

4ª AULA TEÓRICA (VASCULAR)

ARNOLFO DE CARVALHO NETO (arnolfo@ufpr.br)

O estudo dos vasos é importante para investigar uma grande série de doenças dos próprios vasos (obstruções, aneurismas, fístulas, etc e por muito anos foi a única forte de investigar por imagem alguns órgãos como o fígado e o encéfalo.

A angiografia do encéfalo foi, na verdade, o primeiro método de radiologia contrastada a ser utilizada, no início do século XX, graças ao trabalho do neurocirurgião português Egas Muniz. As arteriografias eram obtidas por punção direta do vaso a ser estudado, o que limitava o exame à investigação das artérias carótidas, femorais e da aorta.

Em 1953, um radiologista sueco, Dr. Sven-Ivar Seldinger (1921-1998) introduziu uma técnica nova para cateterizar vasos, que permitiu estender a angiografia a todo o corpo (veja mais em www.whonameit.com). Nela, é realizada a punção de um vaso periférico, permitindo a introdução de um fio guia metálico, que é levado pela luz do vaso até próximo ao segmento a ser examinado. A seguir, um cateter é introduzido, vestindo o fio guia, que, depois, é retirado. Este cateter é radiopaco e tem uma certa resistência (torque) e formato, que permite que ele seja controlado até penetrar no vaso desejado, sob radioscopia. Uma vez posicionado o cateter, é realizada a injeção de um “bolo” de contraste e obtida uma série de radiografias mostrando a circulação do contraste (fase arterial, capilar e venosa). A partir daí, a arteriografia passou a ser muito utilizado para diagnóstico em todo o corpo, especialmente para o coração e encéfalo. Esta técnica também foi a base para uma série de procedimentos terapêuticos, que constituíram uma nova subespecialidade, a radiologia intervencionista.

Na década de 1970, os equipamentos de radiografia convencionais passaram a ser progressivamente substituídos por equipamentos digitais, os primeiros deste tipo a serem usados da prática radiológica. Mas nesta época também, os novos métodos de diagnóstico por imagem (US, TC e depois RM) rapidamente substituíram com vantagem a arteriografia para todas as doenças que não as estritamente vasculares.

Finalmente, na década de 1990, estes novos métodos passaram a realizar avaliações vasculares sem a necessidade de usar cateteres, que se tornaram cada vez mais precisos, a ponto de quase extinguir os exames invasivos diagnósticos, ficando os procedimentos com cateter apenas para a investigação das coronárias, que são vasos que apresentam a maior dificuldade de avaliação não-invasiva, além dos procedimentos intervencionistas.

Hoje, como regra, a investigação das doenças vasculares é realizada inicialmente por técnicas não invasivas: o doppler, a angiotomografia (CTA) e a angiorressonância magnética (MRA). Ficando a angiografia digital reservada

para a intervenção e coronariografia, que também aos poucos está sendo substituída pela CT coronariografia, obtida por TC helicoidal multislice.

O doppler é o mais barato e menos invasivo, por isto é utilizado sempre que possível. Nos demais casos, a escolha entre CTA e MRA depende da disponibilidade e da qualidade dos equipamentos e dos radiologistas vasculares.

ECODOPPLER

O **efeito Doppler** é uma característica observada nas ondas quando emitidas ou refletidas um objeto que está em movimento com relação ao observador. O nome foi dado em homenagem a Johann Christian Doppler que, pela primeira vez em 1842, descreveu teoricamente o fenômeno. O comprimento de onda é maior ou menor conforme sua fonte se afaste ou se aproxime do observador. No caso de aproximação, a frequência aparente da onda percebida pelo observador fica maior que a frequência emitida. Ao contrário, no caso de afastamento, a frequência aparente diminui.

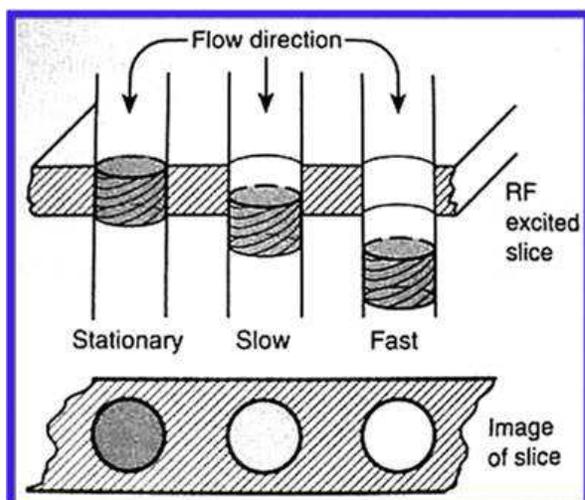
Um exemplo típico é o caso de uma ambulância com sirene ligada que passe por um observador. Ao se aproximar, o som é mais agudo e ao se afastar, o som é mais grave. De modo análogo, ao trafegar em uma estrada, o ruído do motor de um automóvel que vem em sentido contrário apresenta-se mais agudo enquanto ele se aproxima, e mais grave a partir do momento em que se afasta (após cruzar com o observador). ([Wikipedia](#))

Este princípio permite ao equipamento de US estudar o fluxo sanguíneo, calculando alguns parâmetros fisiológicos (ex. direção), que podem ser mais facilmente identificados atribuindo-se cor às imagens. O ecodoppler é útil tanto na ecocardiografia quanto no estudo de vasos grandes e médios (aorta, carótidas, femorais, etc) e também para identificar fluxo sanguíneo em massas (ex. distinguir cisto de tumor cístico). O ecodoppler é muito utilizado na avaliação venosa, como no preoperatório de cirurgias para varizes (safenectomia).

Suas maiores limitações são a dificuldade de acesso em certas partes do corpo (reflexão completa do feixe sonoro por osso e ar) e que as imagens dependem de certas características do fluxo (laminar X turbulento), que podem causar artefatos, de forma parecida com a RMA.

ANGIORRESSONÂNCIA MAGNÉTICA (RMA)

A RMA pode obter imagens vasculares com e sem a injeção venosa de contraste (gadolínio). Na técnica sem contraste mais utilizada, o sinal aumentado do vaso é conseguido estimulando um semento do corpo de forma que os tecidos estacionários fiquem saturados (e não gerem sinal), enquanto onde há fluxo, como os prótons de renovam, o sinal permanece (técnica *time-of-flight*) (figura). Depois é só aplicar um filtro em cada corte, de modo a conservar somente os pixels com sinal mais intenso e eliminando os demais (técnica **MIP** = maximal intensity projection) e somar os cortes num programa gráfico tridimensional. Esta técnica permite exames vasculares em pacientes que não podem receber contraste (ex. insuficiência renal), porém as imagens são mais ruidosas e sofrem muito com os artefatos de fluxo (ex. turbulência) e movimento.



A técnica com contraste usa injeção de gadolínio “em bolo” e adquire imagens muito rápidas, com cortes finos sensíveis ao contraste (ponderados em T1). Os passos seguintes são semelhantes ao anterior, com filtragem MIP e projeção tridimensional.



As vantagens da RMA são a reconstrução quase automática das imagens e a falta de radiação ionizante. Por outro lado, as imagens são dependentes de artefatos de fluxo, além dos demais artefatos comuns da RM (movimento, metal, etc). As aquisições ultrarápidas permitem que se acompanhe a passagem do contraste desde as artérias até as veias, o que era uma vantagem da angiografia por cateter.

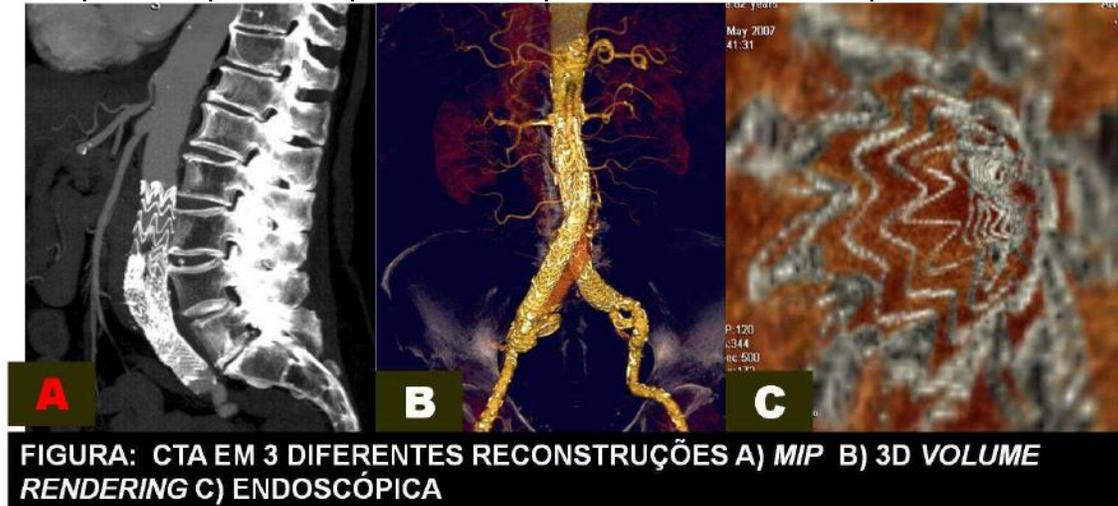
ANGIOTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (CTA)

A injeção de contraste iodado “em bolo” aumenta muito a densidade das artérias alguns segundos após a injeção. Se as imagens foram obtidas rapidamente e no tempo correto, podemos reconstruir imagens vasculares mais anatômicas que as da RMA e que podem ser processadas pelos mesmos programas.

Se o equipamento for “multislice”, os cortes podem ser muito finos, com voxels isovolumétricos, que permitem reconstruções com elevada resolução independente da incidência.

O trabalho gráfico é maior que na RMA, pois é necessário separar os vasos de estruturas com alta densidade, especialmente ossos. A cada dia,

novos programas gráficos são desenvolvidos permitindo reconstruções rápidas, tanto por transparência quando “de superfície” e até endoscópicas.

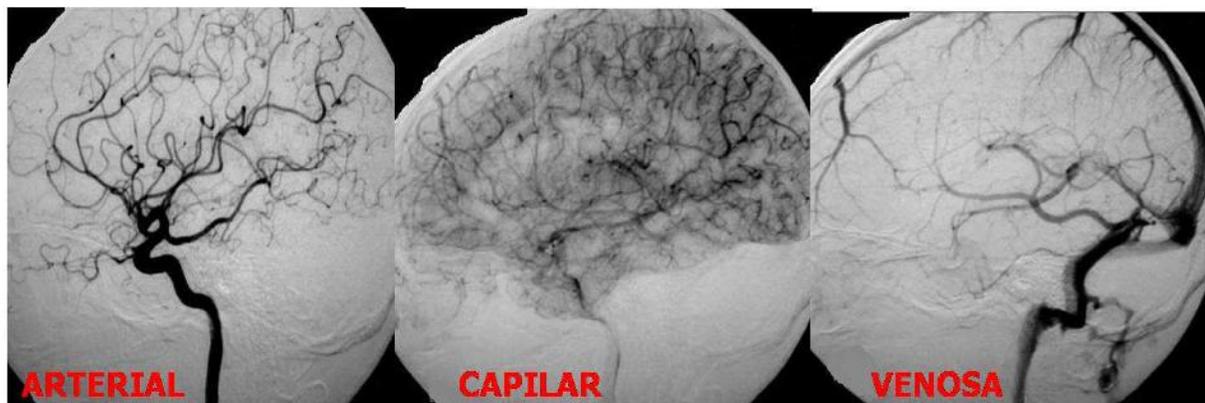


Outras desvantagens são a utilização de raios-x e contraste iodado e a impossibilidade de acompanhar o fluxo de contraste através da rede capilar até o setor venoso.

ANGIOGRAFIA POR CATETER OU ANGIOGRAFIA POR SUBTRAÇÃO DIGITAL (DSA)

Atualmente, é mais usada para tratamento que para diagnóstico, mesmo nas doenças vasculares. Quase todos os equipamentos em uso, seja para uso cardíaco quanto geral, são digitais.

O cateterismo usa a técnica de Seldinger. Um bolo de contraste iodado é injetado, manualmente ou com auxílio de injetora, e é realizada uma aquisição de imagens digitais, que inicia antes da chegada do contraste. As primeiras imagens são invertidas (máscara) e subtraídas das com contraste, o que faz desaparecer as demais estruturas (principalmente ossos e ar) e só ficam os vasos.



A DSA permite estudar as três fases de passagem do contraste, identificando mais facilmente as fístulas artério-venosas (o sangue não passa

pelos capilares, indo direto de uma artéria para uma veia). Também é o método que permite a visualização dos menores vasos.

A principal vantagem da DSA é dar acesso a diversos procedimentos terapêuticos realizados através dos cateteres, como embolizações (aneurismas, fístulas, tumores), dilatações e colocação de *stents*, etc.

As desvantagens são o uso de contraste iodado em grandes quantidades, a radiação e o fato de ser invasiva. O simples procedimento corresponde a uma pequena cirurgia e a manipulação vascular pode levar a trombooses, dissecções, rupturas e fístulas. Sua execução exige um longo treinamento e muita habilidade na manipulação dos cateteres, além de materiais muito caros, mas cujo preço é compensado ao reduzir os custos e riscos de algumas cirurgias.

PRINCIPAIS DOENÇAS VASCULARES

As principais indicações para os estudos vasculares são: doenças oclusivas, aneurismas, malformações vasculares e fístulas, preoperatório e intervenção.

Não vamos entrar em detalhes de cada indicação. Lembrem-se que somente vasos com um certo tamanho podem ser vistos e quando a patologia é microvascular é melhor estudar o parênquima do órgão ou usar técnicas funcionais de TC ou RM, como a difusão e a perfusão.

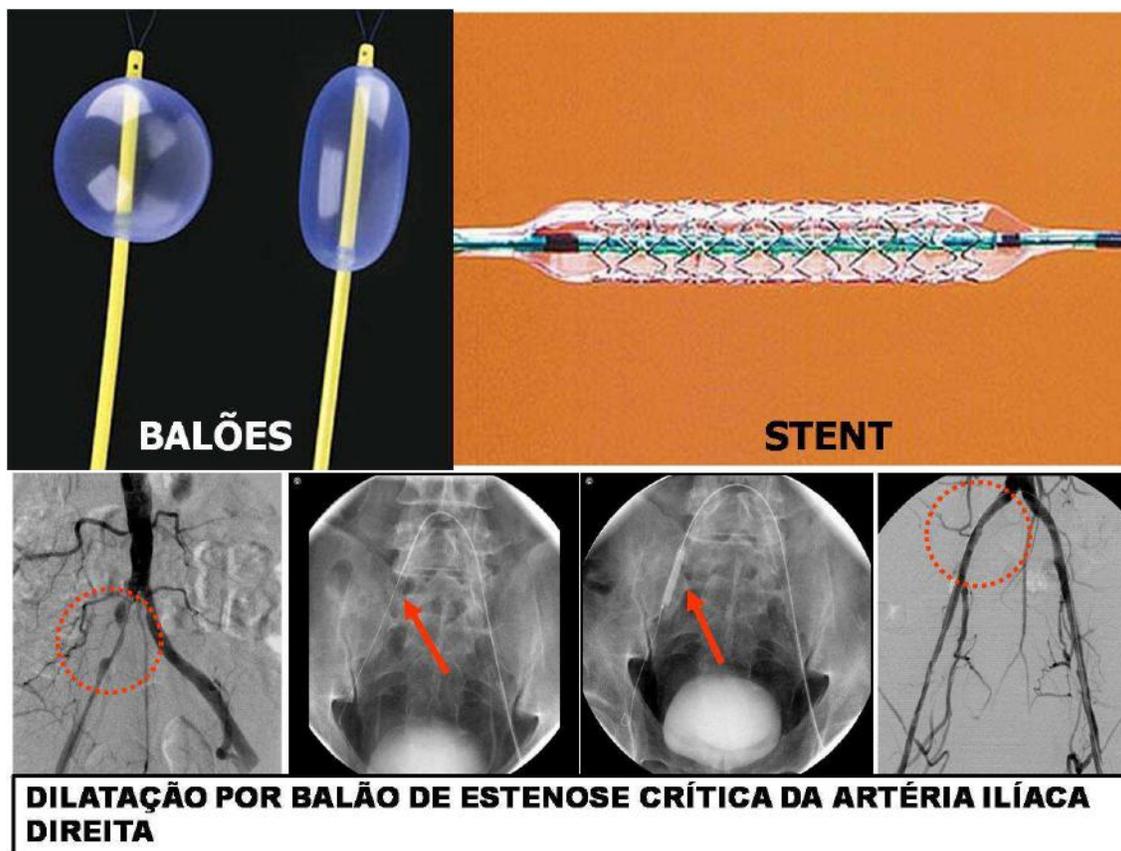
DOENÇAS OCLUSIVAS

A mais importante é a aterosclerose, mas existem muitas outras (tromboangite obliterante, Takayasu, etc). As lesões estenosantes, na imagem são parecidas, sendo distinguidas mais por dados clínicos (ex. idade) e pela distribuição das lesões.

É importante identificar as lesões e o grau de estenose, pois quando mais de 50-70% da luz está comprometido pode ter indicação de tratamento (cirurgia ou intervenção). Algumas placas ateroscleróticas tendem à oclusão total mais rapidamente (ex. quando têm ulcerações), ou então são mais frágeis, podendo gerar êmbolos distais. A caracterização das placas por imagem é um dos temas mais estudados atualmente.

Em muitas localizações o ecodoppler pode ser usado inicialmente, pois se o exame é normal, praticamente exclui lesão daquele vaso. Quando uma lesão que necessite tratamento é identificada ou em caso de dúvida, normalmente a investigação prossegue com CTA ou RMA, ficando a DSA para os casos de intervenção ou quando persiste dúvida.

Nas oclusões totais, geralmente, o único tratamento possível é o cirúrgico, com anastomoses (pontes). Se as estenoses são importantes podemos utilizar a intervenção por cateter. A obstrução é ultrapassada pelo gui e depois pelo cateter com balão, que dilata o vaso, podendo ser complementado com a colocação de uma prótese (*stent*, gaiola) para manter o calibre conseguido pela dilatação.



DILATAÇÃO POR BALÃO DE ESTENOSE CRÍTICA DA ARTÉRIA ILÍACA DIREITA

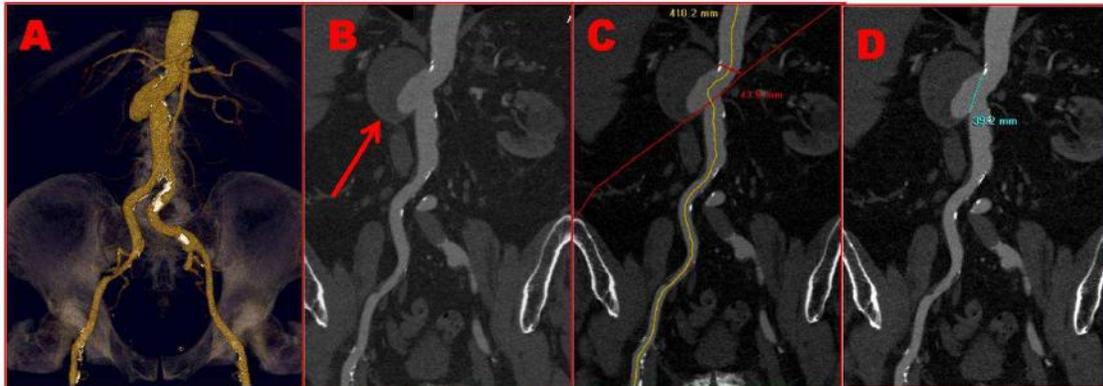
A avaliação dos vasos com stents é uma dificuldade adicional pela presença do metal que prejudica todos os métodos. Provavelmente a CTA e a DSA são os melhores métodos nesta situação.

Os vasos que maior dificuldade apresentam para a imagem são as coronárias, pois estão situadas junto às câmaras cardíacas, com seu fluxo muito alto, que acaba por encobrir qualquer outra estrutura vascular, além de impor uma movimentação muito grande. Finalmente, as coronárias enchem-se na diástole, o que representa mais um obstáculo à sua visualização.

ANEURISMAS

Podem ser dilatações tubulares ou saculares, que podem ou não ter trombos em suas paredes. São mais comuns na aorta e nos vasos cerebrais.

Na aorta é importante definir seu diâmetro (o risco de ruptura é diretamente proporcional ao calibre) e extensão, principalmente em relação à origem dos ramos principais, que não podem ser ocluídos no tratamento. A DSA tem a desvantagem se só ver a luz do aneurisma, enquanto os outros métodos podem ver toda a espessura do aneurisma e ver sinais de ruptura parcial.



ANEURISMA DA AORTA. VER O TROMBO MURAL (B) QUE NÃO APARECE NA RECONSTRUÇÃO 3D (A). MEDIDAS (C/D) QUE PERMITEM CALCULAR AS DIMENSÕES DA PRÓTESE ENDOVASCULAR

Os aneurismas cerebrais são um capítulo importante das doenças neurológicas. A hemorragia subaracnóide pode ser identificada facilmente pela TC e deve ser seguida pela procura da causa, quase sempre um aneurisma roto. Tanto a CTA quanto a RMA podem ser utilizadas e, mais uma vez, para a DSA fica a função terapêutica, com embolização por molas, balões e “cola”.



ANEURISMA DA ARTÉRIA CEREBRAL ANTERIOR DEMONSTRADA POR RMA COM RECONSTRUÇÃO MIP (A) E 3D/VR (B)

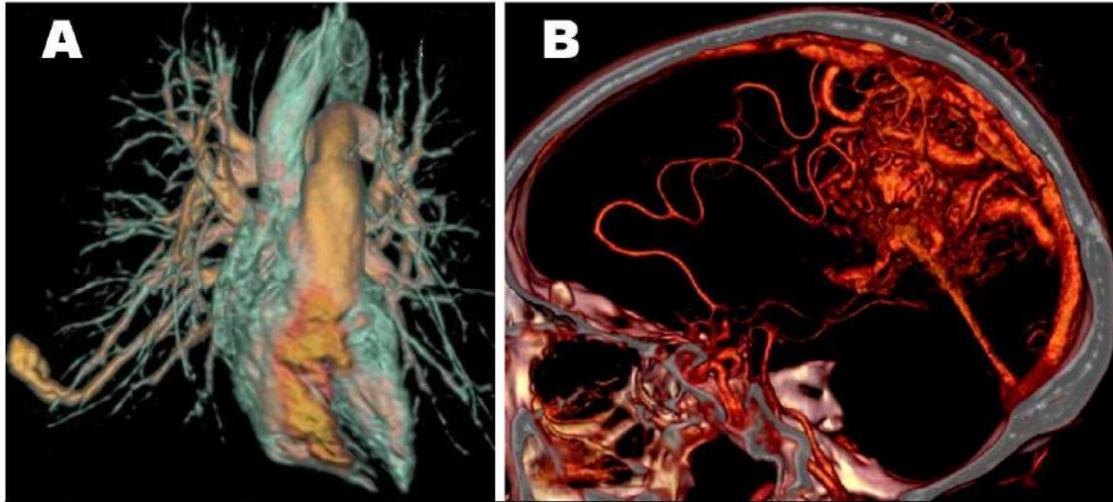
MALFORMAÇÕES VASCULARES E FÍSTULAS

A comunicação direta entre artéria e veia, sem a passagem pela rede capilar constitui uma malformação arteriovenosa. Embora congênita, ela costuma manifestar-se apenas no adulto, com hemorragia ou sintomas relacionados ao “roubo” circulatório. São especialmente importantes no sistema nervoso central (SNC), onde representam a segunda causa de hemorragia subaracnóide.

O grande aumento do fluxo sanguíneo vai progressivamente dilatando e “arterializando” as veias. Na TC e na RM parecem como uma aglomeração de imagens vasculares (“bolo de cobrinhas ou minhocas”), que se impregnam pelo

contraste. Na RM podem aparecer sinais de sangramento antigo (pois elas tem pequenos sangramentos assintomáticos durante a evolução) e as imagens vasculares são negras, pelo fluxo (*flow void*).

Fístulas arteriovenosas traumáticas são também freqüentes e podem exigir a DSA para seu diagnóstico. Outras malformações vasculares, como os hemangiomas, não têm aumento do fluxo e raramente têm importância clínica exceto por serem confundidos com neoplasias e no SNC podem sangrar.



MALFORMAÇÕES ARTERIOVENOSAS DO PULMÃO (A) E ENCÉFALO (B) DEMONSTRADAS COM CTA