

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO**

Romildo da Costa Pacheco Neto

**Teste de oclusão temporária por balão e oclusão terapêutica endovascular de
carótida**

RIBEIRÃO PRETO

2022

Romildo da Costa Pacheco Neto

Teste de oclusão temporária por balão e oclusão terapêutica endovascular de carótida

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para titulação de Mestrado Profissional.

Área de Concentração: Neurorradiologia Intervencionista

Orientador: Prof. Dr. Daniel Giansante Abud

RIBEIRÃO PRETO
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Neto, RCP.

Teste de oclusão temporária por balão e oclusão terapêutica endovascular de carótida, 2022

42 p.; il.; 30 cm

Dissertação de mestrado profissional apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Neurorradiologia intervencionista.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Giansante Abud

1. Teste de oclusão 2. Oclusão terapêutica 3. Carótida.

Autor: Romilto da Costa Pacheco Neto

Título: **Teste de oclusão temporária por balão e oclusão terapêutica endovascular de carótida.**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo para titulação
de Mestrado Profissional.
Área de Concentração: Neurorradiologia
Intervencionista

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Dr. _____ Instituição: HCFMRP - USP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dr. _____ Instituição: HCFMRP - USP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dr. _____ Instituição: HCFMRP - USP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A minha esposa, Danielly Veloso de Alencar, pelo amor e incentivo aos estudos durante os longos anos de aprendizado.

Ao professor e orientador Dr. Daniel Giansante Abud pelo exemplo, dedicação, paciência e excelência nos ensinamentos.

Aos médicos assistentes e amigos, Guilherme Seizem Nakiri, Lucas Moretti Monsignore e Luís Henrique de Castro Afonso, por todo companheirismo e ensinamentos proporcionados no decorrer desses anos.

Aos egressos desta escola Victor Fornazari e Caio Molinas, e residentes, Saulo Villas Boas, Mirelle Barbosa e João Paulo pelo apoio, incentivo e amizade.

Aos enfermeiros, técnicos de enfermagem (Zilda, Andréia, Eleni, Eloisa) e técnicos de radiologia (George e Júnior) do setor de Radiologia Intervencionista, pelo auxílio e parceria durante os procedimentos realizados.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

NÚCLEO DE PESQUISA/SETOR

Setor de Neurorradiologia Terapêutica e Radiologia Intervencionista, Centro de Ciência das Imagens e Física Médica, Departamento de Clínica Médica, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo - USP

LOCAL DE EXECUÇÃO

Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo (HCFMRP-USP)

PESQUISADORES RESPONSÁVEIS

Dr. Romilto da Costa Pacheco Neto (<http://lattes.cnpq.br/8185484015731566>)

Médico Residente do Setor de Radiologia Intervencionista e Diagnóstico por Imagem do Departamento de Clínica Médica da FMRP-USP

Prof. Dr. Daniel Giansante Abud (<http://lattes.cnpq.br/5460321530457922>)

Professor Doutor do Setor de Radiologia Intervencionista e Diagnóstico por Imagem do Departamento de Clínica Médica da FMRP-USP

RESUMO

Neto RCP. **Teste de oclusão temporária por balão e oclusão terapêutica endovascular de carótida 2022. 42f. Manuscrito (Mestrado)** - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2022.

O teste de oclusão temporária por balão da artéria carótida interna tornou-se um método bem aceito da avaliação pré-operatória de pacientes com aneurisma ou tumor envolvendo a base do pescoço ou crânio nos quais o sacrifício arterial ou oclusão temporária prolongada é possível durante cirurgia ou terapia endovascular. A oclusão temporária ou permanente da artéria carótida interna em sua porção cervical ou na base do crânio é cada vez mais usada no tratamento de lesões arteriais traumáticas, para o tratamento de aneurismas ou pseudoaneurismas da artéria carótida interna inoperáveis e durante o manejo cirúrgico de tumores cervicais ou da base do crânio. O objetivo desse estudo foi descrever o teste de oclusão temporária por balão baseado em critérios angiográficos e as indicações para oclusão terapêutica da artéria carótida. O teste de oclusão temporária por balão com avaliação angiográfica da fase venosa é um método confiável para avaliar a capacidade de tolerar clinicamente a perda permanente de uma ACI. O sacrifício carotídeo é considerado possível quando o atraso é de no máximo 2 segundos. A oclusão terapêutica endovascular da carótida continua a ser um meio seguro e eficaz de tratar uma variedade de patologias, incluindo aneurismas gigantes, lesões traumáticas da carótida, fistulas carótido-cavernosas e tumores de cabeça e pescoço.

Palavras-chave: teste de oclusão, sacrifício do vaso parental, oclusão de carótida, neurrorradiologia intervencionista.

ABSTRACT

Neto RCP. **Temporary balloon occlusion test and carotid endovascular therapeutic occlusion.** Faculty of Medicine of Ribeirão Preto, University of São Paulo, 2021.

The temporary balloon occlusion test of the internal carotid artery has become a well accepted method of preoperative evaluation of patients with aneurysm or tumor involving the neck or skull base in which arterial sacrifice or prolonged temporary occlusion is possible during surgery or endovascular therapy. Temporary or permanent occlusion of the internal carotid artery in its cervical portion or at the skull base is increasingly used in the treatment of traumatic arterial injuries, for the treatment of inoperable aneurysms or pseudoaneurysms of the internal carotid artery and during the surgical management of cervical tumors or the skull base. The aim of this study was to describe the temporary balloon occlusion test based on angiographic criteria and the indications for therapeutic occlusion of the carotid artery. The temporary balloon occlusion test of the internal carotid artery with angiographic venous phase assessment is a reliable method to assess the ability to clinically tolerate the permanent loss of an ICA. Carotid sacrifice is considered possible when the delay is a maximum of 2 seconds. Therapeutic endovascular carotid occlusion remains a safe and effective means of treating a variety of conditions, including giant aneurysms, traumatic carotid injuries, carotid-cavernous fistulas, and head and neck tumors.

Keywords: occlusion test, sacrifice of the parental vessel. carotid occlusion. interventional neuroradiology

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

TOB: teste de oclusão por balão

ACI: artéria carótida interna

ACoA: artéria comunicante anterior

ACoP: artéria comunicante posterior

FCC: fistula carótida-cavernosa

HSA: hemorragia subaracnóidea

FSC: fluxo sanguíneo cerebral

PET: tomografia por emissão de pósitrons

SPECT: tomografia por emissão de fóton-único

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Teste de oclusão por balão da ACI direita em paciente com doença oclusiva aortoilíaca bilateral prévia.

Figura 2. Teste de oclusão por balão da ACI direita em paciente de 58 anos com sarcoma invadindo a cavidade nasal e espaço carotídeo a direita.

Figura 3. A angiografia AP demonstra um teste de oclusão da carótida direita com 5 frames/segundo em uma mulher de 35 anos com sarcoma envolvendo a maxila direita.

Figura 4. Desenho esquemático mostrando a dinâmica do fluxo sanguíneo (setas em amarelo) durante o teste de oclusão com balão com boas colaterais.

Figura 5. Embolização com trapping de aneurisma fusiforme de segmento cavernoso da ACI esquerda em paciente de 64 anos com paresia do VI nervo a esquerda.

Figura 6. Oclusão terapêutica endovascular de ACI direita pré-operatória de cirurgia de CEC de orofaringe em paciente de 75 anos.

Figura 7. Sexo feminino, 54 anos, traqueostomizada, após radioterapia paliativa de CEC de orofaringe com hemorragia transcervical de grande volume.

Figura 8. Técnica de dupla cateterização assistida por balão de duplo lúmen, via acesso radial, para tratamento de blowout por pseudoaneurisma de ramo da carótida externa.

Figura 9. Paciente do sexo masculino, 28 anos, com congestão ocular à direita e baixa acuidade visual bilateral após traumatismo cranioencefálico.

Figura 10. Angiografia controle com opacificação do hemisfério cerebral direito através da circulação colateral.

Figura 11. Técnica de trapping de fistula carótida-cavernosa direta através da combinação de oclusão proximal com remodelamento por balão e embolização distal com molas por cateterização retrógrada da carótida interna ipsilateral.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| AGRADECIMENTOS | 6 |
| 1. TESTE DE OCLUSÃO TEMPORÁRIA POR BALÃO | 14 |
| 1.1 Definição | 14 |
| 1.2 Indicações | 15 |
| 1.2.1 Aneurismas | 15 |
| 1.2.2 Neoplasias craniocervicais | 16 |
| 1.3 Técnica..... | 17 |
| 1.3.1 Princípios técnicos baseados em critérios angiográficos | 17 |
| 1.3.2 Considerações técnicas do posicionamento do balão..... | 20 |
| 1.3.3 Técnicas adjuntas | 21 |
| 1.4 Complicações..... | 22 |
| 2. OCLUSÃO TERAPÊUTICA ENDOVASCULAR DE CARÓTIDA | 24 |
| 2.1 Introdução..... | 24 |
| 2.2 Considerações técnicas | 25 |
| 2.2.1 Aneurismas saculares gigantes | 25 |
| 2.2.1 Tumores malignos de cabeça e pescoço | 28 |
| 2.2.2 Fistula carótido-cavernosa direta..... | 32 |
| 2.3 Cuidados pós-procedimento | 37 |
| 2.4 Seguimento | 37 |
| 3. CONCLUSÃO | 38 |
| 4. BIBLIOGRAFIA | 39 |

1. TESTE DE OCLUSÃO TEMPORÁRIA DE CARÓTIDA

1.1 Definição

O teste de oclusão por balão (TOB) se refere a insuflação temporária de um balão intravascular para interromper o fluxo sanguíneo no vaso estudado e acessar a adequação das colaterais no território perfundido. A TOB da artéria carótida interna (ACI) tornou-se um método bem aceito da avaliação pré-operatória de pacientes com aneurisma ou tumor envolvendo a base do pescoço ou crânio nos quais o sacrifício arterial ou oclusão temporária prolongada é possível durante cirurgia ou terapia endovascular. Se o tratamento de neoplasias cervicais envolvendo grandes vasos é desejado, a avaliação confiável se a artéria é dispensável ou não pode influenciar o alvo do tratamento (viabilidade da ressecção total macroscópica), ou mesmo planejamento terapêutico (oclusão terapêutica endovascular pré-operatória, estratégia de revascularização).

O método pode prever a capacidade do paciente tolerar clinicamente a perda permanente de uma ACI, mas não prevê a ausência de isquemia com absoluta certeza. O conhecimento pré-terapêutico da dependência da artéria carótida é essencial nesses pacientes, pois abordagens cirúrgicas alternativas podem ser necessárias para aqueles que não conseguem tolerar o sacrifício da ACI.

Durante a TOB, o hemisfério cerebral ipsilateral à ACI testada pode ser perfundido pelo fluxo sanguíneo colateral, dependendo do desenvolvimento de vias colaterais, incluindo o polígono de Willis. Em essência, a TOB avalia o fluxo sanguíneo colateral. As vias primárias são as relacionadas ao polígono de Willis, enquanto as secundárias são relacionadas ao fluxo retrógrado pelos ramos da carótida externa e colaterais leptomenígea. O balanço de fluxo pode determinar quais colaterais

predominam. Em casos de oclusão de ACI bilateral em pacientes assintomáticos foi observado maior recrutamento através de anastomoses leptomeníngicas ou conexões internas-externas, sem fluxo pelas colaterais primárias, evidenciando maior importância das secundárias.

1.2 Indicações

A oclusão eletiva temporária ou permanente da artéria carótida interna em sua porção cervical ou na base do crânio é cada vez mais usada no tratamento de lesões arteriais traumáticas, para o tratamento de aneurismas ou pseudoaneurisma da artéria carótida interna inoperáveis e durante o manejo cirúrgico de tumores cervicais ou da base do crânio.

1.2.1 Aneurismas

Historicamente, aneurismas gigantes do segmento cavernoso foram tratados com oclusão da carótida, devido a inacessibilidade cirúrgica ou morfologia fusiforme. Nestes casos, o modelo de tratamento era bem-sucedido na desconstrução do aneurisma e do vaso portador, embora complicações isquêmicas imediatas ou tardias possam ocorrer. Métodos de reconstrução do vaso para tratamento de aneurisma sintomáticos do segmento cavernoso, tais como os diversores de fluxo, tem substituído a necessidade de sacrifício do vaso portador. Essa experiência histórica tem fornecido a melhor disponibilidade de dados da habilidade do polígono de Willis de compensar a oclusão aguda do vaso, mesmo no nível da carótida interna proximal.

Outro cenário clínico para o TOB incluem os pseudoaneurismas traumáticos/iatrogênicos ou secundários a neoplasia. Frequentemente são lesões sem morfologia

sacular e não eleitos para embolização primária. Mesmo com a disponibilidade de várias alternativas endovasculares de reconstrução, algumas vezes o sacrifício do vaso é uma opção, particularmente com episódios recorrentes de hemorragia ou quando encontram contraindicações para dupla antiagregação.

1.2.2 Neoplasias Craniocervicais

Diferentes tipos de tumores podem estar envolvidos, incluindo tumores da base do crânio benignos como os meningiomas, bem como tumores cervicais malignos como os carcinomas espinocelulares. Algumas vezes são tumores invasivos e podem requer a ressecção da artéria para alcançar a cura oncológica.

Na vasta maioria dos tumores que são adjacentes a carótida interna, a revascularização não é necessária. A maior parte deles não são infiltrativos para o tecido cerebral ou estruturas vasculares. No caso de tumores que envolvem completamente a carótida, recorrentes, que provocam estreitamento luminal, previamente irradiados e aqueles com suspeita histopatológica de alto grau, são menos prováveis de alcançar a ressecção total sem o sacrifício da carótida. Neste contexto, o TOB pode ajudar na decisão de revascularização cirúrgica ou oclusão terapêutica endovascular.

1.3 Técnica

1.3.2 Princípios Técnicos Baseados em Critérios Angiográficos

Realiza-se o acesso femoral bilateral, seguida de angiografia cerebral com subtração digital para avaliação da vasculatura bilateral das carótidas internas, externas e vertebrais. Em casos de doença oclusiva aortoilíaca, opta-se pelo acesso radial bilateral (Fig. 1).

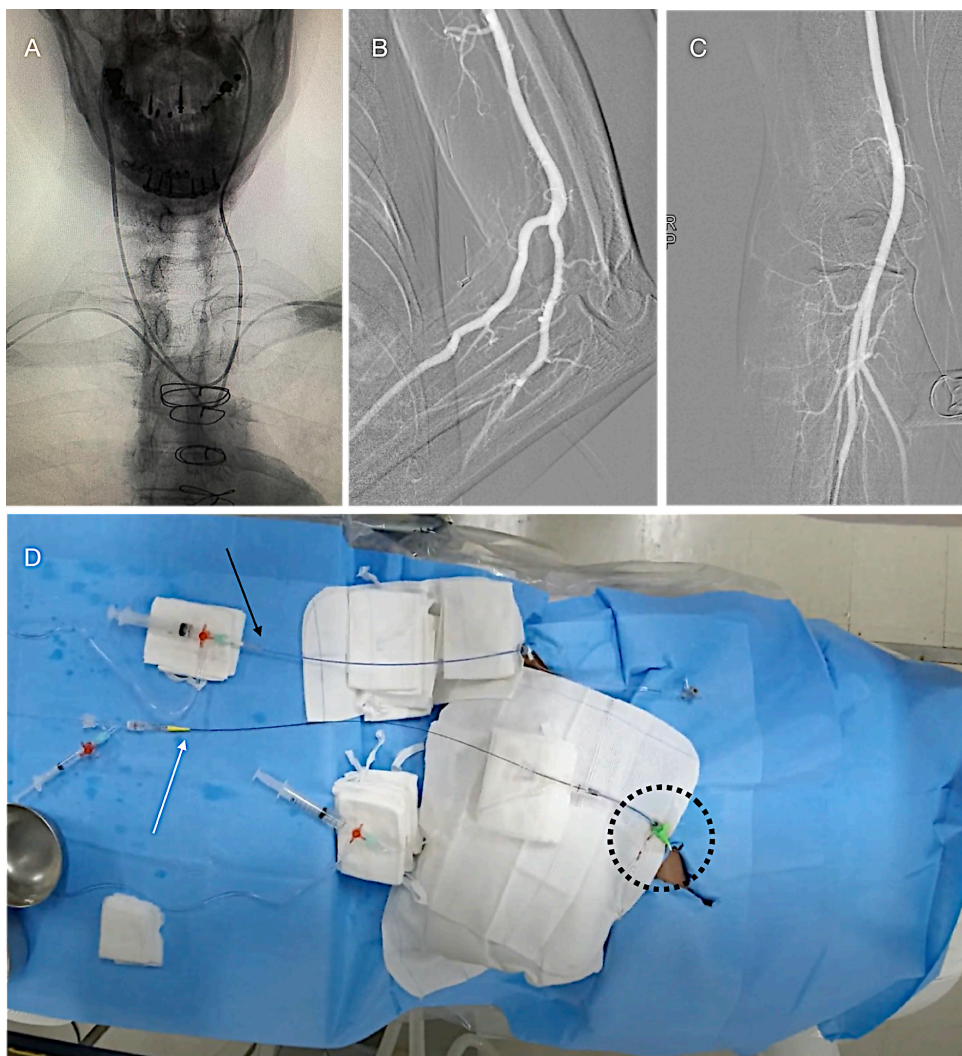


Fig. 1 Teste de oclusão por balão da ACI direita em paciente com doença oclusiva aortoilíaca bilateral e revascularização prévia. A, Radiografia em AP mostrando a disposição cruzada dos cateteres-guia e diagnóstico. B, Roadmap radial esquerdo. C, Roadmap radial direito. D, Acesso radial bilateral, sendo à esquerda pela tabaqueira anatômica (círculo pontilhado), através de bainha radial 6F. Note a disposição dos cateteres: diagnóstico à direita (seta preta) e cateter-guia 6F com microcateter-balão de lúmen simples (seta branca).

Um cateter diagnóstico é posicionado na artéria carótida interna contralateral para controle. E um cateter guia de 6F é mantido continuamente salinizado e posicionado

na artéria carótida comum a ser avaliada. Administradas 3000 unidades padrão de heparina intravenosa no início da angiografia diagnóstica. Um balão complacente é avançado através do cateter guia e posicionado no segmento petroso da ACI. Sob fluoroscopia, o balão é inflado lentamente durante 5 ± 10 segundos com contraste não-iônico. Com o balão inflado, a oclusão da ACI é documentada pela angiografia controle da artéria carótida interna contralateral e vertebral dominante, seguido do esvaziamento do balão. A simetria de drenagem venosa dos hemisférios cerebrais é especificamente procurada durante o TOB (Fig. 2).

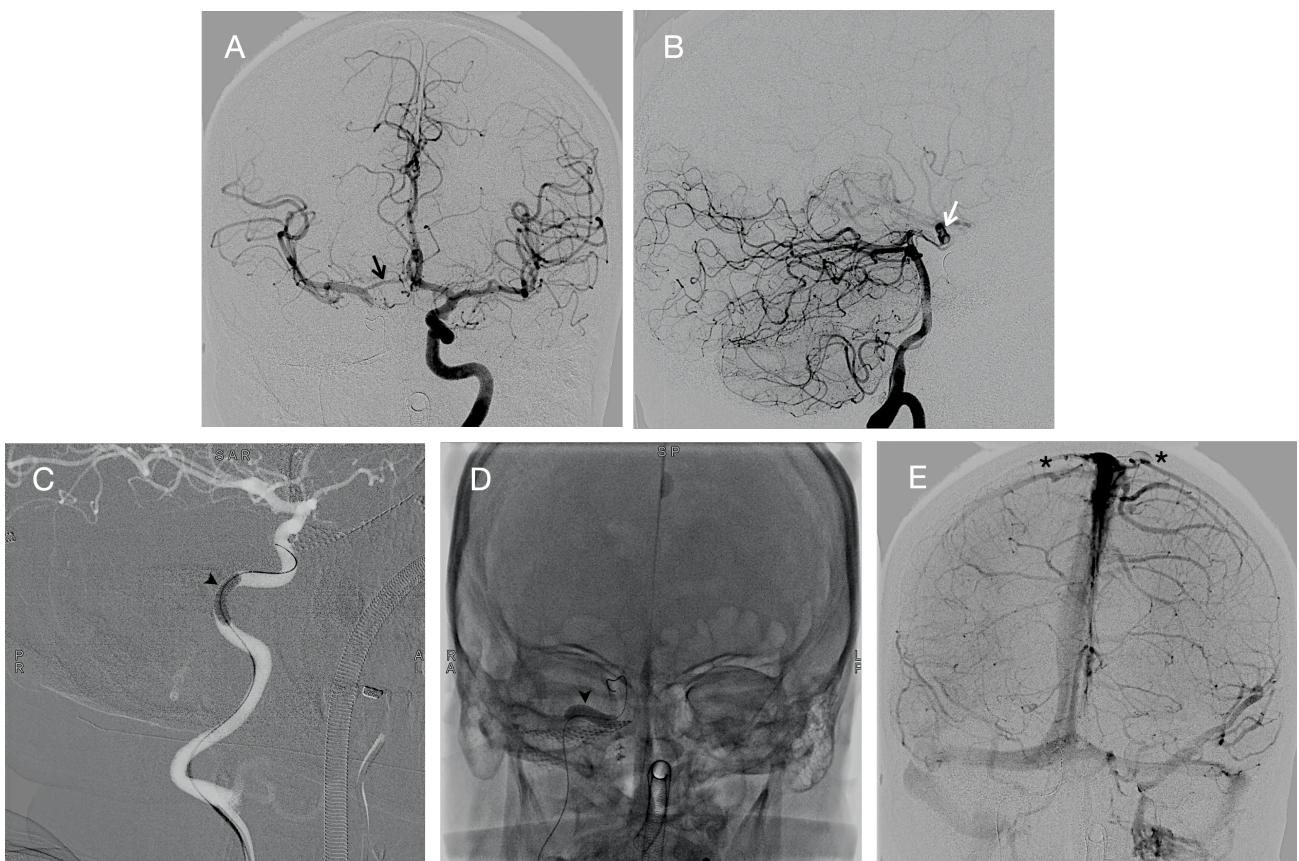


Fig. 2 Teste de oclusão por balão da ACI direita em paciente de 58 anos com sarcoma invadindo a cavidade nasal e espaço carotídeo a direita. A, B O angiografia PA da ACI esquerda e perfil da vertebral dominante demonstra enchimento arterial precoce contralateral através da artéria comunicante anterior - segmento A1 direito hipoplásico (seta preta) - e da artéria comunicante posterior direita (seta branca). C, D Note o balão inflado sob roadmap na topografia do segmento petroso da ACI (cabeça de seta preta). E, A angiografia da ACI esquerda PA durante o TOB confirma a relativa simetria da drenagem venosa (asterisco).

O TOB é considerado negativo (tolera a oclusão da carótida), se houver atraso de, no máximo, 02 segundos comparando a drenagem venosa dos hemisférios cerebrais.

Ao final, após o esvaziamento do balão, uma angiografia de controle é obtida para excluir a presença de qualquer trauma cervical ou intracraniano relacionado ao balão, ou tromboembolismo distal.

Se o enchimento colateral for principalmente via artéria comunicante anterior (ACoA), o enchimento venoso cortical do hemisfério injetado será comparado com o ocluído (Fig. 3). No entanto, se o enchimento colateral for principalmente via artéria comunicante posterior (ACoP), a simetria do enchimento venoso será então comparada entre o hemisfério ocluído e o território de circulação posterior na angiografia vertebral.

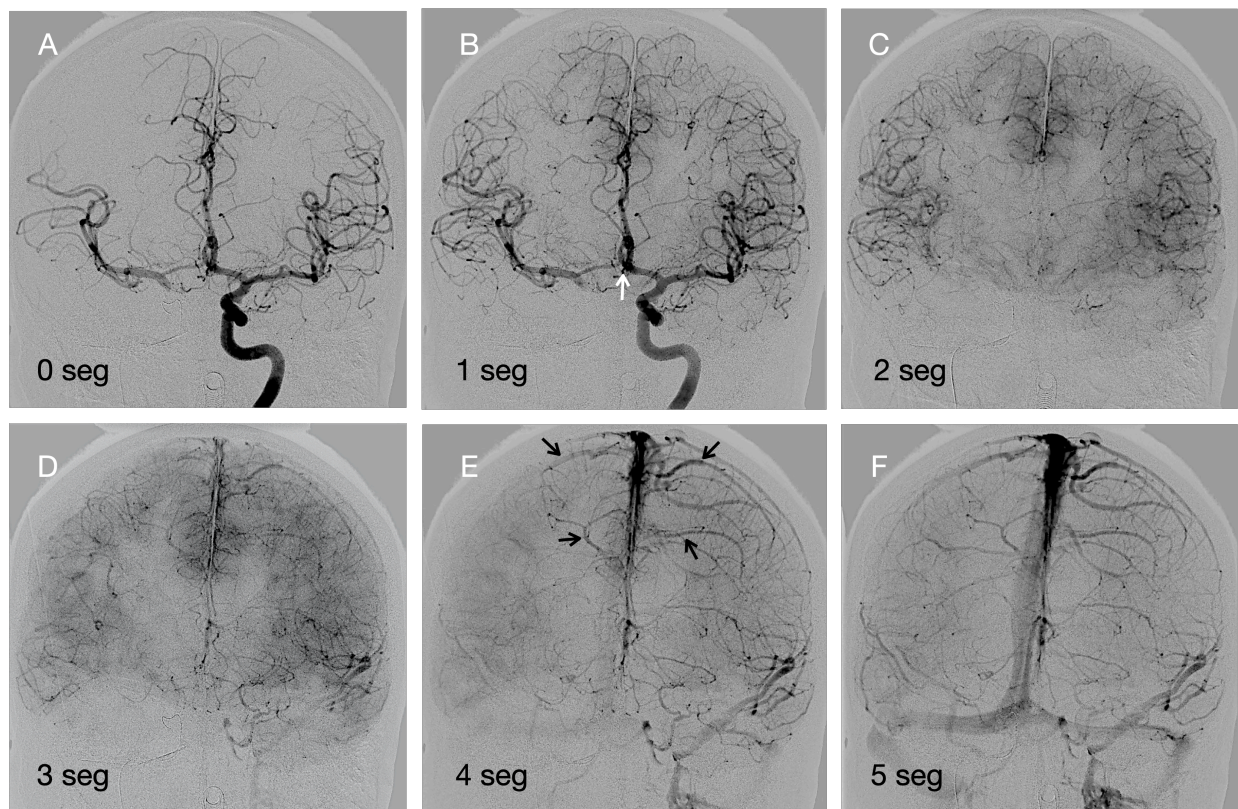


Fig. 3 A angiografia PA demonstra um teste de oclusão da carótida direita com 5 frames/segundo em uma mulher de 35 anos com sarcoma envolvendo a maxila direita. A e B, Fase arterial precoce demonstra excelente preenchimento cruzado pelo ACoA (seta branca). C, D Fase arterial tardia e capilar, respectivamente. E, Fase venosa inicial - mostra o início da fase venosa em ambos os lados (*setas pretas*), marcando o segundo “0”, a partir do qual se identifica a primeira veia de drenagem cortical em qualquer dos hemisférios. F, Um segundo depois, a fase venosa sincrônica torna-se mais evidente em ambos os hemisférios. Este caso representa uma simetria perfeita de enchimento da fase venosa durante a TOB.

1.3.2 Considerações Técnicas do Posicionamento do Balão

A compressão manual da artéria carótida no pescoço, historicamente realizada desde 1914 – conhecida como Teste de Matas – apresenta inúmeras desvantagens tais como a compressão digital simultânea da carótida e veia jugular interna, a redução do fluxo de colaterais provenientes de ramos da carótida externa, além de induzir sintomas secundários ao reflexo-vasovagal. Adicionalmente, algumas séries podiam chegar a 3-4% de complicações, incluindo dissecções assintomáticas e déficits neurológicos.

Refinamentos da técnica tem sido desenvolvidos para reduzirem as complicações relacionadas ao posicionamento do balão, com o avanço tecnológico contínuo dos cateteres, balões e microguias com potencial para redução de complicações para em torno de 0,8%.

Os resultados da TOB são dependentes do posicionamento do balão proximal ou distal na carótida, devido às várias conexões anastomóticas entre a carótida externa e sistema vertebrobasilar, especialmente oftálmica e comunicante posterior, como demonstrado nos desenhos esquemáticos abaixo.

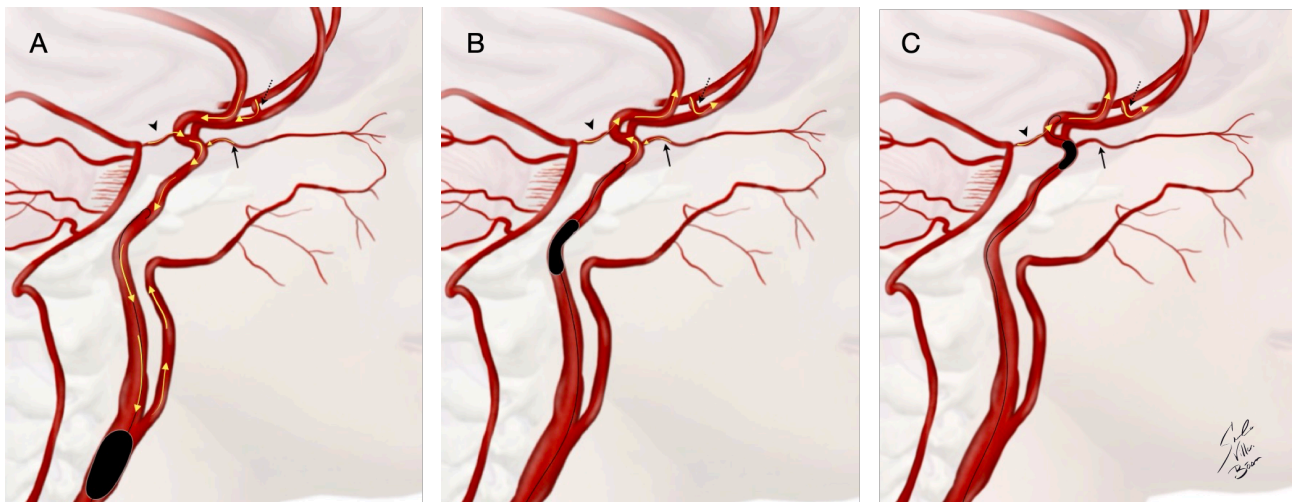


Fig. 4 Desenho esquemático mostrando a dinâmica do fluxo sanguíneo (setas em amarelo) durante o teste de oclusão com balão com boas colaterais. A, Com o balão insuflado na carótida comum, o fluxo sanguíneo proveniente do hemisfério contralateral é direcionado para a ACI estudada, através da ACoA (seta preta tracejada) e ACoP (cabeça de seta) com tendência a inversão do fluxo de ramos da carótida externa e sintomas vaso-vagais. B, Com o balão no segmento petroso da ACI, há redução significativa do fluxo de colaterais provenientes da carótida externa e menor taxa de dissecação comparada ao segmento paraoftálmico. C, Com o balão no segmento oftálmico, o fluxo "aspirativo" proveniente da artéria oftálmica (seta preta) é menor, no entanto é maior o risco de ruptura. O menor calibre da oftálmica, frequentemente observado em casos não acometidos por patologias vasculares, tais como fistula ou MAV's, reduz a influência no balanço de fluxo da circulação anterior.

1.3.3 Técnicas Adjuntas

Com o balão inflado na carótida comum, o fluxo sanguíneo proveniente do hemisfério contralateral é direcionado para a ACI estudada, através da ACoA, ACoP e oftálmica com padrão de inversão do fluxo. Essa dinâmica pode levar a interpretação equivocada de intolerância ao sacrifício da carótida.

Desde 1963, quando Serbinenko passou a utilizar o TOB para avaliação da circulação colateral, o balão foi inflado em diferentes topografias da ACI com balão sendo frequentemente posicionado em nível de C1-3 ACI, sem evidências de vasoespasmo ou complicações. Na rotina do nosso serviço (HCFMRP-USP), o balão é, preferencialmente, posicionado no segmento petroso da ACI. Trata-se um trajeto ósseo, portanto fixo e com

menor taxa de dissecação. A influência de colaterais secundárias, tais como as leptomeníngicas e oftálmica, é frequentemente menor comparada às primárias.

Em casos selecionados, o balão pode ser posicionado no segmento oftálmico da ACI, eliminando o suprimento colateral da oftálmica que pode revelar um candidato de alto-risco não suspeito para ligadura supraclinóide. Além disso, o maior calibre da oftálmica é observado quando a ACI está acometida por patologias neoplásicas ou fístulas, elevando a sua influência no balanço de fluxo da circulação anterior.

Portanto, quanto mais distal o balão estiver posicionado na carótida, menor o fluxo aspirativo proveniente da oftálmica e maior o valor preditivo do teste para eventos isquêmicos. No entanto, deve ser destacado que o risco teórico de complicação relacionado ao procedimento é maior com o balão paraoftálmico na ACI intradural, com potencial para ruptura do vaso com subsequente morbidade e morte.

1.4 Complicações

A TOB cervical padrão não é isenta de riscos. Complicações peri-procedimento são possíveis de serem maiores que a angiografia diagnóstica típica. Matias et al. relataram uma incidência de 0,4% de acidente vascular cerebral permanente relacionado à TOB e uma ocorrência de dissecação de carótida em 1,2%.

As complicações reconhecidas do TOB incluem a ocorrência de ruptura do vaso, dissecação e acidente vascular cerebral isquêmico. Complicações tromboembólicas podem ser atenuadas com o uso de heparinização sistêmica e pequeno intervalo de insuflação temporária. Pode haver lesão da íntima ou da vasa vasorum devido a pressão prolongada pelo balão insuflado, devendo-se considerar o risco em potencial de vasos previamente irradiados. O número limitado de insuflação do balão pode minimizar os danos para a parede vascular.

Os contínuos avanços tecnológicos em cateteres, balões e fios-guia que ocorreram desde os relatos anteriores são possivelmente o maior fator para a redução da incidência de complicações.

2. OCLUSÃO TERAPÊUTICA ENDOVASCULAR DE CARÓTIDA

2.1 Introdução

A oclusão da ACI pode ser uma opção terapêutica para os casos que toleram a TOB, sendo uma potencial indicação em casos de aneurismas gigantes, lesões traumáticas da carótida, fistulas carótido-cavernosas e tumores da base de cabeça e pescoço. Os pacientes podem ser tratados com embolização com molas, divisor de fluxo, cirurgia de bypass ou terapia conservadora. O tratamento dos aneurismas de ACI grandes e gigantes pode ser cirúrgico, endovascular ou uma combinação deles. Nas últimas décadas, técnicas endovasculares tem substituído a cirurgia para estes aneurismas.

O manejo de aneurismas complexos intracranianos envolve técnicas “reconstrutivas”, que se referem a preservação do vaso utilizando clipagem microcirúrgica, embolização endovascular com coils, com ou sem stent, e divisores de fluxo, enquanto as “desconstrutivas” requerem a oclusão do vaso portador. Estratégias oclusivas são frequentemente indicadas em situações específicas, tais como em pacientes com hemorragia subaracnóide, onde as opções cirúrgicas são restritas e o tratamento endovascular envolve o implante de stent ou divisor de fluxo com necessidade de anticoagulação ou terapia antiplaquetária; e devido a múltiplos fatores, tais como aneurismas gigantes, dissecantes, origem de ramo a partir do aneurisma ou localizado na base do crânio. Em tais situações, o sacrifício do vaso portador pode ser indicado, especialmente se tolerante a oclusão.

2.2 Considerações Técnicas

2.2.1 Aneurismas Saculares Gigantes

Especialmente em aneurismas gigantes, existe uma grande necessidade de tratar o paciente, uma vez que a taxa de ruptura em 12 meses pode chegar a 25%, com uma letalidade média de 40% em grupo de tratamento endovascular ou cirúrgico.

O manejo ideal dos aneurismas envolve a oclusão do aneurisma com a preservação do vaso portador. Em algumas situações, entretanto, os aneurismas não podem ser clipados diretamente por causa de seu tamanho, configuração ou localização. Similarmente, apesar dos avanços nas técnicas endovasculares tais como remodelamento por balão, embolização assistida por stent, a obliteração com preservação do vaso portador pode não ser possível, pode incorrer em significativa morbidade, ou pode ser improvável obter resultados duráveis. Em tais casos, particularmente em pacientes com aneurismas gigantes de colo largo, a oclusão da carótida por via endovascular ou cirúrgica se apresenta como uma opção razoável (Fig. 5).

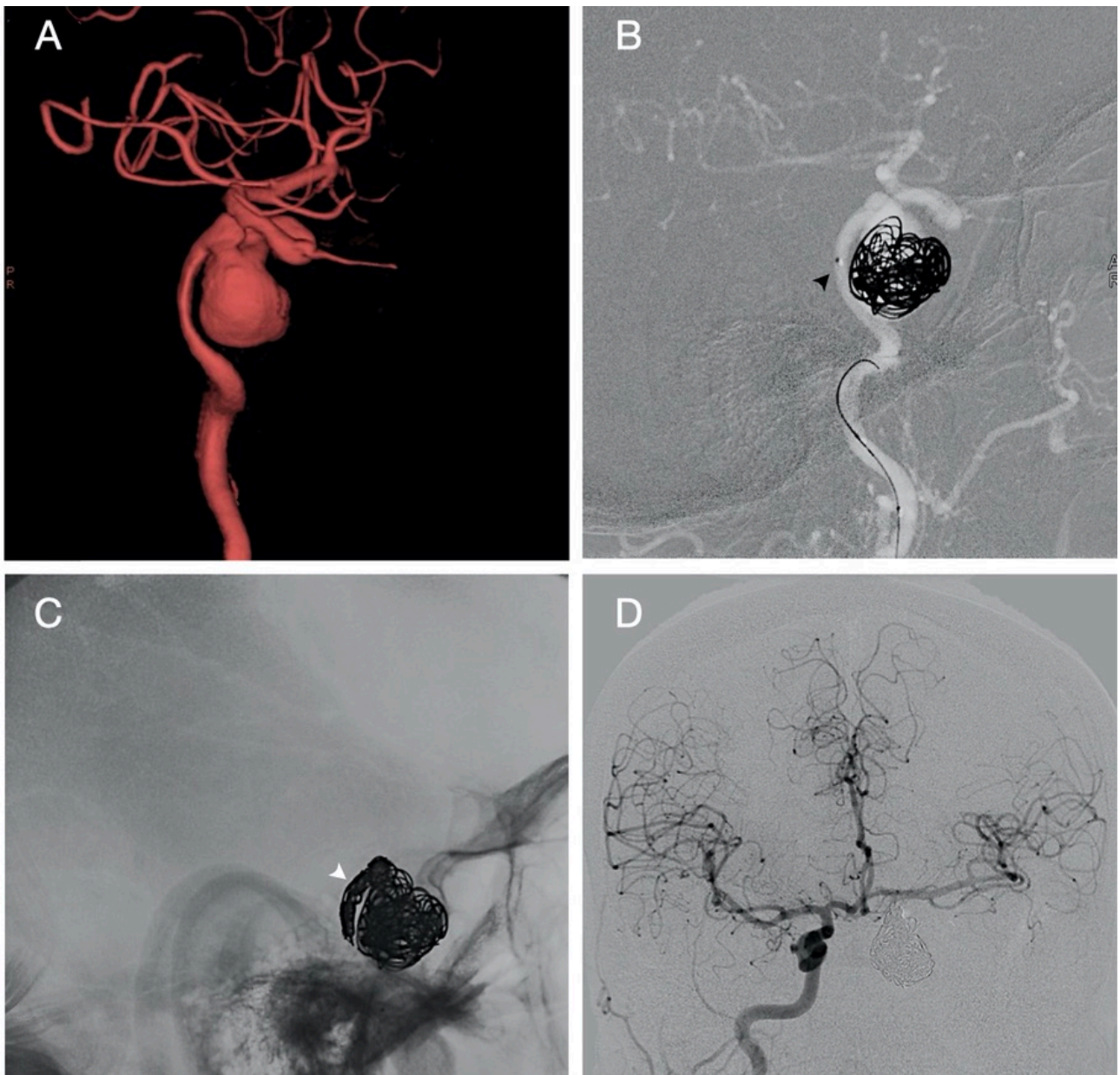


Fig. 5 Embolização com trapping de aneurisma fusiforme de segmento cavernoso da ACI esquerda em paciente de 64 anos com paresia do VI nervo a esquerda. A, Angiografia com reconstrução em 3D mostrando um aneurisma gigante fusiforme de segmento cavernoso da ACI esquerda. B, Embolização inicial do saco aneurismático com reposicionamento do microcateter (cabeça de seta preta) no segmento proximal do vaso portador do aneurisma com técnica de Trapping. C, Disposição das molas com extensão para o segmento proximal do vaso portador (cabeça de seta branca). D, Controle angiográfico após a oclusão completa da ACI esquerda, com enchimento arterial simétrico da circulação anterior.

Se há evidência de reserva cerebral insuficiente, um bypass extra-intracraniano pode ser realizado e então um trapping cirúrgico ou oclusão endovascular da ICA com molas. A oclusão endovascular parece ser o método preferido de oclusão carotídea. Comparada a ligadura cirúrgica da ICA, as vantagens do tratamento endovascular incluem

a habilidade de ocluir a artéria portadora próximo ao aneurisma, evitar a formação de uma coluna longa de trombo intraluminal e o potencial para complicações tromboembólicas, ocluir o aneurisma junto com a artéria portadora e probabilidade maior de sucesso.

Mesmo que o paciente seja tolerante ao TBO, deve ser reconhecido que existe morbidade e mortalidade associada a terapia oclusiva. Os fatores de risco notados para eventos isquêmicos após o sacrifício da carótida, incluem elevação da pressão arterial sistólica durante o TBO, homens e acima de 50 anos de idade.

Os desviadores de fluxo têm modificado a história natural dos aneurismas gigantes, com relato de oclusão angiográfica do aneurisma de mais de 95% em 5 anos, com baixas taxas de complicações tardias. Mesmo no contexto da hemorragia subaracnóidea (HSA), o diversor de fluxo pode ser efetivo desde que o domus do aneurisma esteja protegido com coils, apesar da necessidade da dupla terapia antiplaquetária.

No entanto, em subgrupos de paciente com HSA de alto grau ou que serão submetidos a outras modalidades de tratamento cirúrgico, tal como derivação ventricular, a oclusão terapêutica da carótida pode ser uma alternativa eficaz. Em grupos altamente selecionados, os autores alcançaram oclusão completa em cerca de 90% dos aneurismas com bom desfecho (Rankin 0 ou 1) dos quais 50% se apresentaram com HSA.

2.3 Tumores Malignos de Cabeça e Pescoço

Um dos fatores prognósticos mais impactantes é a ressecção cirúrgica com margens negativas dos carcinomas de cabeça e pescoço. Mesmo em casos avançados envolvendo a artéria carótida, apesar da baixa taxa de sobrevida (25% em 5 anos para estágio IV), a cirurgia pode reduzir a incidência de sequelas com risco de vida, como formação de fístula, erosão da parede faríngea ou hemorragia tumoral aguda.

Os pacientes com indicação de oclusão pré-operatória incluem aqueles cujas artérias carótidas são invadidas por carcinomas que respondem menos a radioterapia, ou qualquer carcinoma residual ou recorrente de cabeça/ pescoço.

A apresentação clínica mais comum é uma massa fixa no pescoço. A angiografia é incapaz de prever a invasão da parede arterial. O envolvimento da artéria carótida circunferencial de pelo menos 270 graus deve ser confirmado por ressonância magnética, tomografia computadorizada ou ultrassom, que avaliam a invasão da parede arterial com alta sensibilidade e especificidade.

Para os casos que demonstram tolerância ao teste de oclusão por balão permitindo a ressecção da carótida sem necessidade de reconstrução, a embolização pré-operatória da ICA pode minimizar a perda sanguínea cirúrgica e complicações tromboembólicas pós-procedimento. A embolização com molas do segmento petroso da carótida pré-oftálmica tem ajudado a evitar a embolização distal após a ressecção cirúrgica. (Fig. 6). Após a estabilização do coágulo, a ressecção cirúrgica pode ser realizada em 2 a 6 semanas após.

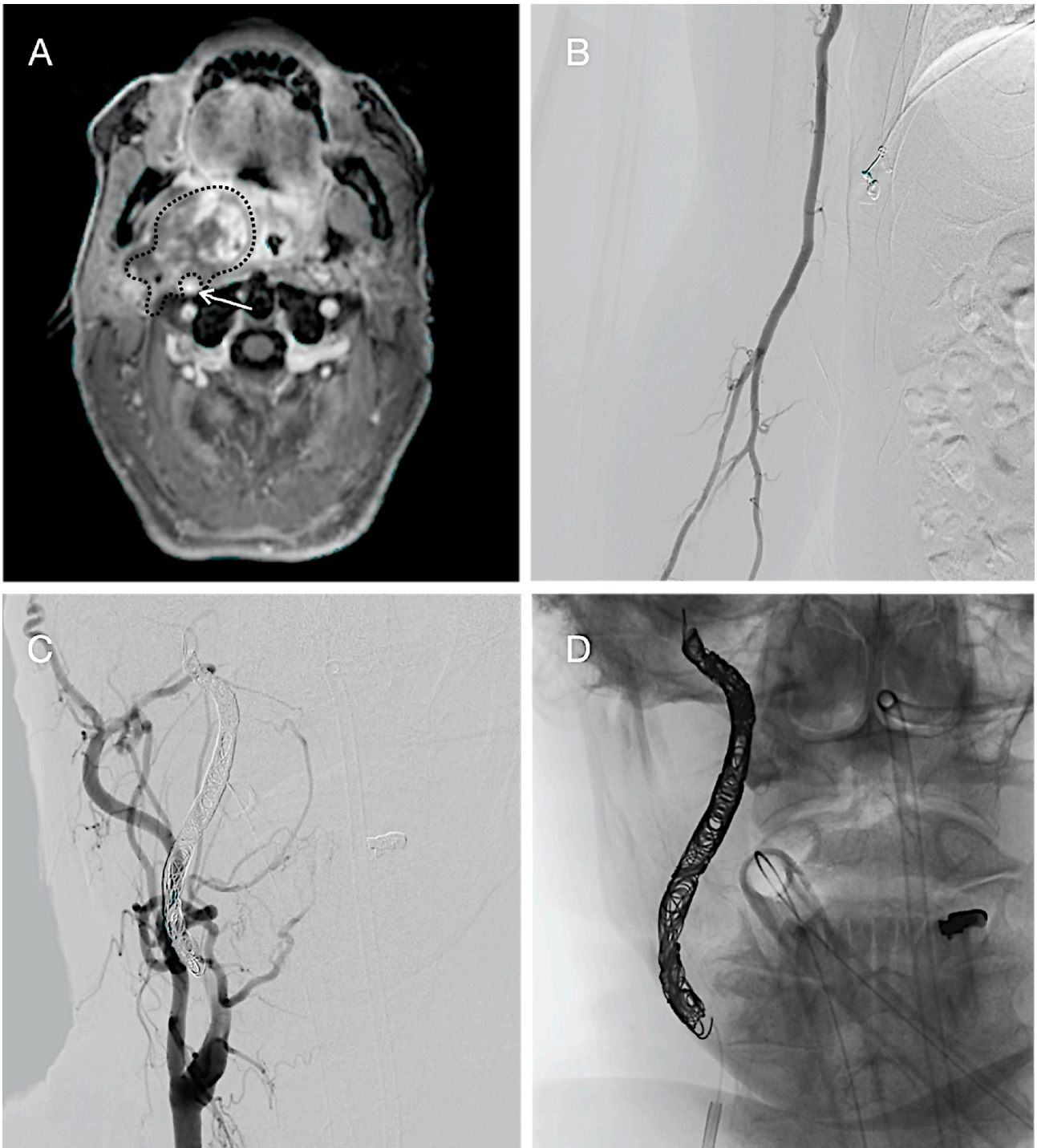


Fig. 6 Oclusão terapêutica endovascular de ACI direita pré-operatória de cirurgia de CEC de orofaringe em paciente de 75 anos. A, Ressonância cervical mostrando volumoso tumor (linha tracejada preta) parafaríngeo alto, em nível de C2, com envolvimento circunferencial da artéria carótida interna > 200 graus (seta branca). Há uma alta probabilidade de invasão carotídea pelo tumor. B, Acesso via artéria radial. C, Controle angiográfico em PA após oclusão endovascular da carótida interna. D, Radiografia em PA demonstrando a disposição das espirais metálicas desde o segmento petroso envolvido pelo tumor até o segmento proximal da carótida interna direita.

O “blowout”, ou ruptura, da carótida é um termo amplo e pode incluir qualquer ramo da artéria carótida extracraniana, que pode se apresentar como extravasamento, pseudoaneurisma ou fístula arteriovenosa por inúmeras causas e pode levar a hemorragia aguda transoral ou transcervical. A causa mais associada ao blowout de ramos da carótida é a radioterapia. A radiação enfraquece a parede arterial com um aumento de 7 vezes no risco de blowout (Fig. 7).

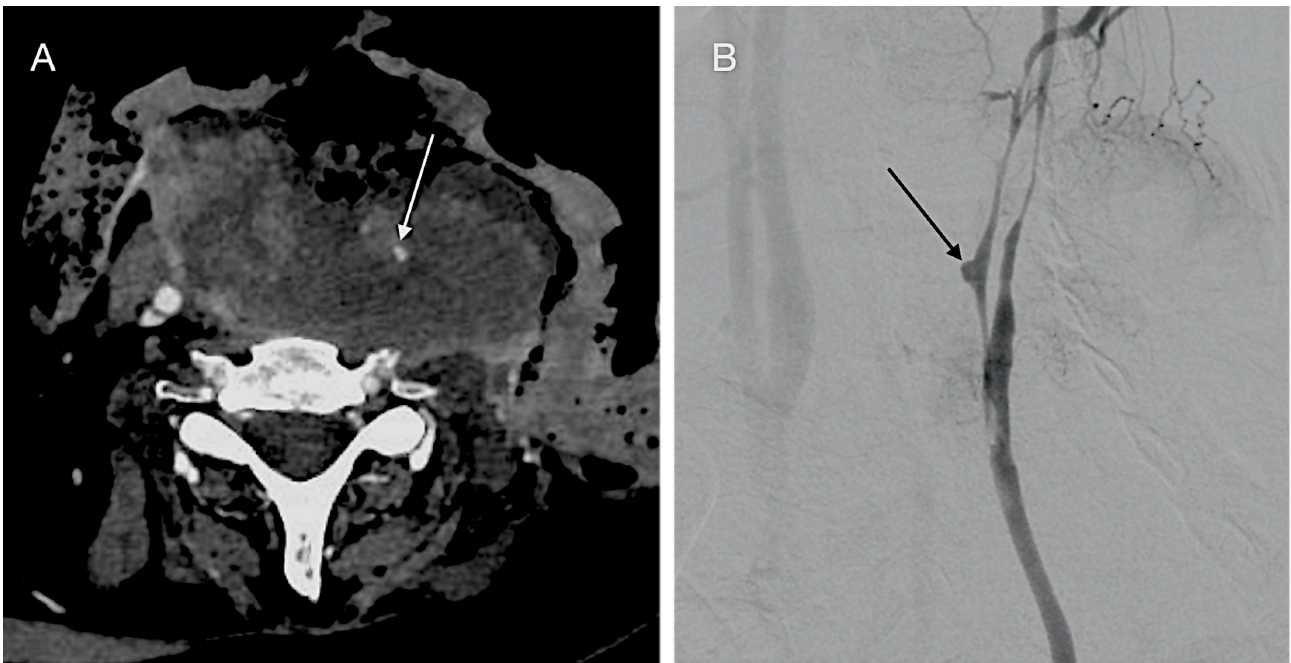


Fig. 7 Sexo feminino, 54 anos, traqueostomizada, após radioterapia paliativa de CEC de orofaringe com hemorragia transcervical de grande volume. A, Angiotomografia computadorizada com lesão expansiva com realce heterogêneo, invasão do espaço carotídeo a esquerda, múltiplos focos de necrose e ulcerações superficiais. Note pequena formação sacular hiperdensa (seta branca) envolvida pelo tumor. B, Pseudoaneurisma em ramo da carótida externa (seta preta), com afilamento extenso das carótidas interna e ramos da externa esquerda.

O tratamento cirúrgico sozinho está associado a uma taxa de 60% de complicações neurológicas e 40% de mortalidade. Os avanços da terapia endovascular tem reduzido substancialmente a mortalidade e morbidade, sendo este a o tratamento de escolha para essa emergência.

As técnicas de oclusão variam dependendo da anatomia e do intervencionista, sendo as principais a interrupção temporária do fluxo proximal e a liberação de espirais metálicas. Uma das estratégias utilizadas para oclusão da carótida é a técnica de dupla cateterização assistida por balão de duplo lúmen (Fig. 8).

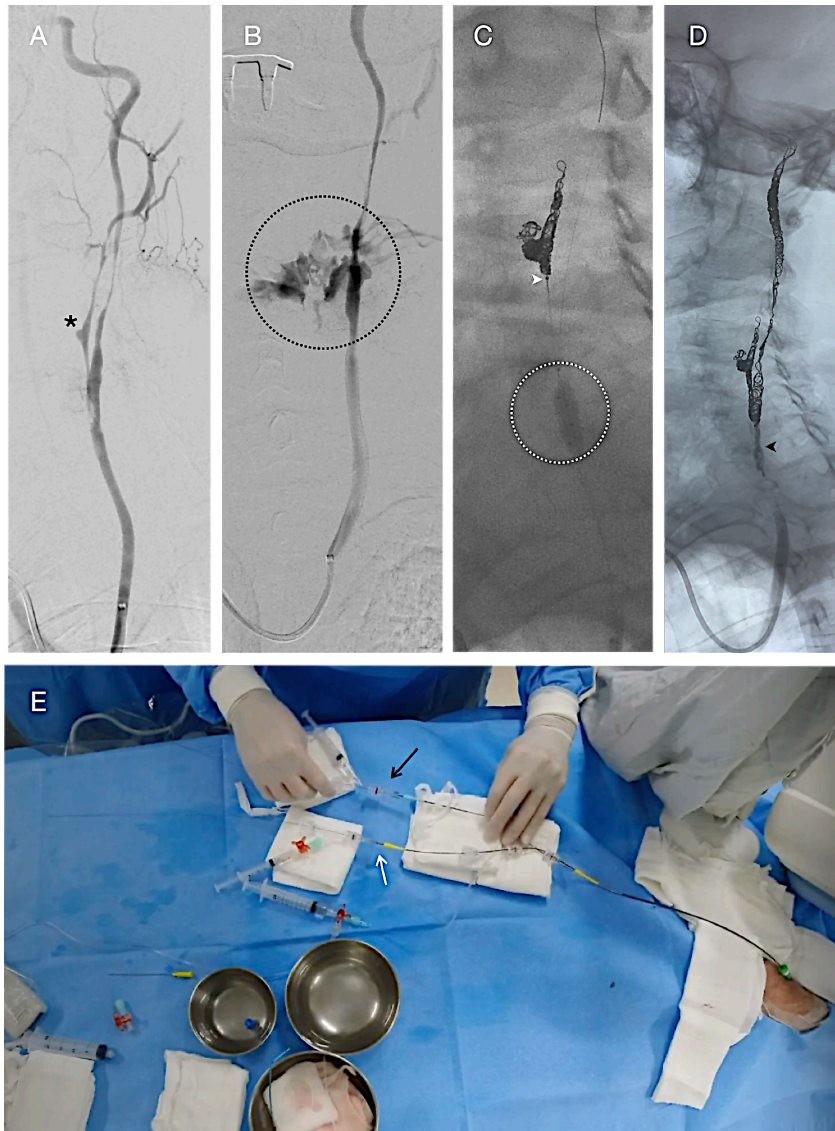


Fig. 8 Técnica de dupla cateterização assistida por balão de duplo lúmen, via acesso radial, para tratamento de blowout por pseudoaneurisma de ramo da carótida externa. A, Pseudoaneurisma em ramo da carótida externa (asterisco). B, Extravasamento de contraste (círculo preto pontilhado) durante o procedimento. C, Balão inflado (círculo branco pontilhado) na carótida comum em posição proximal ao local de oclusão desejado para controle inicial do sangramento agudo. Note o microcatheter (cabeça de seta branca) posicionado em topografia mais distal para liberação das espirais metálicas, com trapping inicial de segmento da carótida externa envolvido pelo pseudoaneurisma. D, Controle angiográfico sem subtração demonstra a oclusão completa da carótida comum com uso de espirais metálicas e NBCA (cabeça de seta preta). E, Disposição em campo do balão de duplo-lúmen (seta branca) e do microcatheter (seta preta) para liberação das espirais metálicas.

Um protocolo de tratamento desenvolvido no nosso serviço desde 2005 para o manejo de sangramento agudo no contexto dos tumores de cabeça e pescoço, baseada principalmente em achados angiográficos, sugere a oclusão da artéria com molas e/ ou NBCA quando apresenta evidências de lesões arteriais com extravasamento de meio de contraste ativo ou pseudoaneurismas da carótida ou seus ramos.

2.2.3 Fistula Carótido-Cavernosa Direta

As fistulas carótido-cavernosas (FCC) diretas são comunicações anormais entre o sistema arterial carotídeo e o seio cavernoso, geralmente associadas a alto fluxo. Ocorrem a partir de uma ruptura traumática no segmento cavernoso da ACI ou, menos comumente, da ruptura intracavernosa de um aneurisma da ACI. A FCC permite que o sangue arterial transmita a sua pressão diretamente para o seio cavernoso e, conseqüentemente, às suas veias de drenagem, levando à hipertensão venosa. A apresentação clássica para um FCC direta de alto fluxo é o desenvolvimento repentino da tríade de Dandy: exoftalmia, sopro e quemose conjuntival (Fig. 9).

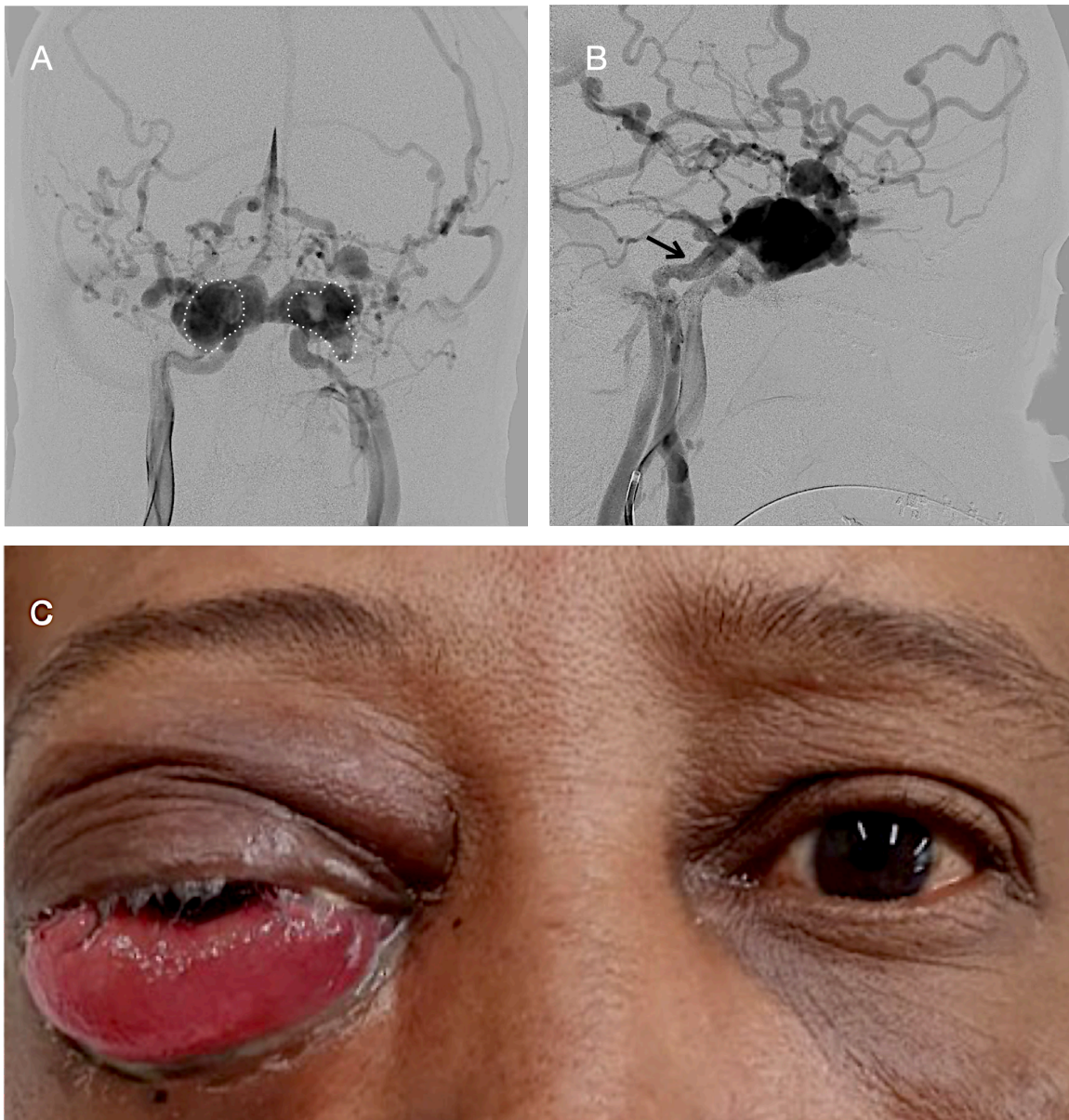


Fig. 9 Paciente do sexo masculino, 28 anos, com congestão ocular à direita e baixa acuidade visual bilateral após traumatismo cranioencefálico. A, B, Angiografia com subtração digital em PA e perfil da artéria carótida interna direita demonstra uma fístula carotído-cavernosa direta de alto fluxo com enchimento dos seios cavernosos bilateralmente (pontilhado branco), refluxo venoso multidirecional para os sistemas venosos cortical, petroso (seta preta) e ausência de contrastação do hemisfério cerebral direito. C, Acentuada quemose conjuntival do olho direito após 7 dias do trauma.

O objetivo do tratamento nas FCC's diretas é ocluir o orifício entre a ACI e o seio cavernoso, preservando a patência da ACI. Raramente, se a falha for grande e não puder ser reparada, ou como tratamento de emergência devido hemorragia ativa ou hematoma em expansão, a carótida pode ser ocluída.

A oclusão da ACI pode ser realizada por meio de várias técnicas endovasculares, com remodelamento por balão ou stent, balão destacável e plug vascular. A oclusão da ACI ipsilateral é realizada através da embolização com molas em uma abordagem distal-proximal para prevenir o enchimento arterial retrógrado da fístula da ACI supraclínóidea (Fig. 10).



Fig. 10 Angiografia controle com opacificação do hemisfério cerebral direito através da circulação colateral. A, B, Controle angiográfico vertebral em PA e perfil após a oclusão da ACI direita com contrastação do território da cerebral média direita através da comunicante posterior direita (cabeça de seta). Note a contrastação retrógrada da artéria oftálmica direita (seta branca). C, Melhora completa da quemose conjuntival após 30 dias da embolização.

Se não for possível navegar por um balão ou microcateter além da fístula para permitir o controle distal, um microcateter é posicionado no segmento supraclinóideo da artéria carótida *através* das artérias comunicantes anterior ou posterior com o auxílio de fluxo retrógrado para a fístula (Fig. 11). O cateterismo retrógrado da artéria carótida com o uso do círculo de Willis já foi bem descrito, geralmente quando uma abordagem ipsilateral é contraindicada por causa da oclusão do vaso proximal.

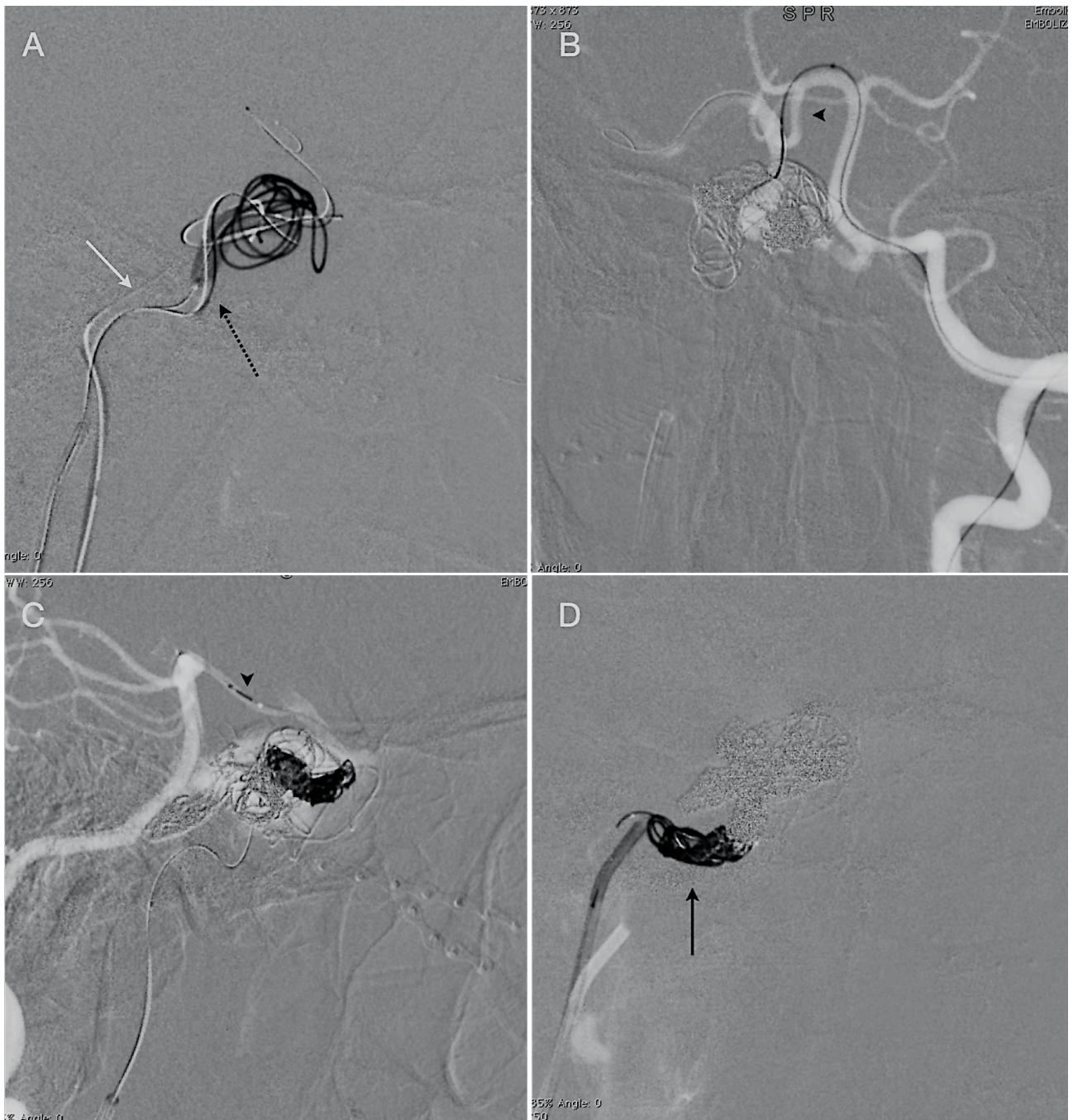


Fig. 11 Técnica de trapping de fístula carótida-cavernosa direta através da combinação de oclusão proximal com remodelamento por balão e embolização distal com molas por cateterização retrógrada da carótida interna ipsilateral. A, Liberação de espirais metálicas no interior do seio cavernoso, simultaneamente, por via arterial (seta pontilhada preta) e venosa (seta branca) com remodelamento por balão. Notado que o shunt retrógrado para a fístula era acentuado e impedia que a carótida interna direita fosse ocluída, porque o cast de molas ficava instável e continuava migrando para o seio cavernoso. B, C, Navegação com microcateter até o segmento supraclinóideo da artéria carótida interna direita através da comunicante posterior direita (cabeça de seta preta) com o auxílio do fluxo retrógrado para a fístula. D, Finalização do trapping com liberação de espirais metálicas no segmento proximal (seta preta) com exclusão da fístula.

2.3 Cuidados pós-procedimento

Os pacientes são admitidos em unidade de terapia intensiva para monitorização rigorosa do estado neurológico e da pressão arterial. A pressão arterial média é mantida 10% acima dos níveis pré-procedimento utilizando soluções colóides ou, eventualmente, drogas vasoativas, por pelo menos 48 horas. A heparinização profilática é mantida pelo mesmo período, como forma de evitar aspiração de trombos da ACI ocluída para territórios distais, principalmente para a artéria oftálmica, resultando em perda visual aguda.

Ambulatorialmente, agentes anti-hipertensivos são evitados ou, adiados por uma semana, podendo ser reintroduzidos lentamente em nível primário. Monitoramento pós-procedimento próximo é essencial para evitar complicações como o acidente vascular cerebral isquêmico, devendo-se evitar hipotensão.

2.4 Seguimento

Formação de aneurismas “de novo” é um risco potencial após o sacrifício da carótida. Novos aneurismas têm sido encontrados em 1 a 10% de pacientes submetidos a ligadura carotídea, uma taxa que claramente é maior que na população em geral, podendo desenvolver mesmo após 20-25 anos de seguimento, com localização preferencial em ACoA e junto a ACoP. A progressão de aneurismas pré-existentes também tem sido relatada. Essas mudanças são resultado das alterações dinâmicas do fluxo no polígono de Willis após a oclusão carotídea. Portanto, tem-se recomendado o tratamento de qualquer aneurisma associado antes do sacrifício carotídeo e seguimento radiológico periódico para detectar aneurismas de novo. No contexto de HSA, pacientes que antes toleravam o TOB podem passar a não tolerar, se o vasoespasmos se desenvolve vários dias depois. Uma alternativa, seria a embolização parcial do aneurismas e avaliação posterior de oclusão carotídea após a fase de vasoespasmos.

2. CONCLUSÃO

O TOB com avaliação angiográfica da fase venosa é um método confiável para avaliar a capacidade de tolerar clinicamente a perda permanente de uma ACI. O sacrifício carotídeo é considerado possível quando o atraso é de no máximo 2 segundos. A oclusão terapêutica endovascular da carótida continua a ser um meio seguro e eficaz de tratar uma variedade de patologias, incluindo aneurismas gigantes, lesões traumáticas da carótida, fistulas carótido-cavernosas e tumores de cabeça e pescoço.

\

3. BIBLIOGRAFIA

1. MATHIS, J M. Temporary balloon test occlusion of the internal carotid artery: experience in 500 cases. **Ajnr Am J Neuroradiol**, [s. l], v. 16, n. 4, p. 749-754, abr. 1995.
2. EZURA M. Combined intravascular parent artery and ophthalmic artery occlusion for giant aneurysms of the supraclinoid internal carotid artery. **Surg Neurol**, 47: 360 ± 363, 1997.
3. TARR, R W. Complications of preoperative balloon test occlusion of the internal carotid arteries: experience in 300 cases. **Skull Base Surg**, 1:240–244, 1991.
4. CHAUDHARY N. Intracranial endovascular balloon test occlusion - indications, methods, and predictive value. **Neurosurg Clin N Am**. 2009 Jul;20(3):369-75.
5. RUTGERS D R. A longitudinal study of collateral flow patterns in the circle of Willis and the ophthalmic artery in patients with a symptomatic carotid occlusion. **Stroke**.2000; 31:1913–1920.
6. LINSKEY M E. Aneurysms of the intracavernous carotid artery: a multidisciplinary approach to treatment. **J Neurosurg** 1991;75:525-534.
7. HIGASHIDA R T. Endovascular detachable balloon embolization therapy of cavernous carotid artery aneurysms: results in 87 cases. **J Neurosurg** 1990;72:857-86.
8. GONZALEZ C F Balloon occlusion of the carotid artery prior to surgery for neck tumors. **AJNR Am J Neuroradiol** 1990;11:649-652.
9. BERENSTEIN, Alejandro. Transvascular treatment of giant aneurysms of the cavernous carotid and vertebral arteries. Functional investigation and embolization. **Surg Neurol**, v. 1, n. 21, p. 3-12, jan. 1984.
10. WALCOTT, Brian P. Flow Diversion for the Treatment of Intracranial Aneurysms. **Jama Neurol**, [s. l], v. 73, n. 8, p. 1002-1008, ago. 2016.
11. NERVA, John D. Pipeline Embolization Device as primary treatment for blister aneurysms and iatrogenic pseudoaneurysms of the internal carotid artery. **J Neurointerv Surg**, v. 7, n. 3, p. 210-216, mar. 2015.
12. CHEN, D. Epistaxis originating from traumatic pseudoaneurysm of the internal carotid artery: diagnosis and endovascular therapy. **Laryngoscope**, v. 108, n. 3, p. 326-331, mar. 1998.
13. WALCOTT, Brian P. Balloon Test Occlusion. **Intracranial Aneurysms**, [s. l], p. 387-395, jan. 2018.

14. ABUD, Daniel Giansant. Venous phase timing during balloon test occlusion as a criterion for permanent internal carotid artery sacrifice. **Ajnr Am J Neuroradiol**, v. 26, n. 10, p. 2602-2609, nov. 2005.
15. Standard, S. C., et al. (1995). Balloon test occlusion of the internal carotid artery with hypotensive challenge. **American Journal of Neuroradiology**, 16, 1453–1458.
16. LINSKEY, M e. Stroke risk after abrupt internal carotid artery sacrifice: accuracy of preoperative assessment with balloon test occlusion and stable xenon-enhanced CT. **Ajnr Am J Neuroradiol**, v. 15, n. 5, p. 829-843, 15 maio 1994.
17. RYU, Y H. HMPAO SPECT to assess neurologic deficits during balloon test occlusion. **J Nucl Med**, v. 37, n. 4, p. 551-554, abr. 1996.
18. BRUNBERG J A. H₂ O Positron Emission Tomography Determination of Cerebral Blood Flow during Balloon Test Occlusion of the Internal Carotid Artery. **AJNR Am J Neuroradio**, 15:725-732 , Apr 1994.
19. STEED, D L. Clinical observations on the effect of carotid artery occlusion on cerebral blood flow mapped by xenon computed tomography and its correlation with carotid artery back pressure. **J Vasc Surg**, v. 11, n. 1, p. 38-43, jan. 1990.
20. GILLER, Cole A.. Prediction of tolerance to carotid artery occlusion using transcranial Doppler ultrasound. **Neurosurgery**, v. 81, n. 1, p. 15-19, jul. 1994.
21. LESLEY, W S. Selective use of the paraophthalmic balloon test occlusion (BTO) to identify a false-negative subset of the cervical carotid BTO. **Minim Invasive Neurosurg**, v. 49, n. 1, p. 34-36, fev. 2006.
22. BECHAN, R s. Therapeutic Internal Carotid Artery Occlusion for Large and Giant Aneurysms: A Single Center Cohort of 146 Patients. **Ajnr Am J Neuroradiol**, v. 37, n. 1, p. 125-129, jan. 2016.
23. VAN ROOIJ, W.J.. Endovascular Treatment of Large and Giant Aneurysms. **Ajnr Am J Neuroradiol**, v. 30, n. 1, p. 12-18, jan. 2009.
24. FENNELL, Vernard S.. Parent Vessel Sacrifice in Endovascular Surgery. Intracranial Aneurysm. **Intracranial Aneurysms**, n. 25, p. 397-410, jan. 2018.
25. DENGLER, Julius. Giant intracranial aneurysms: natural history and 1-year case fatality after endovascular or surgical treatment. **J Neurosurg**, p. 1-9, 6 dez. 2019.
26. GURIAN, J H. Aneurysm rupture after parent vessel sacrifice: treatment with Guglielmi detachable coil embolization via retrograde catheterization: case report. **Neurosurgery**, v. 37, n. 6, p. 1216-1220, dez. 1995.
27. CHEN, Peng Roc. Spontaneous systolic blood pressure elevation during temporary balloon occlusion increases the risk of ischemic events after carotid artery occlusion. **Neurosurgery**, v. 63, n. 2, p. 256-264, ago. 2008.
28. BECSKE, Tibor. Long-Term Clinical and Angiographic Outcomes Following Pipeline Embolization Device Treatment of Complex Internal Carotid Artery Aneurysms: Five-

- Year Results of the Pipeline for Uncoilable or Failed Aneurysms Trial. **Neurosurgery**, v. 80, n. 1, p. 40-48, 5 dez. 2016.
29. NATARAJAN, Sabareesh K. Flow Diversion after Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. **Neurosurg Clin N Am**, v. 28, n. 3, p. 375-388, jul. 2017.
30. KUMAR, Nishant Ganesh. Parent vessel occlusion for treatment of cerebral aneurysms: Is there still an indication? A series of 17 patients. **J Neurol Sci**, v. 372, p. 250-255, 15 jan. 2017.
31. WEISLER M. Head and neck cancer: emerging perspectives. **Otolaryngol Head Neck Surg**. 2004;130(3):395.
32. HE X B. Treatment of recurrent head and neck carcinoma involving the carotid artery: carotid reconstruction with ePTFE graft. **Eur Arch Otorhinolaryngol**. 2011;268(12):1817–1822
33. FREEMAN S B. Advanced cervical metastasis involving the carotid artery. **Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg**. 2005;13(2):107–111.
34. YOUSEM D M. Resectability issues with head and neck cancer. **AJNR Am J Neuroradiol**. 2006;27(10):2024–2036.
35. LESLEY W S. Preliminary experience with endovascular reconstruction for the management of carotid blowout syndrome. **AJNR Am J Neuroradiol**. 2003;24(5):975–981
36. COHEN J. Contemporary management of carotid blowout. **Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg**. 2004;12(2):110–115.
37. CHALOUPKA J C. Recurrent carotid blowout syndrome: diagnostic and therapeutic challenges in a newly recognized subgroup of patients. **AJNR Am J Neuroradiol**. 1999;20(6):1069–1077.
38. WALCOTT B P. Parent Vessel Occlusion via the Balloon-Assisted, Dual Microcatheter Technique. **Asian J Neurosurg**. 2020;15(3):726-729.
39. BOAS, P P Vilas. Endovascular Management of Patients with Head and Neck Cancers Presenting with Acute Hemorrhage: A Single-Center Retrospective Study. **Cardiovasc Intervent Radiol**, [s. l], v. 40, n. 4, p. 510-519, abr. 2017.
40. TJOUMAKARIS, Stavropoula I. Neuroendovascular management of carotid cavernous fistulae. **Neurosurg Clin N Am**, v. 20, n. 4, p. 447-452, out. 2009.
41. Ringer AJ, Salud L, Tomsick TA. Carotid cavernous fistulas: anatomy, classification, and treatment. **Neurosurg Clin N Am**. 2005;16:279–295.
42. GEMMETE, Joseph J. Endovascular techniques for treatment of carotid-cavernous fistula. **J Neuroophthalmol**, v. 29, n. 1, p. 62-71, mar. 2009.
43. HIGASHIDA, R T. Interventional neurovascular treatment of traumatic carotid and

vertebral artery lesions: results in 234 cases. **Ajr Am J Roentgenol**, v. 153, n. 3, p. 577-582, set. 1989.

44. UYSAL, Ender. Endovascular trapping of direct carotid-cavernous fistula. **Journal Of Clinical Neuroscience**, v. 17, n. 3, p. 392-394, mar. 2010.
45. BRIGANTI, F. Development of "de novo" aneurysms following endovascular procedures. **Neuroradiology**, v. 44, n. 7, p. 604-609, jul. 2002.
46. ELHAMMADY, M S. Carotid artery sacrifice for unclippable and uncoilable aneurysms: endovascular occlusion vs common carotid artery ligation. **Neurosurgery**, v. 67, n. 5, p. 1431-1436, nov. 2010.
47. LABEYRIE, M A. Parent artery occlusion in large, giant, or fusiform aneurysms of the carotid siphon: clinical and imaging results. **AJNR Am J Neuroradiol**. 2015;36(1):140-145.
48. RUSSELL, E J. **Ocular ischemic syndrome during carotid balloon occlusion testing**. **AJNR Am J Neuroradiol** 1994;15:258–262.
49. ROBERTSON, F. Parent Artery Sacrifice. **Interventional Neuroradiology, Techniques in Interventional Radiology**. 2014.