

Capítulo 9

TRATAMENTO ENDOVASCULAR DE ANEURISMAS INTRACRANIANOS: FUNDAMENTOS E TÉCNICAS

Maria Eduarda Santos Fernandino¹
Rafaela Máximo De Sousa¹
Bianca Lorayne De Almeida Viana¹
Fernanda Sakata Matuda²
Fausto Motta Ferraz³

1. *Discente – Medicina na Universidade Santo Amaro.*
2. *Discente – Medicina na Universidade Nove de Julho.*
3. *Docente – Médico Neurorradiologista Intervencionista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.*

Palavras-Chave: Técnica endovascular; Aneurismas Intracranianos; Indicações Terapêuticas.

INTRODUÇÃO

Os aneurismas cerebrais são lesões adquiridas, com acometimento de 2 a 4% da população geral, relacionadas a regiões de fragilidade na parede do vaso e caracterizam-se por um alargamento anormal do lúmen vascular (ALGRA *et al.*, 2019; MENDES PEREIRA *et al.*, 2024; e ŁAJCZAK *et al.*, 2024). O principal fator envolvido no risco de vida dos pacientes é a ruptura aneurismática, e apresentam uma taxa de mortalidade estimada em cerca de 26 a 36%. Desse modo, uma vez detectado um aneurisma não roto, a decisão de intervir deve ponderar entre risco e benefício das intervenções disponíveis e a espera vigilante (MENDES PEREIRA *et al.*, 2024). De acordo com Lim *et al.*, o Estudo Internacional sobre Aneurismas Intracranianos Não Rotos preconiza que aneurismas mais propensos à ruptura são aqueles com tamanho > 7 mm, relacionados à circulação posterior, demonstrando uma taxa de ruptura entre 2,5% e 4%, o que perpetua a importância da avaliação da morfologia e localização aneurismática para o planejamento do tratamento abordado (MENDES PEREIRA *et al.*, 2024; LIM *et al.*, 2023). A grande maioria dos aneurismas intracranianos acometem a circulação anterior, suprida pelo sistema carotídeo, ao passo em que aneurismas da circulação posterior são raros, compreendendo cerca de 10 a 15% de todos os aneurismas cerebrais, e possuem um risco maior de ruptura se não tratados (LIM *et al.*, 2023 e ALWAKEAL *et al.*, 2021). Em relação à morfologia, podem se apresentar como saculares ou fusiformes, envolvendo toda a circunferência arterial (LEAL *et al.*, 2020).

As opções de tratamento para os aneurismas cerebrais envolvem a clipagem microcirúrgica ou terapias endovasculares, integrando técnicas de embolização com molas destacáveis simples, assistidas por stent ou balão e ainda pela implantação de *stents* redirecionadores de fluxo

(MENDES PEREIRA *et al.*, 2024). Os rápidos avanços tecnológicos dessa modalidade de tratamento proporcionaram uma alternativa eficaz e minimamente invasiva para a abordagem dos aneurismas intracranianos selecionados, o que se associa a uma baixa morbidade e mortalidade (ZAIDAT *et al.*, 2020; SHAO *et al.*, 2019). Além disso, as terapias endovasculares têm como principal objetivo a obliteração do saco aneurismático ou redirecionamento do fluxo, através de *stents* na artéria portadora, e a decisão do tipo de técnica abordada envolve planejamentos de acordo com as características aneurismáticas, como o tamanho do aneurisma e do colo, assim como a sua topografia. Nesse contexto, novas técnicas vêm sendo aprimoradas e implementadas, o que permite o tratamento de aneurismas que teriam resultados desfavoráveis ou não seriam possíveis de serem embolizados por suas características complexas morfológicas (ZAIDAT *et al.*, 2020).

No entanto, é crucial levar em consideração os possíveis riscos associados ao procedimento, tais como infecções, lesões no local da punção e formação de coágulos sanguíneos, além das possíveis complicações perioperatórias e tardias relacionadas a eventos tromboembólicos e hemorrágicos, bem como a associação à exposição à radiação (RIZVI *et al.*, 2020; ETTER *et al.*, 2023).

Ainda assim, os significativos progressos tecnológicos nos procedimentos endovasculares têm revolucionado as abordagens terapêuticas dos aneurismas intracranianos ao longo dos últimos anos, e a elevada eficácia do tratamento, associada às altas taxas de oclusão aneurismática e baixas taxas de retratamento, perpetuam a inovação e ascensão dessa modalidade de tratamento (LI *et al.*, 2022).

O objetivo deste estudo foi descrever as técnicas endovasculares para tratamento de aneurismas intracranianos, e abordar sobre as suas

aplicações, de modo a elucidar os principais métodos, dispositivos e técnicas implementadas.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa realizada no período de abril de 2024 a maio de 2024, por meio de pesquisas na base de dados PubMed. Para este capítulo, selecionou-se na base de dados revisões sistemáticas, metanálises e ensaios clínicos publicados em inglês entre 2019 e 2024. “Endovascular Technique” AND “Vascular Surgical Procedures” AND “Intracranial Aneurysm” AND “Embolization Therapeutic” foram as palavras utilizadas para a pesquisa. Publicações anteriores a 2019, que não estavam de acordo com o objetivo deste capítulo e que não possuíam texto completo gratuito foram alguns dos critérios de exclusão utilizados.

Os artigos incorporados na amostra de análise foram examinados quanto aos riscos e benefícios dos procedimentos endovasculares de aneurismas intracranianos, avaliação da morfologia aneurismática, cuidados perioperatórios, materiais e dispositivos utilizados, descrição das técnicas, novas técnicas e dispositivos em estudo e eficácia e segurança.

O estudo foi conduzido por dois revisores que analisaram separadamente a amostra inicial, aplicando os mesmos filtros e critérios de inclusão e exclusão, e ambos chegaram à mesma amostra final. Para a análise, os artigos que continham os descritores selecionados e foram publicados nos últimos 5 anos foram submetidos à leitura detalhada. Toda a seleção foi feita manualmente pelos revisores, sem o uso de ferramentas adicionais. A partir da amostra final de 36 artigos, foram extraídos o autor, título, ano de publicação e dados sobre as variáveis em questão de cada um deles.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Riscos e benefícios do método

Os benefícios da conduta endovascular para aneurismas intracranianos consistem nas vantagens de procedimentos minimamente invasivos em detrimento das cirurgias convencionais. Entre eles, incluem-se a possibilidade de prolongar a vida e melhorar a qualidade de vida do paciente, um menor tempo de recuperação e a ausência de grandes incisões cirúrgicas, cuja propensão a complicações prolonga a internação e sobrecarrega os mecanismos imunológicos do indivíduo a partir do processo de cicatrização (Zaidat *et al.*, 2020).

No entanto, os riscos devem ser considerados. Nos procedimentos endovasculares pode haver oclusão ou ruptura dos ramos cateterizados e hematomas ou sangramento no local da punção. As complicações podem ser intraoperatórias, perioperatórias e tardias e se relacionam a eventos tromboembólicos e hemorrágicos. A possibilidade de rompimento do aneurisma pós-procedimento depende do tipo de técnica utilizada, mas a literatura sustenta a rara ocorrência deste evento. Além disso, a chance de infecção não é descartada, ainda que a possibilidade de infecção que necessite de tratamento antibiótico seja menor que 1:1000 casos (Rizvi *et al.*, 2020).

Nesse sentido também existe risco de morte, mas é válido ressaltar que procedimentos eletivos possuem menor mortalidade quando comparados aos procedimentos de emergência (Leal *et al.*, 2020).

Avaliação da morfologia aneurismática

Os aneurismas intracranianos podem ser classificados de acordo com a sua localização, em aneurismas de circulação anterior, situados na artéria carótida interna ou em seus ramos, e aneurismas da circulação posterior, originados no sistema vertebro-basilar. A localização mais

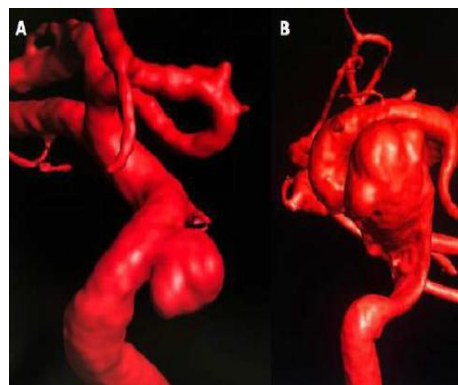
comumente acometida é a região do polígono de Willis, sendo a artéria carótida interna e comunicante anterior, os vasos mais frequentes (LEAL *et al.*, 2020).

Em relação a morfologia aneurismática, podem ser saculares ou fusiformes e podem variar em relação ao tamanho, a se observar a relação do colo e domo, e a altura aneurismática. Os aneurismas saculares são dilatações esféricas adjacentes à artéria, ao passo em que os fusiformes apresentam uma forma alongada ao longo do eixo principal do vaso (**Imagem 9.1**). Podem ser classificados como aneurismas pequenos (< 5 mm), médios (entre 5 e 15 mm), grandes (entre 15 e 25 mm), gigantes (> 25 mm) ou microaneurismas (< 3mm), e no que se refere ao colo aneurismático, podem ser considerados pequenos, quando possui menos de 4 mm ou a razão domo/colo > 2, e grandes quando as medidas são maiores inversas a esses parâmetros (LEAL *et al.*, 2020). Essas dimensões são visualizadas na (**Imagem 9.2**). Além disso, existem alguns casos em que os aneurismas são de bifurcação e apresentam colo amplo, envolvendo os ramos arteriais emergentes e necessitando de técnicas endovascular complexas (ZHAO *et al.*, 2012).

Para diagnóstico localizatório e morfológico dos aneurismas, alguns exames de imagem são recrutados, tais como angiografia de subtração digital (ASD), angioTC e angioRM. A ASD é o método de escolha considerado padrão ouro para investigação dos aneurismas e identificação das características anatômicas, permitindo a reconstrução computadorizada dos vasos intracranianos com subtração dos artefatos ósseos, sendo um método com elevada especifici-

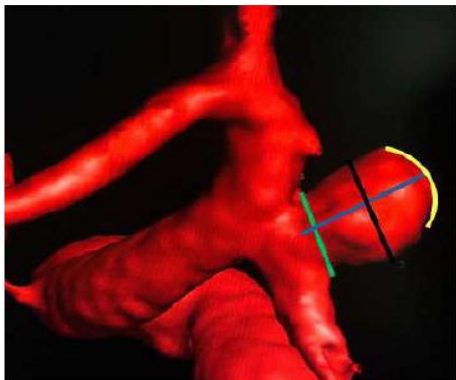
dade e sensibilidade. O exame é realizado através de punção arterial, tradicionalmente em artéria femoral direita, com cateterização subsequente dos vasos intracranianos e injeção de contraste iodado não-ionizante, capturando-se as imagens por técnica de Raio X. A angioTC é um exame rápido e seguro, mais difundido para avaliação inicial, tendo como benefício a capacidade de identificar calcificações associadas ao colo do aneurisma, além das estruturas subjacentes, tendo grande valor no planejamento pré-operatório. A angioRM também é muito utilizada para planejamento pré-operatório, porém trata-se de exame de custo mais elevado. Por outro lado, há o benefício de não utilizar radiação e a possibilidade de estudo da parede dos aneurismas com a técnica de Wessel Wall (LEAL *et al.*, 2020; Pacheco *et al.*, 2020). Tanto a angioTC quanto a angioRM são técnicas de baixa sensibilidade para aneurismas < 3 mm.

Imagem 9.1 Classificação morfológica dos aneurismas



Legenda: Morfologia de aneurismas, vistos em ASD, com reconstrução 3D. Aneurisma sacular de artéria carótida interna direita (A) e aneurisma fusiforme de artéria carótida interna direita (B). **Fonte:** Leal & De Aguiar & Ramina, 2020.

Imagem 9.2. Dimensões dos aneurismas intracranianos



Legenda: Dimensões relevantes dos aneurismas intracranianos, avaliado em imagem de ASD, com reconstrução 3D: amarelo - domo; verde - colo; azul - relação colo/domo ou altura; preto largura. **Fonte:** Leal & De Aguiar & Ramina, 2020.

Cuidados perioperatórios

Para a realização do tratamento endovascular dos aneurismas, a terapia antiplaquetária profilática deve ser abordada, de forma a prevenir complicações tromboembólicas, principalmente quando são utilizadas técnicas assistidas por stents, visto que são dispositivos com alto potencial trombogênico (CAGNAZZO *et al.*, 2019; BILGIN *et al.*, 2022). Os medicamentos são administrados pré e pós procedimento, geralmente iniciados cerca de 5 dias antes e os principais antiagregantes utilizados, em terapia dupla oral, são os inibidores da COX (AAS) associado a inibidores de P2Y12, mais comumente Clopidogrel e Prasugrel (FRY *et al.*, 2023; ZAIDAT *et al.*, 2020; e BILGIN *et al.*, 2022). O inibidor de P2Y12 frequentemente é interrompido de 3 a 6 meses pós procedimento e o AAS geralmente é mantido até 12 meses. (FRY *et al.*, 2023; BILGIN *et al.*, 2022).

As técnicas endovasculares são realizadas com o paciente sob anestesia geral, pois permite maior controle dos parâmetros vitais e imobilidade completa da cabeça, de forma a garantir segurança e manipulação dos dispositivos, e durante a intervenção deve ser realizada a heparinização perioperatória, com a administração de

heparina sódica endovenosa, também como terapia profilática para as complicações tromboembólicas (ZAIDAT *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2021). A abordagem do procedimento se dá de forma percutânea transfemoral com cateter-guia, selecionado pelo neurointervencionista, para obtenção do acesso ao aneurisma alvo, e as imagens para orientação e monitoramento, são capturadas através da realização simultânea da ASD (ZAIDAT *et al.*, 2020; YOU *et al.*, 2021).

Após o procedimento, é indicado o acompanhamento pós cirúrgico do paciente, realizado durante a internação até o dia da alta, e nos meses subsequentes, acompanhando-se cerca de 2, 6 e 12 meses após (BOISSEAU *et al.*, 2023; ZAIDAT *et al.*, 2020). As avaliações incluem exames clínicos neurológicos, exames de imagem e avaliação funcional para identificação de déficits no sistema nervoso, aplicando-se as escalas Institute of Health Stroke Scale - NIHSS, Rankin modificada (mRS) e escala de Hunt e Hess. O acompanhamento por imagem é realizado por técnicas não invasivas como AngioTC e AngioR. A ASD é utilizada para avaliação da taxa de oclusão completa do aneurisma, sendo o exame considerado padrão de prática após a terapia endovascular (ZAIDAT *et al.*, 2020). Os exames são realizados entre 3, 6 e 12 meses a depender da técnica de embolização utilizada e o resultado do primeiro exame de controle.

Dispositivos e técnicas endovasculares

O objetivo imediato da terapia endovascular é a completa obliteração do saco aneurismático, preservando a artéria principal e suas ramificações, e isso pode ser abordado através de embolização direta com micromolas ou embolização com micromolas assistida por stent ou balão de remodelamento (ZAIDAT *et al.*, 2020; LEAL *et al.*, 2020). Em alguns casos de aneu-

rismas complexos com ruptura aguda, é realizado somente o preenchimento parcial para proteção do fundo aneurismático, de modo a evitar o ressangramento precoce e o paciente pode ser submetido a uma nova técnica endovascular algumas semanas depois, para otimização da oclusão do aneurisma (PIOTIN & BLANC, 2014).

Embolização direta com micromolas:

Considerada a técnica padrão, é um procedimento realizado através da utilização de micromolas destacáveis, implantadas no saco aneurismático por meio de microcateteres, de modo a impedir a entrada de fluxo na lesão aneurismática. Esse tipo de procedimento requer compactação densa das molas, sendo difícil o tratamento de aneurismas intracranianos com morfologia complexa, especialmente fusiformes e de colo largo (PIOTIN & BLANC, 2014). O principal dispositivo utilizado para a embolização é a micromola de platina (espiras) (YOU *et al.*, 2021).

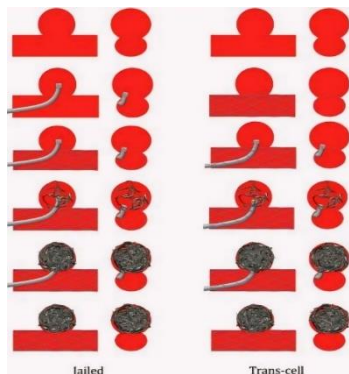
Embolização assistida por stent: É uma abordagem de tratamento para aneurismas de colo largo. (ZAIDAT *et al.*, 2020) O stent é implantado na artéria parenteral do aneurisma, de forma a prevenir mecanicamente a protrusão da mola para a artéria principal durante o procedimento, no qual as molas vão ser acomodadas no interior da lesão e conseqüentemente se aglutinar e impedir o fluxo sanguíneo intra aneurismático (BOISSEAU *et al.*, 2023). O implante do stent pode ser realizado de 3 maneiras: **1).Técnica do cateter preso:** Inserção do microcateter de entrega das espiras dentro do lúmen do aneurisma, sendo alocado logo em seguida através do colo aneurismático (**Imagem 9.3**); **2).Técnica transcelular:** stent posicionado no colo do aneurisma e o microcateter é

colocado intrassacular através da malha do stent (**Imagem 9.3**) e **3).Técnica do Stent-Jack:** posiciona-se o microcateter de entrega no saco aneurismático e em seguida aloca-se um stent autoexpansível no vaso parenteral, sem inserir o stent antes que a primeira espira seja depositada (PIOTIN & BLANC, 2014).

Além das técnicas convencionais, existem algumas técnicas especiais, como a do implante de stents duplos em Y, aplicadas em aneurismas de bifurcação. A técnica de stent em Y inclui sistemas de cruzamento-Y e “*kissing-Y*”. O método de cruzamento baseia-se na estratégia de que um segundo stent é avançado através do interstício do primeiro stent e no ramo contralateral (**Imagem 9.4**), ao passo em que na técnica do “*kissing-Y*”, dois stents são implantados de forma paralela em ramos arteriais da artéria parenteral, até o tronco arterial principal (ZHAO *et al.*, 2012). No entanto, essas técnicas envolvem várias etapas e requer habilidade técnica para serem executadas, sendo que cada etapa do procedimento é uma possível fonte de complicações, além da abundância dos elementos metálicos e manipulação contínua dos vasos sanguíneos serem fatores de promoção do tromboembolismo, que é a principal complicação envolvida na embolização assistida por mais de um stent.

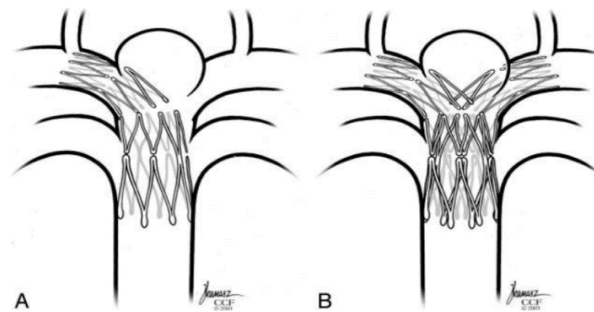
A necessidade de terapia antiplaquetária para a técnica de embolização assistida por stent, faz com que esse método seja evitado nos casos de aneurismas com ruptura aguda, sendo reservado como procedimento de resgate para evitar o fechamento do vaso principal quando houver ameaça de protrusão inadvertida da espira (PIOTIN & BLANC, 2014). O **Quadro 9.1** preconiza os principais dispositivos utilizados nessa técnica.

Imagem 9.3. Técnicas de implante do Stent



Legenda: Técnica de cateter preso (imagem à esquerda) e técnica transcelular (imagem à direita). **Fonte:** Piotin & Blanc, 2014.

Imagem 9.4. Técnica de cruzamento em Y



Legenda: Configuração dos stents implantados na técnica cruzamento em Y de artérias cerebrais posteriores. Primeiro Stent implantado (A) e segundo Stent implantado através do interstício do primeiro (B). **Fonte:** Chow *et al.*, 2002.

Quadro 9.1. Principais dispositivos utilizados na técnica de embolização assistida por Stent (Zaidat *et al.*, 2020; Fiorella *et al.*, 2019; Piotin & Blanc, 2014)

PRINCIPAIS DISPOSITIVOS	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
Stent Neuroform	Nitinol	0,027 polegadas; Desenho de células abertas cortados a laser; Se adapta melhor às tortuosidades vasculares.
Stent Enterprise	Nitinol	0,027 polegadas; Desenho de células fechadas, cortados a laser - permite ao operador otimizar a posição do stent em relação ao colo do aneurisma.
LVIS e LEO (Imagem 9.5)	Nitinol	Stents autoexpansíveis; Cobertura de área de superfície metálica substancialmente maior do que os microstents de nitinol cortados a laser.

Imagem 9.5 Dispositivo LVIS



Legenda: Detalhes da estrutura e disposição do dispositivo LVIS. **Fonte:** Fiorella *et al.*, 2019.

Embolização assistida por balão: outro método utilizado para o tratamento de aneurismas de colo largo (PIOTIN & BLANC, 2014). O procedimento consiste na insuflação temporária de um balão não destacável através do colo do aneurisma durante a inserção da espira, de modo que, assim como o stent, impeça a protrusão inadvertida da espira na artéria parenteral do aneurisma. Ao final do procedimento, o balão é removido e em determinados casos, alguns cateteres balão permitem a colocação de um stent ao final do procedimento, através da inserção do dispositivo no lúmen do microcateter

após a retirada do fio. O balão pode ser classificado de acordo com a sua complacência, podendo ser de baixa complacência, geralmente limitado a aneurismas de parede lateral, e balões mais complacentes, capazes de alterar seu formato cilíndrico, de acordo com o vaso em que está insuflado, permitindo o tratamento de aneurismas de bifurcação complexas e de colo largo (PIOTIN & BLANC, 2014). O **Quadro 9.2** preconiza os principais dispositivos utilizados nessa técnica.

Quadro 9.2 Principais dispositivos utilizados na técnica de embolização assistida por balão (Piotin & Blanc, 2014)

PRINCIPAIS DISPOSITIVOS	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
HyperGlide	Polímero	Menor complacência; Diâmetro único de 4mm; Comprimentos de 10,15,20 e 30mm; Indicado para oclusão de segmentos arteriais lineares.
Transform	Polímero	Balão complacente; Diâmetros de 3, 4, 5 e 7mm; Comprimentos de 5, 7, 10, 15 e 20mm.
Septer	Polímero	Balão complacente com dois lúmens independentes - possibilita ao operador a oportunidade de navegar por bobinas ou alguns microstents enquanto o balão está insuflado.
HyperForm	Polímero	Alta complacência; Diâmetro 4 ou 7mm; Comprimento de 7mm; É destinado para oclusão de bifurcações arteriais.

Dispositivos e técnicas recentes

Em relação às novas técnicas implementadas mais recentemente, tem-se destaque, principalmente, para a técnica dos stents desviadores de fluxo, além dos dispositivos *Woven Endo-Bridge* (WEB) e *Pulse Rider*.

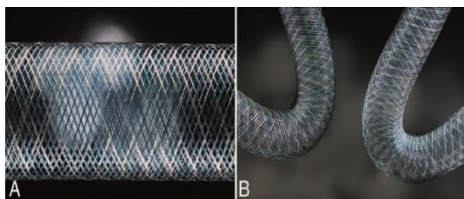
Stents desviadores de fluxo: Foram desenvolvidos para uma abordagem alternativa no tratamento de aneurismas intracranianos complexos, principalmente fusiformes e dissecantes, de colo largo, grandes e gigantes. Ao longo do uso notou-se sua segurança e eficácia para aneurismas pequenos, sendo atualmente a primeira escolha para aneurismas envolvendo o segmento supraclinoideo da carótida interna (TRIVELATO *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2021; FERRAZ., 2022). O uso desse dispositivo para tratamento de aneurismas da circulação posterior é abordado em casos selecionados, visto

que a segurança do tratamento para esse tipo de aneurisma correlaciona-se com a presença de perfurantes deste território (ABDEL-TAWAB *et al.*, 2021). Em relação à técnica, os dispositivos desviadores de fluxo são inseridos na artéria portadora sobre o colo do aneurisma, de modo a promover lentificação do fluxo no interior da lesão e induzir a sua trombose aneurismática (WANG *et al.*, 2021 & ABDEL-TAWAB *et al.*, 2021). Associa-se ao processo de cura, o fenômeno de endotelização do stent, conferindo cobertura endotelial ao colo do aneurisma e sua permanente exclusão circulatória. O **Quadro 9.3** preconiza os principais dispositivos utilizados nessa técnica e a **Imagem 9.8** mostra as principais diferenças entre um Stent convencional e um Stent desviador de fluxo.

Quadro 9.3 Principais dispositivos utilizados na técnica dos stents desviadores de fluxo (Waqas *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2021)

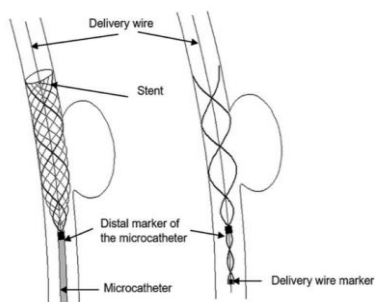
DISPOSITIVOS	CARACTERÍSTICAS E MATERIAL
Pipeline (PED) (Imagem 9.6)	Malha trançada de 48 microfilamentos platina-tungstênio e liga de cobalto, cromo e níquel.
Stent Silk (Imagem 9.7)	Stent de malha flexível - 48 fios de nitinol trançados e 4 microfilamentos de platina que possuem duas extremidades alargadas, com função de atuar como marcadores radiopacos.
Dispositivo endoluminal redirecionador de fluxo (FRED)	Stent autoexpansível de níquel e titânio emparelhados e cobertura integrada de camada dupla - malha interna de baixa porosidade (48 fios de nitinol) e stent externo com alta porosidade (16 fios de nitinol com 4 fios marcadores entrelaçados); Apresenta marcadores radiopacos proximais e distais.
Surpass	Stent autoexpansível de malhas trançadas de cromo-cobalto e platina-tungstênio.
Dispositivo de modulação de fluxo p64	Stent autoexpansível composto de nitinol, mecanicamente destacado; Possibilita uma implantação completa e recuperação total, proporcionando maior segurança e proteção.
Dispositivo de embolização derivo (DED)	24 fios de nitinol com núcleo de platina radiopaca em extremidade; Possui acabamento superficial com óxido de titânio e oxinitreto de titânio - responsáveis pela redução do atrito durante a expansão, reduzindo a trombogenicidade do dispositivo.

Imagem 9.6. Dispositivo Pipeline (PED)



Fonte: Dmytriw *et al.*, 2019.

Imagem 9.7. Mecanismo de implantação do Stent Silk



Fonte: Dmytriw *et al.*, 2019.

Imagem 9.8 Stent convencional x Stent desviador de fluxo



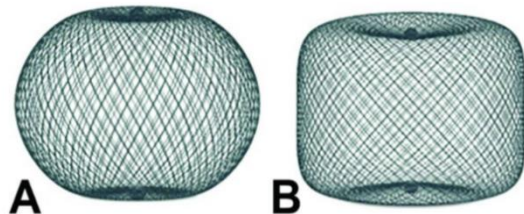
Fonte: Deshmukh *et al.*, 2024.

Quadro 9.4 Variações dos dispositivos WEB em relação a composição (Pierot *et al.*, 2020)

DISPOSITIVOS TRANÇADOS DE NITINOL	DISPOSITIVOS TRANÇADOS DE NITINOL E PLATINA
WEB camada única (formato de barril: WEB SL e formato esférico: WEB SLS)	WEB camada única formato de barril (WEB SL EV)
WEB camada dupla (WEB DL)	WEB camada única formato esférico (WEB SLS EV)

Woven EndoBridge (WEB): Trata-se de um dispositivo disruptor de fluxo intrassacular, desenvolvido para o tratamento de aneurismas de bifurcação de colo largo, e que possui como principal vantagem a ausência da necessidade de tratamento antiplaquetário no período pós-procedimento, demonstrando elevada eficácia e viabilidade no tratamento de aneurismas cerebrais rotos (ESSIBAYI *et al.*, 2021). O mecanismo de atuação do WEB se dá através da interrupção do fluxo sanguíneo intra-aneurismático, através da sua tela autoexpansível, a qual é alocada no saco do aneurisma, de modo a promover a trombose intrassacular **Imagem 9.9** (AQUARIUS *et al.*, 2023). O principal objetivo é excluir o aneurisma da circulação, sem impedir o fluxo através da origem dos ramos arteriais, evitando a hemorragia subaracnóidea nos casos não rotos e hemorragia recorrente em casos que apresentam a ruptura (AQUARIUS *et al.*, 2023; ARTHUR *et al.*, 2019). A **Tabela 9.4** evidencia as características e variações dos dispositivos WEB.

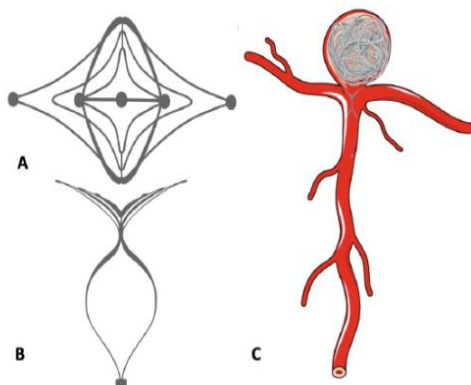
Imagem 9.9 Dispositivo WEB camada única em formato esférico (A) e em formato de barril (B). Os dispositivos são compostos



Fonte: Arthur *et al.*, 2019.

Stent Pulse Rider: O dispositivo Pulse Rider (**Imagem 9.10**) é um stent autoexpansível, composto de nitinol, indicado para o tratamento de aneurismas de colo largo e bifurcação. Possui formato em Y ou T, de modo a fornecer suporte para a colocação das espiras no interior do saco aneurismático. Em relação à técnica convencional de stent em Y, o Pulse Rider é um dispositivo mais fácil de ser implantado, bem como requer menos etapas e possui menor relação entre o material metálico e a artéria, evitando elevadas complicações tromboembólicas dos ramos arteriais (PRANATA *et al.*, 2021; DESHMUKH *et al.*, 2024).

Imagem 9.10 Dispositivo Pulse Rider em aneurisma de bifurcação. Dispositivo Pulse Rider (A e B) e aneurisma de bifurcação tratado com Pulse Rider e bobinas destacáveis (C).



Fonte: Deshmukh *et al.*, 2024.

Eficácia do método

A eficácia do tratamento endovascular de aneurismas intracranianos pode depender de vários fatores, incluindo o tipo, anatomia e localização aneurismática, bem como as características específicas do paciente, além das suas condições clínicas.

A técnica de embolização assistida por stent, frequentemente utilizada em aneurismas de colo largo ou em locais de bifurcação, apresenta uma elevada eficácia, a se analisar a literatura, evidenciando uma taxa de oclusão completa a longo prazo de 77-96%, além de baixas taxas de complicações perioperatórias e mortalidade que se apresenta em torno de 5% (SCERRATI, *et al.*, 2021; Ferraz, 2022).

A embolização assistida por balão é uma opção eficaz em casos de aneurismas rotos, como método de proteção para ruptura intraoperatória, para aneurismas menores, aneurismas com colo largo, ou ainda quando o acesso ao aneurisma alvo é desafiador. No entanto, em comparação com o método de embolização assistida por stent, o tratamento assistido por balão pode produzir taxas mais altas de retratamento e taxas mais baixas de obliteração aneurismática completa (ZAIDAT *et al.*, 2020; PRANATA *et al.*, 2021).

A respeito da embolização direta com micromolas, estudos demonstram uma taxa de retratamento em cerca de 10% e taxa de recorrência em 20% (LI *et al.*, 2022). Atualmente essa técnica é destinada a aneurismas em fase aguda de hemorragia subaracnoideia, como método de proteção para ressangramento, seguida de complementação por outras técnicas quando necessário, em curto a médio prazo (3 a meses). Ainda assim possui uma elevada segurança do tratamento, sem morbidade adicional entre 1 e 2 anos, além de revelar uma elevada eficácia, ao se observar o acompanhamento de longo prazo,

com resultados anatômicos semelhantes aos de 1 ano (PIOTIN & BLANC, 2014).

Em relação aos novos dispositivos implementados recentemente, o Pulse Rider se mostrou com uma taxa de oclusão adequada, representada por 90% na angiografia imediata e 91% no acompanhamento de 6 meses, sendo que essa taxa diminui a se analisar pacientes com aneurismas >10 mm. Ainda sobre o dispositivo, complicações estão associadas em cerca de 5% dos casos (Prenata *et al.*, 2021). O dispositivo WEB apresenta uma taxa de oclusão inicial adequada de 77% e 89% no acompanhamento em curto prazo, e baixas taxas de complicações perioperatórias, porém cursa com uma taxa de mortalidade de 7%, ainda que se deva levar em consideração o tratamento de aneurismas rotos, os quais evoluem naturalmente com maior taxa de mortalidade (RODRIGUEZ-CALIENES *et al.*, 2023). Os stents desviadores de fluxo são indicados principalmente para o tratamento de aneurismas complexos, grandes ou gigantes, mas dados mais recentes tem mostrado segurança e eficácia elevados para aneurismas pequenos. Revelam uma taxa de oclusão que varia de 60% a 100%, aumentando no acompanhamento final (SCERRATI *et al.*, 2021).

Nesse sentido, é importante destacar que a escolha entre as diferentes técnicas de tratamento deve ser feita considerando-se cuidadosamente os fatores de risco, bem como os aspectos anatômicos e patológicos individuais do

paciente. Dessa forma, será possível selecionar o método que melhor se adapta a situação clínica específica e proporcione os melhores resultados possíveis.

CONCLUSÃO

O tratamento endovascular abrange diversas técnicas aplicáveis a diferentes tipos de aneurismas. Dentre as técnicas convencionais utilizadas, destacam-se a embolização direta com micromolas como tratamento padrão para aneurismas rotos em fase aguda, além da embolização assistida por stent ou assistida por balão de remodelamento. Os avanços tecnológicos implementados nos procedimentos de intervenção endovascular propiciaram a possibilidade de tratamento de aneurismas de morfologia complexa, e o crescente desenvolvimento de novas técnicas e novos dispositivos revelam o avanço dessa terapêutica no cenário atual. No entanto, a eficácia e segurança do tratamento deve sempre levar em consideração a singularidade de cada paciente e de cada caso, a se analisar, principalmente, a localização aneurismática, tamanho, morfologia e fatores clínicos que abordam todo o histórico de aneurismas (principalmente rotos), história familiar e comorbidades pessoais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-Tawab M, *et al.* Efficacy and safety of flow diverters in posterior circulation aneurysms and comparison with their efficacy in anterior circulation aneurysms: A systematic review and meta-analysis. *Interventional neuroradiology*. 2021 Oct;27(5):609–621. doi:10.1177/15910199211003017.
- ALGRA A. M, *et al.* Procedural clinical complications, case-fatality risks, and risk factors in endovascular and neurosurgical treatment of unruptured intracranial aneurysms: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Neurology*. 2019 Mar; 76(3):282.doi:10.1001/jamaneurol.2018.4165.
- ALWAKEAL A, *et al.* Flow diversion of posterior circulation aneurysms: Systematic review of disaggregated individual patient data. *AJNR. American journal of neuroradiology*. 2021 Oct;42(10):1827. doi:10.3174/ajnr. A7220.
- AQUARIUS R, *et al.* A systematic review of the Woven EndoBridge device—do findings in pre-clinical animal models compare to clinical results? *Acta neurochirurgica*. 2023. doi: 10.1007/s00701-023-05638-y.
- ARTHUR A. S, *et al.* The safety and effectiveness of the Woven EndoBridge (WEB) system for the treatment of wide-necked bifurcation aneurysms: final 12-month results of the pivotal WEB Intracapsular Therapy (WEB-IT) Study. *Journal of neurointerventional surgery*. Sep;11(9);924-930 doi:10.1136/neurintsurg-2019-014815.
- BILGIN, C. *et al.* The prophylactic use of glycoprotein 2b/3a inhibitors in the endovascular treatment of intracranial aneurysms: A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurgery*. 2022. Nov;168:e66 doi:10.1016/j.wneu.2022.08.136.
- BOISSEAU W, *et al.* Stent-assisted coiling in the treatment of unruptured intracranial aneurysms: A randomized clinical trial. *AJNR. American journal of neuroradiology*. 2023 Apr;40(4):381-389. doi: 10.3174/ajnr. A7815.
- CAGNAZZO F, *et al.* Comparison of prasugrel and clopidogrel used as antiplatelet medication for endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: A meta-analysis. *AJNR. American journal of neuroradiology*. 2019 Apr;40(4):681. doi:10.3174/ajnr. A6004.
- CHOW M. M, *et al.* A novel endovascular treatment of a wide-necked basilar apex aneurysm by using a Y-configuration, double-Stent technique. *AJNR: American Journal of Neuroradiology*. Mar;25(3):509 PMID: PMC8158556.
- DESHMUKH A. S, *et al.* The management of intracranial aneurysms: Current trends and future directions. *Neurology international*. 2024 Jan;16(1):74-94 doi:10.3390/neurolint16010005.
- DMYTRIY A. A, *et al.* On flow diversion: The changing landscape of intracerebral aneurysm management. *AJNR. American journal of neuroradiology*. 2019 Apr;40(4):591. doi: 10.3174/ajnr. A6006.
- ESSIBAYI M. A., Lanzino G., Brinjikji W. Safety and efficacy of the woven EndoBridge device for treatment of ruptured intracranial aneurysms: A systematic review and meta-analysis. *AJNR. American journal of neuroradiology*. 2021 Sep;42(9):1627–1632. doi:10.3174/ajnr. A7174.
- ETTER M. M, *et al.* Endovascular treatment and Peri-interventional management of ruptured cerebrovascular lesions during pregnancy: Case series and case-based systematic review. *Clinical neuroradiology*, v. 33, n. 3, p. 833–842, 2023. doi:10.1007/s00062-023-01287-x.
- FERRAZ, F. M, Análise de resultados do tratamento de aneurismas saculares da artéria carótida interna com stent redirecionador de fluxo. [s.l.] Universidade de Sao Paulo, Agência USP de Gestao da Informacao Acadêmica (AGUIA), 2022. doi:10.11606/T.5.2022.tde-04102022-092111.
- FIORELLA, D. *et al.* The safety and effectiveness of the LVIS stent system for the treatment of wide-necked cerebral aneurysms: final results of the pivotal US LVIS trial. *Journal of neurointerventional surgery*, v. 11, n. 4, p. 357–361, 2019. doi:10.1136/neurintsurg-2018-014309.
- FRY, L. *et al.* Endovascular management of pediatric traumatic intracranial pseudoaneurysms: A systematic review and case series. *World neurosurgery*, v. 176, p. 213–226, 2023. doi: 10.1016/j.wneu.2023.04.028.

- ŁAJCZAK, P. M. *et al.* Bridging the gap: robotic applications in cerebral aneurysms neurointerventions - a systematic review. *Neurosurgical review*, v. 47, n. 1, 2024. doi:10.1007/s10143-024-02400-5.
- LEAL, AG; De Aguiar, PHP; Ramina, R. *Tratado de Neurologia Clínica e Cirúrgica*. Atena Editora, 2022. p. 248-257.
- LI, S. *et al.* The safety and efficacy of flow diversion versus conventional endovascular treatment for intracranial aneurysms: A meta-analysis of real-world cohort studies from the past 10 years. *AJNR. American journal of neuroradiology*, v. 43, n. 7, p. 1004–1011, 2022. doi:10.3174/ajnr. A7539.
- LI, Y.-L. *et al.* Outcome of flow diverters with surface modifications in treatment of cerebral aneurysms: Systematic review and meta-analysis. *AJNR. American journal of neuroradiology*, v. 42, n. 2, p. 327–333, 2021. doi:10.3174/ajnr. A6919.
- LIM, J. *et al.* Management of saccular superior cerebellar artery aneurysms: The Buffalo experience case series and systematic review. *Interventional neuroradiology: journal of peritherapeutic neuroradiology, surgical procedures and related neurosciences*, v. 29, n. 2, p. 148–156, 2023. doi: 10.1177/15910199221080234.
- MENDES P.V. *et al.* Evaluation of effectiveness and safety of the CorPath GRX robotic system in endovascular embolization procedures of cerebral aneurysms. *Journal of neurointerventional surgery*, v. 16, n. 4, p. 405–411, 2024. doi:10.1136/jnis-2023-020161.
- PACHECO, F. T. *et al.* Current uses of intracranial vessel wall imaging for clinical practice: a high-resolution MR technique recently available. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, v. 78, n. 10, p. 642–650, 2020. doi:10.1590/0004-282X20200044.
- PIEROT, L. *et al.* Aneurysm treatment with Woven EndoBridge in the cumulative population of 3 prospective, multicenter series: 2-year follow-up. *Neurosurgery*, v. 87, n. 2, p. 357–367, 2020. doi: 10.1093/neuros/nyz557.
- PIOTIN, M.; Blanc, R. Balloons and stents in the endovascular treatment of cerebral aneurysms: Vascular anatomy remodeled. *Frontiers in neurology*, v. 5, 2014. doi:10.3389/fneur.2014.00041.
- PRANATA, R. *et al.* Efficacy and safety of PulseRider for treatment of wide-necked intracranial aneurysm - A systematic review and meta-analysis. *Interventional neuroradiology: journal of peritherapeutic neuroradiology, surgical procedures and related neurosciences*, v. 27, n. 1, p. 60-67, 2021. doi: 10.1177/1591019920940521.
- RIZVI, A. *et al.* Long-term rupture risk in patients with unruptured intracranial aneurysms treated with endovascular therapy: A systematic review and meta-analysis. *AJNR. American journal of neuroradiology*, v. 41, n. 6, p. 1043-1048, 2020. doi:10.3174/ajnr. A6568.
- RODRIGUEZ-CALIENES, A. *et al.* Use of the woven EndoBridge device for sidewall aneurysms: Systematic review and meta-analysis. *AJNR. American journal of neuroradiology*, v. 44, n. 2, p. 165-170, 2023. doi:10.3174/ajnr. A7766.
- SCERRATI, A. *et al.* Endovascular treatment of ruptured intracranial blister aneurysms: A systematic review and meta-analysis. *AJNR. American journal of neuroradiology*, v. 42, n. 3, p. 538-545, 2021. doi: 10.3174/ajnr. A6924.
- SHAO, B. *et al.* Clipping versus coiling for ruptured intracranial aneurysms: A meta-analysis of randomized controlled trials. *World neurosurgery*, v. 127, p. e353-e365, 2019. doi: 10.1016/j.wneu.2019.03.123.
- TRIVELATO, F. P. *et al.* Derivo Embolization Device for the treatment of intracranial aneurysms: A multicenter study of 183 aneurysms. *Stroke; a journal of cerebral circulation*, v. 50, n. 9, p. 2351-2358, 2019. doi:10.1161/STROKEAHA.119.025407.
- WANG, Y. *et al.* Whether intracranial aneurysm could be well treated by flow diversion: A comprehensive meta-analysis of large-sample studies including anterior and posterior circulation. *BioMed research international*, v. 2021, p. 1-8, 2021. doi:10.1155/2021/6637780.
- WAQAS, M. *et al.* Flow redirection endoluminal device (FRED) for treatment of intracranial aneurysms: A systematic review. *Interventional neuroradiology: journal of peritherapeutic neuroradiology, surgical procedures and related neurosciences*, v. 28, n. 3, p. 347-357, 2022. doi: 10.1177/15910199211027991.

YOU, L. *et al.* Multiple overlapping stent-assisted coiling improves efficacy and safety of treatment for complex intracranial aneurysms: a randomized trial. *Biomedical engineering online*, v. 20, n. 1, 2021. doi:10.1186/s12938-021-00936-x.

ZAIDAT, O. O. *et al.* Pivotal trial of the Neuroform Atlas Stent for treatment of anterior circulation aneurysms: One-year outcomes. *Stroke; a journal of cerebral circulation*, v. 51, n. 7, p. 2087-2094, 2020. doi: 10.1161/STROKEAHA.119.028418.

ZHAO, K.-J. *et al.* Y-configuration Stent placement (crossing and kissing) for endovascular treatment of wide-neck cerebral aneurysms located at 4 different bifurcation sites. *AJNR. American journal of neuroradiology*, v. 33, n. 7, p. 1310-1316, 2012. doi:10.3174/ajnr. A2961.