al. Double kissing crush versus provisional stenting for left main distal bifurcation lesions: DKCRUSH-V randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70(21):2605-17. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.09.1066>
11. Chen SL, Ye F, Zhang JJ, Zhu ZS, Lin S, Shan SJ, et al. DK crush technique: modified treatment of bifurcation lesions in coronary artery. *Chin Med J (Engl)*. 2005;118(20):1746-50. PMID: 16313763.
12. Chen SL, Zhang JJ, Ye F, Chen YD, Patel T, Kawajiri K, et al. Study comparing the double kissing (DK) crush with classical crush for the treatment of coronary bifurcation lesions: the DK CRUSH-1 Bifurcation Study with drug-eluting stents. *Eur J Clin Invest*. 2008;38(6):361-71. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2008.01949.x>
13. Chen SL, Santoso T, Zhang JJ, Ye F, Xu YW, Fu Q, et al. A randomized clinical study comparing double kissing crush with provisional stenting for treatment of coronary bifurcation lesions. Results from the DKCRUSH-II (Double Kissing Crush versus Provisional Stenting Technique for Treatment of Coronary Bifurcation Lesions) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57(8):914-20. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.10.023>
14. Chen SL, Xu B, Han YL, Sheiban I, Zhang JJ, Ye F, et al. Comparison of double kissing crush versus culotte stenting for unprotected distal left main bifurcation lesions. Results from a multicenter, randomized, prospective DK CRUSH-III study. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(14):1482-8. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.01.023>

15. Banning AP, Lassen JF, Burzotta F, Lefèvre T, Darremont O, Hildick-Smith D, Louvard Y, Stankovic G, on behalf of the European Bifurcation Club. Percutaneous coronary intervention for obstructive bifurcation lesions: the 14th consensus document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2019; 15(1):90-8. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-19-00144>
16. Chen SL, Xu B, Han YL, Sheiban I, Zhang JJ, Ye F, et al. Clinical outcome after DK crush versus culotte stenting of distal left main bifurcation lesions. The 3-year follow-up results of the DK Crush III study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8(10):1335-42. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2015.05.017>
17. Gaido L, D'Ascenzo F, Imori Y, Wojakowski W, Saglietto A, Figini F, et al. Impact of kissing balloon in patients treated with ultrathin stents for left main lesions and bifurcations: an analysis from the RAIN-CARDIOGROUP VII study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2020;13(3):e008325. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.008325>
18. Murasato Y, Iwasaki K, Yamamoto T, Yagi T, Hikichi Y, Suematsu Y, et al. Optimal kissing balloon in ation after single-stent deployment in a coronary bifurcation model. *EuroIntervention*. 2014;10(8):934-41. <https://doi.org/10.4244/EIJV10I8A160>
19. Patel Y, Depta JP, Novak E, Yeung M, Lavine K, Banerjee S, et al. Long-term outcomes with use of intravascular ultrasound for the treatment of coronary bifurcation lesions. *Am J Cardiol*. 2012;109(7):960-5. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.11.022>
20. Shlofmitz E, Torguson R, Zhang C, Craig PE, Mintz GS, Khalid N, et al. Impact of intravascular ultrasound on outcomes following PERcutaneous coronary InterventioN in complex lesions (iOPEN Complex). *Am Heart J*. 2020;221:74-83. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2019.12.008>
21. Kinnaird T, Johnson T, Anderson R, Gallagher S, Sirker A, Ludman P, et al. Intravascular imaging and 12-month mortality after unprotected left main stem PCI an analysis from the British Cardiovascular Intervention Society Database. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020;13(3):346-57. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.10.007>
22. Buccheri S, Franchina G, Romano S, Puglisi S, Venuti G, D'Arrigo P, et al. Clinical outcomes following intravascular imaging-guided versus coronary angiography-guided percutaneous coronary intervention with stent implantation: a systematic review and bayesian network meta-analysis of 31 studies and 17,882 patients. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10(24):2488-98. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.08.051>
23. Gao XF, Wang ZM, Wang F, Gu Y, Ge Z, Kong XQ, et al. Intravascular ultrasound guidance reduces cardiac death and coronary revascularization in patients undergoing drug-eluting stent implantation: results from a meta-analysis of 9 randomized trials and 4724 patients. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2019;35(2):239-47. <https://doi.org/10.1007/s10554-019-01555-3>
24. Moussa I, Costa RA, Leon MB, Lansky AJ, Lasic Z, Cristea E, et al. A prospective registry to evaluate sirolimus-eluting stents implanted at coronary bifurcation lesions using the "crush technique. *Am J Cardiol*. 2006;97(9):1317-21. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.11.072>
25. Ge L, Airolidi F, Iakovou I, Cosgrave J, Michev I, Sangiorgi GM, et al. Clinical and angiographic outcome after implantation of drug-eluting stents in bifurcation lesions with the crush stent technique: importance of final kissing balloon post-dilation. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(4):613-20. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.05.032>
26. Hildick-Smith D, de Belder AJ, Cooter N, Curzen NP, Clayton TC, Oldroyd KG, et al. Randomized trial of simple versus complex drug-eluting stenting for bifurcation lesions: The British Bifurcation Coronary Study: old, new, and evolving strategies. *Circulation*. 2010;121(10):1235-43. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.888297>