

¹ Departamento de Cardiologia, Aster Hospital, Mankhool, Dubai, Al Quasis, Emirados Árabes Unidos.

² Departamento de Cardiologia, Max Super Specialty Hospital, Bathinda, Punjab, Índia.

³ Departamento de Medicina, Shimoga Institute of Medical Science, Shimoga, Karnataka, Índia.

⁴ Centre Hospitalier Léon Binet, Provins, França.

⁵ Departamento de Medicina, Kasturba Medical College, Manipal, Karnataka, Índia.

Como citar este artigo:

Dash D, Mody R, Mylarappa YP, Kibos AS, Mody B. Contornando as dificuldades para alcançar o lúmen coronário a partir do acesso radial. J Transcat Intervent. 2023;31:eA202303. <https://doi.org/10.31160/JOTCI202331A202303>

Autor correspondente:

Debabrata Dash
Aster Hospital
Al Mankhool, Kuwait Road
P.O. Box: 119428, Dubai, Emirados Árabes Unidos.
Email: dr_dash2003@yahoo.com

Recebido em:

19/6/2023

Aceito em:

4/10/2023



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

Contornando as dificuldades para alcançar o lúmen coronário a partir do acesso radial

Resolving the conundrum of impediments while navigating from radial path to coronary lumen

Debabrata Dash^{1iD}, Rohit Mody^{2iD}, Yashas Prasad Mylarappa^{3iD}, Ambrose Samwel Kibos^{4iD}, Bhavya Mody^{5iD}

DOI: 10.31160/JOTCI202331A202303

RESUMO - Por meio dos esforços de dedicados intervencionistas, a cateterização do sistema cardiovascular pelo método transradial tem sido reconhecida como o padrão-ouro, devido às várias vantagens a ela associadas, como deambulação precoce e diminuição do sangramento e de várias outras complicações vasculares. Ela se tornou uma alternativa bem-sucedida ao acesso femoral. A vasta experiência dos intervencionistas ajudou na compreensão dos impedimentos anatômicos que podem resultar em diversos problemas técnicos e complicações associadas à abordagem transradial. Não seria justificável a adoção de um método de tentativa e erro pelos intervencionistas em sua curva de aprendizado, à custa de mais falhas no procedimento, complicações e inconveniências para o paciente. O objetivo do presente manuscrito foi examinar todas essas dificuldades e entender o método de tratamento e as várias estratégias preventivas que podem ser usadas para superar as complicações.

Descritores: Cateterismo cardíaco; Artéria radial; Angioplastia

ABSTRACT - Through the efforts of dedicated interventionists, catheterization of the cardiovascular system by transradial method has been recognized as the gold standard due to the several advantages associated with it, such as early ambulation, decline in bleeding and in various other vascular complications. It has successfully turned as an alternative to femoral access. The huge experience of interventionists has helped in understanding the anatomical impediments that can result in many technical issues and complications associated with the transradial approach. A trial-and-error method adopted by the interventionists on their learning curve at the cost of increased procedural failure, complications and patient inconvenience may not be justifiable. The objective of the present manuscript was to review all these difficulties, and understand the treatment method and various preventative strategies that can be used to overcome the complications.

Keywords: Cardiac catheterization; Radial artery; Angioplasty

INTRODUÇÃO

"That which we persist in doing becomes easier, not that the nature of the thing is changed, but that our power to do is increased."
Ralph Waldo Emerson (1803-1882)

Em 1989, Campeau¹ relatou pela primeira vez o método transradial (TR) na coronariografia. Mais tarde, o método TR foi ampliado para a intervenção coronária percutânea (ICP) por Kiemeneij e Laarman, a partir de 1993.² Em comparação com a técnica transfemoral, são relatadas diversas vantagens no uso da intervenção TR, como redução do sangramento e de complicações vasculares,^{3,4} melhoria na adesão do paciente e redução do tempo de internação.^{5,6} Devido a todas essas vantagens, a abordagem TR pode ser explorada como padrão-ouro para ICP. No entanto, uma série de habilidades específicas e uma significativa curva de aprendizado são necessárias, tendo em vista que o trajeto até o lúmen coronário é potencialmente bem mais variado e complexo na abordagem TR em comparação com a femoral.^{1,2} Consequentemente, o intervencionista se depara com várias complexidades e possíveis variações

anatômicas na passagem pelos vasos do braço e do tórax. A compreensão dessas questões pode levar à padronização de soluções, para que existam maior índice de sucesso, menor tempo de procedimento e menor dose de radiação. Esta pesquisa lança luz sobre discussões aprofundadas sobre as variações anatômicas e as dificuldades encontradas durante o cateterismo TR, desde o punho até o óstio coronário, suas estratégias de prevenção e tratamento.

ANATOMIA NORMAL DA ARTÉRIA RADIAL

A artéria radial (AR) corre distalmente na parte anterior do antebraço, após a bifurcação da artéria braquial na fossa cubital. Nesse ponto, serve como um marco da divisão entre os compartimentos anterior e posterior do antebraço, sendo que o compartimento posterior começa imediatamente lateral à artéria. A AR se estende do colo do rádio até a parte anterior do processo estilóide. A parte superior é profunda e fica abaixo do músculo (braquiorradial), na maioria dos casos. A parte inferior é superficial, recoberta por pele e fáscia superficial e profunda. Para além da artéria braquial, a artéria ulnar se origina e termina superficialmente no ramo palmar da AR. É palpável na face anterior e medial do punho. É comum haver variações no trajeto da AR até o óstio coronariano, o que ocorre em 14% dos pacientes.⁷ As variações na anatomia da AR são o principal fator responsável pela falha técnica associada ao cateterismo TR na prática clínica.

ABORDAGEM INICIAL DO PROBLEMA

Durante o processo de passagem do cateter, pode ocorrer resistência em vários pontos do trajeto arterial. Isso se deve ao fato de que o impedimento do cateter pode ocorrer em diferentes pontos da artéria, o que facilita rastrear o ponto de resistência exato no vaso. Além disso, o ponto de resistência exato pode ser confirmado por angiografia com fluoroscopia. A angiografia pode ser realizada com pressão reduzida, usando meio de contraste diluído pela metade. Além disso, seja pelo uso de uma bainha ou pela inserção de um pequeno cateter (4F), podem ser administrados meios de contraste diluídos, o que mostra claramente o bloqueio da artéria e seu motivo, além de ajudar na elaboração de um plano específico de tratamento.

VARIAÇÕES ANATÔMICAS ENCONTRADAS ATÉ A INSERÇÃO DA BAINHA

Tortuosidade da artéria radial

A tortuosidade da AR é caracterizada como um problema encontrado na passagem do fio-guia e do cateter. Em geral, observa-se em pacientes idosos do sexo feminino de

pequena estatura e em pacientes diabéticos e hipertensos. Vários estudos ultrassonográficos e angiográficos demonstraram que a prevalência de tortuosidade da AR é de 2 a 6,1%.⁸ Diferentes definições de tortuosidade (presença de uma curva ou angulação de mais de 45° a 90°) foram usadas em estudos variados. Quando o diâmetro é menor, e a angulação é maior na tortuosidade da AR, o risco de espasmo aumenta, o que torna o procedimento TR ainda mais complicado (Figura 1). É necessário o uso de fio-guia hidrofílico com ponta em J de 0,025" ou 0,032" ou de fio coronário de ponta macia de 0,014", caso a AR seja estreita e o segmento de tortuosidade, longo. Deve-se usar um movimento lento em saca-rolhas para o avanço eficiente do cateter sobre o fio. Os intervencionistas não devem empurrar o cateter diretamente, para evitar espasmo reativo. A ocorrência de espasmo em uma AR tortuosa é uma situação difícil, que pode responder a uma dose repetida de um coquetel espasmolítico. A técnica assistida por balão (TAB) deve ser usada para manejo de situações complexas. Consiste em uma técnica em que um balão inflado é parcialmente protraído pela extremidade distal de um cateter-guia e insuflado a 3 a 6atm. Recomendam-se um balão de 1,5mm, para um cateter 5F, e um balão de 2mm, para um cateter 6F. É preferível que o comprimento do balão seja de 15 a 20mm. O conjunto é avançado sobre um fio-guia macio de angioplastia de 0,014", assim que o balão for parcialmente protraído do cateter e insuflado.⁹ O autor prefere usar balão não insuflado (TAB modificada) para evitar danos à parede do vaso.



Figura 1. Artéria radial tortuosa.

Hipoplasia

A hipoplasia é uma variação anatômica em que a AR é palpável, mas impede a inserção da bainha. Nessa situação, deve ser adotada pelos intervencionistas a abordagem ulnar homolateral, femoral ou TR contralateral. Artéria com hipoplasia e espasmo são situações diferentes, e a última é um evento mais focal. No entanto, pode ocorrer espasmo generalizado. Além disso, devido à natureza superficial da AR, sua punção é um pouco difícil. Assim, é aconselhável segurar a artéria entre dois dedos. Pequenas artérias, definidas por Chugh et al.¹⁰ como qualquer artéria de acesso com menos de 1,7mm de diâmetro, foram associadas a taxas mais altas de *crossover*, falhas de procedimento e oclusões do local de acesso em 30 dias de acompanhamento. Para artérias radiais menores que 1,5mm, Chugh et al. passaram a usar a compressão da artéria ulnar, técnica utilizada para aumentar o tamanho da artéria de acesso.¹¹

VARIAÇÃO ANATÔMICA ENCONTRADA ATÉ A AORTA ASCENDENTE

Atualmente, existem várias opções para seleção do fio e o controle fluoroscópico durante a passagem do cateter da AR para a aorta ascendente. O risco de perfurações é bem menor com um fio teflonado com ponta em J comum de 0,035", mas a limitação associada é o difícil processo de passagem desse fio. O fio Radifocus™ de ponta em J de 0,035" com revestimento hidrofílico é o método mais fácil de passagem, mas pode levar à perfuração se não for feito com fluoroscopia. O autor prefere usar um fio teflonado com ponta em J de 0,032", pois quase não apresenta risco de perfuração e tem excelente capacidade de cruzamento. Às vezes, é recomendado o uso de fio de 300cm para facilitar a troca do cateter, mas um fio comum de 180cm geralmente é suficiente. Quando o fio ou cateter não puder ser avançado, nunca se deve aplicar força adicional, devendo ser realizada uma avaliação angiográfica da área para identificar possíveis variações anatômicas, como alça radioulnar, bifurcação alta da AR, artéria braquial tortuosa ou artéria lusória (artéria subclávia direita retroesofágica).

Alça radioulnar

A alça radioulnar é considerada a anomalia congênita mais comum associada à AR. A taxa de prevalência da anomalia da alça radioulnar é de 0,8 a 2,3%, mas, quando presente, representa grande dificuldade para os intervencionistas, pois pode ser responsável por um índice de falha do método TR de 17 a 37%.^{8,12,13} Quando uma resistência é encontrada durante a passagem de um fio e/ou cateter, realiza-se uma angiografia da AR para definir a anatomia e a solução de trabalho para a maioria desses problemas. A passagem com a alça radioulnar somente é difícil se o calibre da artéria for pequeno e o diâmetro da alça, grande. Uma alça em alfa na visão anteroposterior é confundida com um pequeno aneurisma. Na maioria dos casos, está associada à persistência de um vaso remanescente. Mesmo que permita a passagem do fio-guia, fica difícil passar o cateter devido

à sua pequena dimensão (Figura 2). Na maioria das vezes, para caracterizar a anatomia exata, são necessários cortes angiográficos oblíquos. As alças em ômega distal e proximal e a alça em S (Figura 3) são vários outros tipos de alça radioulnar; alguns dos quais são muito complexos e requerem conversão para abordagem TR femoral ou contralateral. A redução do tamanho do cateter-guia, o uso da técnica de fio hidrofílico de 0,035" (Figura 4), a redução do tamanho do fio-guia para 0,025", o uso de fio coronário de 0,014" (Figura 5), a técnica do fio duplo coronário e a troca por fio de ponta em J de 0,035" e com suporte de balão de baixo perfil podem ser úteis para facilitar o cruzamento dessas



Figura 2. Alça em alfa com artéria radial recorrente.

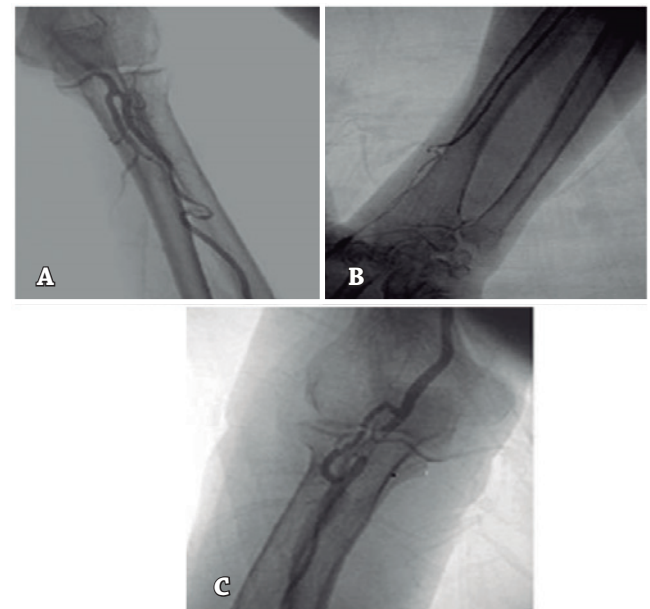


Figura 3. (A) Alça radioulnar em S; (B) alça proximal em ômega; (C) alça distal em ômega.

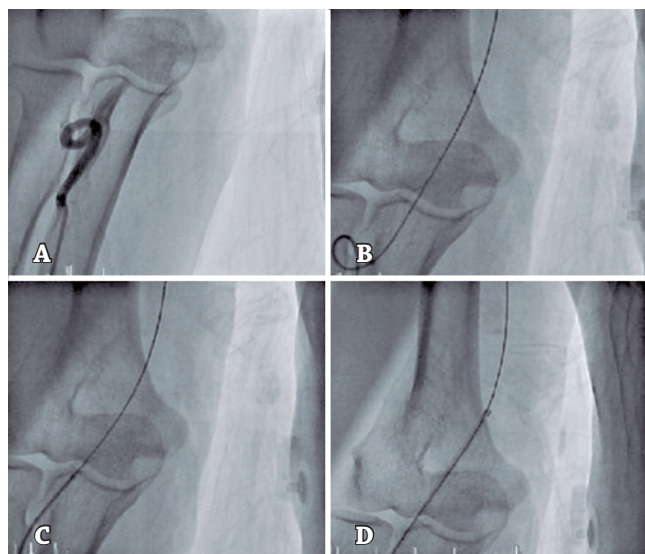


Figura 4. Resolução de alça radioulnar em alfa com fio hidrofílico de 0,034”.

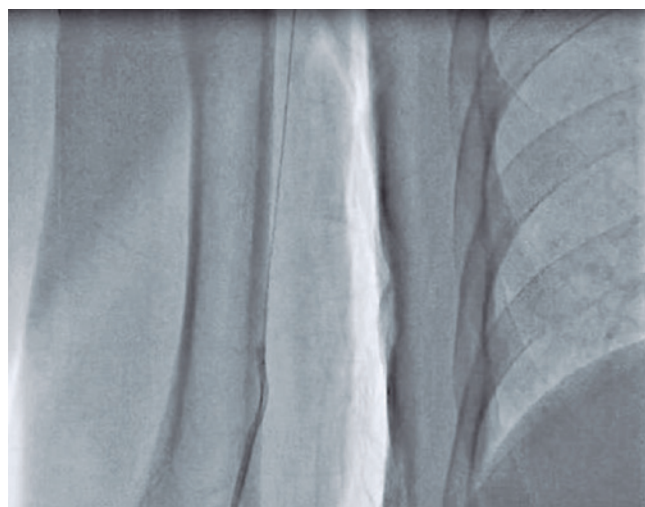


Figura 5. Técnica com fio 0,014” de angioplastia coronária na passagem pela alça radioulnar.

alças. O cruzamento também pode ser facilitado moldando a ponta do fio-guia no ângulo da alça. O fio-guia é posicionado na extensão alta, e o avanço do cateter é feito sobre ele, assim que for cruzada a alça. Para superar qualquer tipo de resistência, o intervencionista pode manter a ponta do fio o mais alto possível (ou seja, na região axilar, subclávia ou braquial alta), impulsionar o cateter ao máximo e retrainar todo o conjunto. Essas etapas potencializam o avanço do cateter e abrem a alça. No caso de o cateter não conseguir atravessar totalmente a alça, pode ser dado suporte extra por um fio-guia padrão de 0,035. Não deve ser usado um fio-guia super-rígido, a menos que a alça tenha sido cruzada, e a ponta do cateter esteja dentro do segmento superior. A técnica TAB pode ser utilizada em caso de falha no avanço de um cateter através de uma alça de 360° (Figura 6).⁹ Em caso de falha, pode ser adotada a abordagem ulnar.

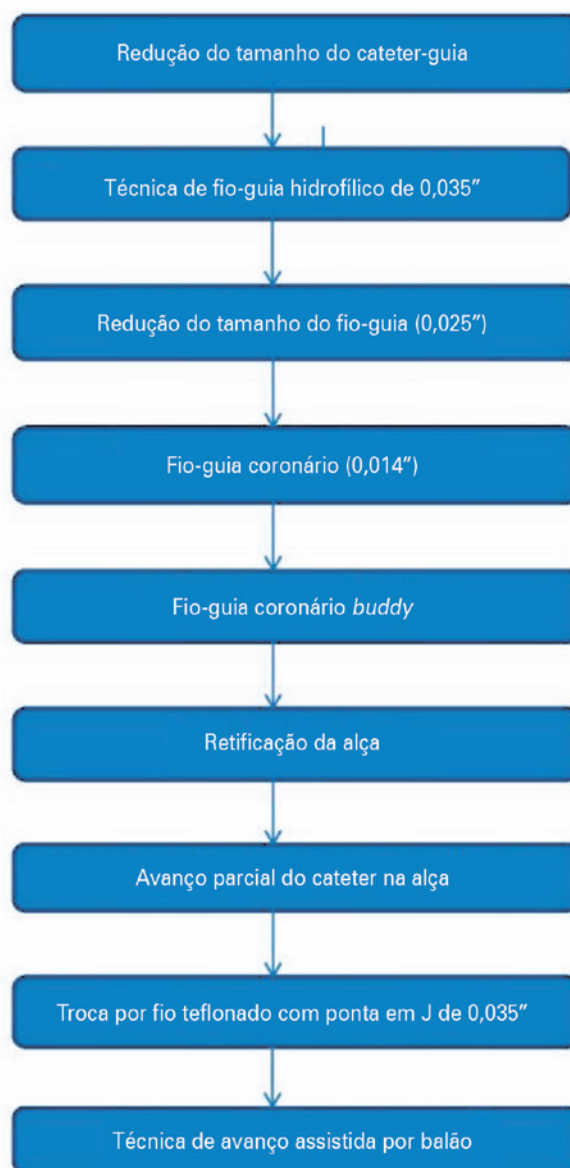


Figura 6. Manejo das alças radial e braquial.

Origem alta da artéria radial

A origem alta da AR é raramente diagnosticada, pois quase nunca causa problemas se o calibre da artéria tiver tamanho suficiente. Nesse nível, uma lesão ateromatosa é fenômeno raro. A AR se origina da artéria braquial na maioria dos casos e raramente deriva da artéria axilar. A origem radial alta do tipo 3 está ligada a uma AR hipoplásica ou remanescente de acordo com a classificação padrão. No máximo, o diâmetro da AR impede a passagem do cateter, que, na AR remanescente, é dolorosa para o paciente e associada a espasmo e risco de perfuração. Se durante a inserção do cateter na artéria braquial, qualquer resistência inesperada for sentida pelos médicos, ou se for observada a impossibilidade da transmissão do torque, a causa pode ser uma variação anatômica. Nessa situação, é preferível uma abordagem TR contralateral ou femoral alternativa.

Lesão aterosclerótica

As lesões ateroscleróticas da AR conferem resistência à passagem do fio-guia e/ou cateter. É fundamental realizar uma angiografia radial para definir a gravidade da lesão em caso de resistência. O conjunto pode ser avançado sob orientação de fluoroscopia através do segmento afetado, se a obstrução for leve. Uma lesão grave pode exigir ICP para permitir o trabalho no segmento afetado. A técnica TAB deve ser reservada para situações difíceis.⁹

Artéria lusória ou artéria subclávia direita retroesofágica

É uma alteração congênita observada no arco aórtico, com taxa de prevalência relatada de 0,4 a 2% na abordagem TR direita.¹⁴⁻¹⁷ Em geral, deriva da margem distal e posterior da parte horizontal do arco aórtico, em sua junção com a aorta descendente, e, menos frequentemente, da aorta descendente proximal, de modo que o cateter é orientado, de preferência, para a aorta descendente. Recomenda-se adotar uma abordagem TR à esquerda nessa situação para reduzir a exposição à radiação. Na visão anteroposterior, a orientação da artéria subclávia direita retroesofágica é mais para a esquerda do que o habitual, sendo responsável pela angulação peculiar (Figura 7) na abordagem TR à direita. A cateterização seletiva do tronco da artéria coronária esquerda (TCE) é facilitada com o uso de cateteres Tiger (TIG), artéria mamária interna (AMI) e com Judkins esquerdo para fins diagnósticos. Para a artéria coronária direita, o cateter padrão Judkins direito é a melhor opção, seguido por um Amplatz direito. Nas intervenções no TCE, um cateter-guia de coronária esquerda com maior suporte é a primeira escolha, seguido por um cateter Amplatz esquer-

do ou um cateter Judkins esquerdo com maior curvatura (Figura 8). Um cateter Amplatz direito é a primeira escolha nas intervenções coronárias direitas. Os cateteres Judkins direito ou Amplatz esquerdo podem ser usados em caso de falha. Um fio longo de troca de 0,035" é preferível para realizar todas as trocas de cateter.¹¹

Apesar do uso da técnica usual, a entrada repetida na aorta descendente, tanto do fio-guia quanto do cateter, deve levar os intervencionistas a suspeitar da presença da artéria subclávia direita retroesofágica. A retirada do fio-guia e do cateter deve ser feita em conjunto se for observada a entrada repetida deles na aorta descendente. Quando o paciente respira profundamente, um fio-guia padrão de 0,035" é empurrado suavemente, seguindo-se o avanço do cateter na aorta ascendente, assim que o fio-guia entrar nessa artéria. Se o fio-guia permanecer na aorta descendente, o cateter-guia é substituído por um cateter de diagnóstico 5F IMA, que é colocado na aorta descendente sobre o fio-guia. O uso repetido do 5F IMA leva ao movimento bem-sucedido do cateter para a aorta ascendente. Pode ser usado um cateter Simmons-1 5F se o cateter IMA também não produzir os efeitos necessários. Se o fio-guia padrão de 0,035" deslizar repetidamente para a aorta descendente, deve ser substituído por um fio-guia hidrofílico de 0,032" ou 0,025", para facilitar a passagem na aorta ascendente, mesmo em situações de anatomia difícil. Assim que o fio-guia padrão entrar na aorta ascendente, uma alça é feita substituindo-o por outro fio-guia muito rígido. Após essa substituição, na próxima etapa, o cateter é avançado lentamente, com o objetivo de atravessar a alça aórtica com o conjunto formado. A canulação do TCE é facilitada pela lenta rotação do conjunto no sentido horário.

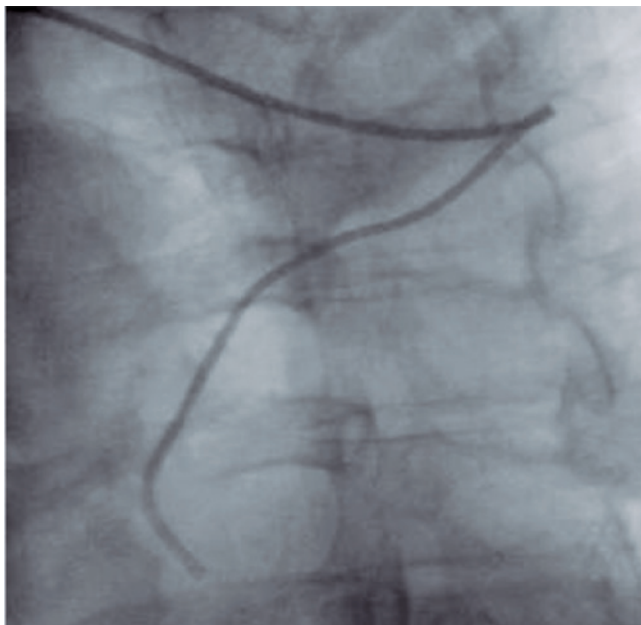


Figura 7. Projeção oblíqua anterior esquerda mostra o ângulo característico em L do cateter na artéria lusória.



Figura 8. Alça feita usando um fio-guia de 0,025" para entrar na aorta ascendente com um cateter-guia de suporte extra 6F, artéria lusória – artéria descendente anterior.

Tortuosidade do tronco braquiocefálico

A junção artéria inominada-arco aórtico é exclusiva dos procedimentos TR. Nos casos de anatomia normal, a curva é suave e não traz dificuldades para a realização de procedimentos diagnósticos ou intervencionistas. Em casos de anatomia anormal devido à dilatação, distorção ou aberrância da aorta ou da artéria inominada distal, o procedimento requer o uso criterioso de equipamentos. Vários ramos laterais estão presentes nesse nível, e, para reduzir o risco de entrada do fio na artéria mamária ou vertebral, é muito importante monitorar a progressão do fio com orientação por fluoroscopia. A manipulação do fio-guia e do cateter com uma inspiração profunda geralmente permite a entrada fácil na aorta ascendente, empurrando o diafragma para baixo, com o conteúdo torácico, resultando em uma mudança favorável no curso do vaso. São mais comumente observadas alças subclávias congênitas ou adquiridas em pacientes com hipertensão crônica, indivíduos obesos e idosos. Essas alças podem ter ângulo de 90° ou forma de Z, ou serem muito complexas (Figura 9). Geralmente é possível transpor uma alça simples (uma volta de 360° de grande diâmetro da artéria) usando um fio-guia padrão de 0,035" ou 0,032". Em caso de falha, um fio-guia hidrofílico de 0,025" ou 0,032" pode ajudar a passagem pelo trajeto completo da alça até a entrada na aorta ascendente. Às vezes, recomenda-se o uso de fios-guia em paralelo para cruzar a alça. Se, apesar disso, for encontrada resistência, um fio coronário de ponta macia de 0,014" é avançado sob controle de fluoroscopia até a entrada na aorta ascendente. A técnica TAB tem sucesso previsível, caso todos os outros métodos falharem.

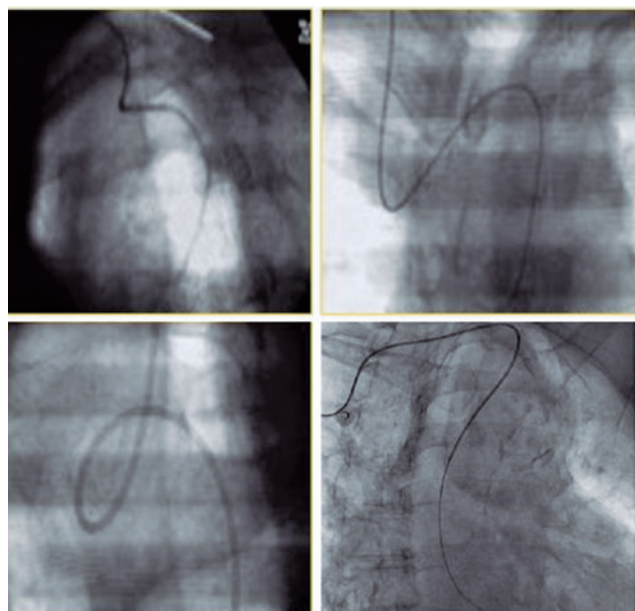


Figura 9. Avanço por alças subclávias usando fio-guia extrarrígido de 0,035".

COMPLICAÇÕES DA ABORDAGEM RADIAL

Descrevem-se aqui informações sobre as várias complicações, seu tratamento e estratégias preventivas (Tabela 1).

Espasmo da artéria radial

A maior dificuldade da abordagem TR é o espasmo da AR (EAR), que é o principal motivo para insucesso do procedimento.^{18,19} De acordo com a literatura recente, EAR é descrito em 5 a 30% dos casos.^{18,20,21} Menor peso corporal, diabetes, pequena circunferência do punho, sexo feminino, repetidas trocas de cateter, tamanho grande da bainha e operador inexperiente são alguns fatores que aumentam a suscetibilidade do paciente ao EAR.^{18,21} Há adrenorreceptores alfa-1 na camada média da AR²² que causam aumento do nível de catecolaminas na circulação sistêmica, levando ao EAR. A dor do EAR aumenta o tônus vasomotor, resultando em mais espasmo. O EAR dificulta as trocas e a manipulação do cateter, causando atraso indevido no procedimento, dor e desconforto ao paciente. Atualmente, podem ser usados medicamentos ansiolíticos, anestésicos locais, espasmolíticos e introdutores com revestimento hidrofílico, e técnicas de punção cuidadosas podem ser usadas para prevenir EAR (Figura 10).²³ Uma abordagem preventiva melhoraria o sucesso do procedimento e diminuiria a duração do procedimento.²⁰ Chugh et al.¹⁰ demonstraram que um procedimento ultrassonográfico das artérias braquiais determina o tamanho preciso dos diâmetros arteriais e ajuda a excluir anomalias arteriais, minimizando trocas e manipulação de cateteres. Uma bainha para um diâmetro de artéria em razão inferior a 1,1 é

Tabela 1. Complicações do acesso radial

Espasmo da artéria radial
Oclusão da artéria radial
Dissecção/perfuração
Eversão de artéria
Síndrome compartimental
Cateter aprisionado
Ateroembolismo

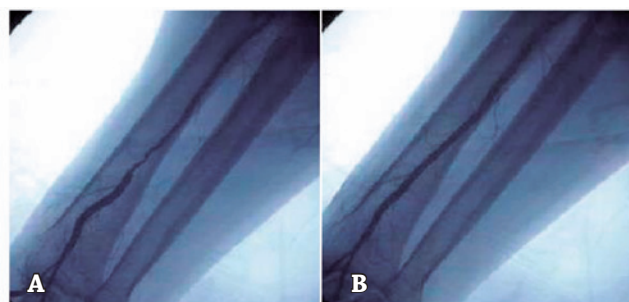


Figura 10. (A) Espasmo da artéria radial; (B) normalização do espasmo radial após uso intra-arterial de nitratos e diltiazem.

ideal para reduzir o estiramento durante as manipulações do cateter, sendo, portanto, muito efetiva na prevenção de EAR. Pode-se fazer uso de cateteres *sheathless* e de introdutores *slender* para minimizar o estiramento radial, reduzindo o EAR. Há relatos de diminuição na prevalência de EAR com a administração de medicamentos espasmolíticos por via intra-arterial.²³⁻²⁵ Várias drogas terapêuticas, como alfa-antagonistas, anestésicos locais, nitratos e bloqueadores dos canais de cálcio são usadas com o objetivo de prevenir EAR.²⁶ Em comparação ao placebo, a combinação de verapamil 5mg e nitroglicerina 200µg tem efeito terapêutico significativo na redução de espasmos na AR. Na prevenção do EAR, um efeito mais pronunciado é produzido por 2,5mg de verapamil em comparação com fentolamina na mesma dose.²⁷ Além disso, foi relatado que nenhum efeito terapêutico significativo é produzido pela combinação de verapamil e nitroglicerina em comparação à monoterapia com nitroglicerina.²⁸ Em pacientes com disfunção ventricular esquerda, o verapamil deve ser usado com muita cautela.²⁹ Em outro estudo, a adição de nitroglicerina 100µg, nitroprussiato 100µg ou de ambos a um coquetel básico (2.500U de heparina não fracionada, 20mg de lidocaína e 5mg de diltiazem) não mostrou benefício na prevenção de EAR.²⁵ Um efeito terapêutico idêntico é obtido com 4mg de nicorandil, semelhante ao produzido pela combinação de 200µg de nitroglicerina e 100µg de verapamil.²⁹ Embora não haja consenso sobre o esquema ou dose exata, o uso rotineiro de um coquetel, que contenha um bloqueador de canais de cálcio, com ou sem nitrato, é uma modalidade efetiva para diminuir a ocorrência de EAR.

Muitos estudos demonstraram que a prevalência de EAR diminui com o uso de várias bainhas com revestimento hidrofílico, que também proporcionam conforto ao paciente durante a remoção e a inserção do cateter.^{18,30-32} O comprimento da bainha, apesar do revestimento, não tem efeito significativo na redução do EAR.¹⁸ Uma dose repetida de vasodilatadores intra-arteriais e analgesia e sedação mais prolongadas podem ser adotadas para controlar um espasmo grave. Tem sido empregados sedação profunda com propofol, bloqueio do nervo axilar ou mesmo anestesia geral para permitir a remoção da bainha.^{33,34} Os intervencionistas devem ter o máximo cuidado durante a remoção do equipamento, caso contrário, a remoção forçada pode ser responsável por transecção ou endarterectomia por eversão da AR.³⁵

Oclusão da artéria radial

Em 2 a 10% dos pacientes, ocorre uma complicação denominada oclusão da AR (OAR) após o procedimento TR.³⁶ Pode estar relacionada a pequeno diâmetro da AR, anticoagulação inapropriada, uso de cânula por período prolongado e proporção inadequada do diâmetro da AR para diâmetro externo da bainha.³⁶⁻³⁹ Outros fatores que predisõem o paciente a OAR incluem sexo feminino, baixo peso corporal, pressão oclusiva prolongada e idade avançada. A presença

de pulso AR não exclui OAR devido à presença de circulação colateral pelos arcos palmares, que é um mecanismo extremamente protetor. Ainda, alguns intervencionistas enfatizam a importância do teste de Barbeau normal,⁴⁰ também conhecido como teste de Allen modificado, o que é controverso. Além disso, os resultados anormais do teste de Allen modificado fornecem evidências sobre isquemia na mão em comparação com pacientes com resultado normal.⁴¹ A oclusão da AR é, em geral, clinicamente quiescente.⁴² No entanto, sua presença dificulta o acesso repetido à AR.⁴²

Uma anticoagulação suficiente com heparina não fracionada reduz significativamente a incidência de OAR.^{36,43} A dose de 5 mil unidades de heparina não fracionada reduziu sua incidência de 71 para 4,3%.⁴⁴ As vias intravenosa (IV) ou intra-arterial podem ser usadas para a administração de heparina não fracionada, e ambas apresentam a mesma eficácia terapêutica.⁴⁵ Muitos operadores preferem a via IV ou aórtica para sua administração devido aos efeitos de sensação de queimação causados pela via intra-arterial.⁴⁵ A bivaluridina também pode ser usada na prevenção de OAR nos pacientes.⁴⁶ O tamanho do cateter também é preditivo de OAR pós-procedimento. Saito et al. demonstraram que uma razão do diâmetro interno da AR em relação ao diâmetro externo da bainha <1,0 prediz redução severa do fluxo após a intervenção TR.⁴⁷ Portanto, para prevenir a OAR, podem ser usados uma bainha e um cateter-guia de tamanho pequeno. Foram alcançadas boas taxas de sucesso do procedimento (95%) e baixa OAR (2,5%) com o uso da abordagem *sheathless*, de acordo com os relatos apresentados por Kwan et al.²⁵ A hemostasia pérvia guiada por pletismografia ou pressão arterial média através de um dispositivo de hemostasia que permita níveis ajustáveis de compressão parece reduzir a incidência de OAR. Mesmo que geralmente seja assintomática, a OAR pode limitar uma futura cateterização TR. A OAR sintomática pode ser resolvida com o uso de heparina de baixo peso molecular.⁴⁸ Além disso, pode ser realizada angioplastia para tratamento da isquemia da mão.⁴⁰ Para recanalizar uma OAR aguda, pode ser usada compressão ulnar transitória (1 hora).⁴⁹

Hematoma

Devido ao fato de a AR ser superficial, o hematoma geralmente é aparente durante o procedimento TR. Transfusão de sangue é raramente necessária durante o procedimento TR. A abordagem radial não afeta o sangramento não relacionado ao sítio de punção, que está mais relacionado ao organismo do paciente e ao esquema de anticoagulação.⁵⁰ Uma classificação de hematoma foi descrita por Bertrand, na qual os problemas no local da punção foram mantidos como graus I e II, e sangramento intramuscular foi classificado como graus III e IV (Tabela 2). O estudo fornece evidências de que o hematoma local é reduzido pelas bainhas hidrofílicas revestidas; no entanto, o efeito produzido não é significativo em comparação com a bainha não revestida.

Tabela 2. Classificação do hematoma transradial

Graus	I	II	III	IV	V
Incidência	≤5%	<3%	<2%	≤0,1%	<0,01%
Definição	Hematoma local superficial	Hematoma local com moderada infiltração muscular	Hematoma do antebraço com infiltração muscular abaixo do cotovelo	Hematoma com infiltração muscular que se estende até acima do cotovelo	Síndrome compartimental
Tratamento	Analgesia Gelo local Pulseira adicional	Analgesia Gelo local Pulseira adicional	Analgesia Gelo local Pulseira adicional Insuflação do manguito do monitor de pressão arterial	Analgesia Gelo local Pulseira adicional Insuflação do manguito do monitor de pressão arterial	Considerar cirurgia

Fonte: Bernat et al.⁴⁹

Perfuração da artéria radial

A perfuração da AR é uma complicação rara com incidência relatada de 1%.^{51,52} Pode ocorrer hematoma grave no antebraço se não for tratada adequadamente. Em pacientes idosos e em hipertensos, a manipulação forçada de fio-guia e cateteres leva à perfuração da AR. O risco de perfuração é potencializado por várias alterações anatômicas, como tortuosidade da AR, alças, origem radial alta e aorta ascendente mais curta.⁵³ Deve-se suspeitar de perfuração na AR se o paciente se queixar de dor e for observada resistência durante a passagem do fio-guia.⁵⁴

O controle em tempo hábil do sangramento causado pela perfuração ajuda a combater o hematoma em expansão. Pressão manual no local, por 30 minutos, pode ajudar. Com maior expansão do hematoma, insuflar o manguito do monitor de pressão arterial até acima da pressão sistólica, mantendo-o por 5 a 10 minutos, seguido de afrouxamento do manguito. Isso pode ser repetido dependendo da situação. Quando o hematoma se expande rapidamente, o efeito da heparina deve ser revertido. Se a perfuração for grande e não restritiva, a insuflação longa do balão (por 5 a 10 minutos), com baixa pressão (3 a 6atm), no local afetado, pode selar a perfuração. Em caso de falha, considerar fazer várias insuflações de balão ou usar um stent revestido.⁵⁵

Síndrome compartimental do antebraço

Outra complicação rara e mais temida de hemorragia na AR é a síndrome compartimental do antebraço, com incidência relatada de 0,004%.⁵⁶ Mesmo um pequeno volume de sangramento no braço pode levar a uma catástrofe, devido ao espaço livre limitado que há no antebraço, em comparação com a parte superior da coxa. Diversos sintomas clínicos, como dor aguda no antebraço, edema e tumefação, com alterações na sensibilidade distal e palidez distal, fornecem a base para o diagnóstico dessa síndrome. A confirmação da síndrome é feita pela mensuração direta da pressão do compartimento.⁵⁷ Na síndrome compartimental, laceração na AR, local de acesso e hematoma são fatores predisponentes. A maioria das perfurações resulta da manipulação agressiva do fio-guia ou anticoagulação excessiva.

A haste do cateter induz o tamponamento temporário; por isso, nem sempre a síndrome compartimental do antebraço é detectada durante o procedimento. Algumas medidas preventivas, como uso de gelo, elevação do braço e insuflação do manguito do monitor de pressão arterial, podem ser adotadas para evitar a progressão do hematoma para uma síndrome compartimental. No entanto, a documentação de pressões elevadas do compartimento justifica a fasciotomia de emergência.

Eversão da artéria radial e aprisionamento do cateter

A eversão da AR foi relatada com a remoção da bainha após EAR grave. Várias estratégias de tratamento, como administração de medicamentos espasmolíticos por via local ou sistêmica e sedação, são úteis para controlar o espasmo. Além disso, o torque do cateter de maneira agressiva ou EAR crônico também podem ser responsáveis pelo aprisionamento do cateter. Anestésicos gerais e terapia com medicamentos espasmolíticos podem ser usados na remoção do cateter aprisionado.

Se o aprisionamento for resultante de dobra ou tortuosidade, o desenrolamento da dobra sob orientação fluoroscópica ou o avanço de um fio para retificação do segmento tortuoso quase sempre permite a remoção do cateter.²⁶

Pseudoaneurisma

O pseudoaneurisma é outra complicação muito rara caracterizada por edema pulsátil, que ocorre dias ou semanas após o procedimento. De acordo com os relatos apresentados em uma série, sua taxa de incidência é inferior a 0,1%.⁵⁸ É causado por lesão penetrante da parede arterial durante a canulação, com consequente hemorragia e hematoma, e associado a múltiplas tentativas de punção e terapia anticoagulante agressiva. A ultrassonografia Doppler pode ser usada como teste confirmatório para diagnóstico. Pode-se fazer compressão prolongada logo após o procedimento para tratar o pseudoaneurisma. Porém, em alguns casos graves, a injeção de trombina e a terapia cirúrgica também são necessárias. O diagnóstico e o tratamento precoces são essenciais para minimizar complicações posteriores, como ruptura espontânea ou isquemia da mão, e para manter circulação suficiente na mão.

Fístula arteriovenosa

A fístula arteriovenosa é extremamente rara devido ao trajeto superficial da AR e às veias relativamente pequenas ao seu redor. Apresenta-se como dor persistente e edema no local de acesso, com veias visivelmente dilatadas e frêmito palpável. O reparo cirúrgico alivia os sintomas.

Lesão neural

Raramente, pode ocorrer dormência dos dedos devido a punções repetidas que lesam o nervo mediano ou radial. Essa é uma condição benigna, que se resolve gradualmente com o tempo. No entanto, a síndrome de dor regional complexa caracteriza-se por acometer as extremidades, sendo reconhecida por seus vários sintomas, como dor, déficit de movimento, instabilidade vasomotora e edema. Bloqueio simpático, analgésicos e fisioterapia desempenham papel fundamental no alívio dos sintomas. O reconhecimento imediato e o tratamento adequado são essenciais para prevenir esse distúrbio.

CONCLUSÃO

Dados robustos corroboram a viabilidade e a segurança da abordagem transradial adotada pelos intervencionistas, mas eles encontram muitas dificuldades para adotar esse método de cateterismo. É fundamental ter capacidade de reconhecer os problemas anatômicos e estratégias para superá-los, além das várias complicações exclusivas da abordagem transradial, de modo a evitar morbidade e mortalidade desnecessárias. Essa área passou por uma rápida transformação e provavelmente deve melhorar ainda mais com experiência, modificações nos equipamentos e tratamento farmacológico. O acesso transradial oferece aos intervencionistas uma oportunidade única de prestar cuidados ideais com risco reduzido.

FONTE DE FINANCIAMENTO

Não há.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Concepção e desenho do estudo: DD e RM; coleta dos dados: DD, YPS e ASK; interpretação dos dados: DD e BM; composição do texto: DD; aprovação da versão final a ser publicada: DD, RM, ASK, YPS e BM.

REFERÊNCIAS

1. Campeau L. Percutaneous radial artery approach for coronary angiography. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1989;16(1):3-7. <https://doi.org/10.1002/ccd.1810160103>
2. Kiemeneij F, Laarman GJ. Percutaneous transradial artery approach for coronary stent implantation. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1993;30(2):173-8. <https://doi.org/10.1002/ccd.1810300220>. Erratum in: *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1993;30(4):358.
3. Brueck M, Bandorski D, Kramer W, Wiecek M, Höltingen R, Tillmanns H. A randomized comparison of transradial versus transfemoral approach for coronary angiography and angioplasty. *JACC Cardiovasc Interv.* 2009;2(11):1047-54. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2009.07.016>
4. Kiemeneij F, Laarman GJ, Odekerken D, Slagboom T, van der Wieken R. A randomized comparison of percutaneous transluminal coronary angioplasty by the radial, brachial and femoral approaches: the access study. *J Am Coll Cardiol.* 1997;29(6):1269-75. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(97\)00064-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(97)00064-8)
5. Cooper CJ, El-Shiekh RA, Cohen DJ, Blaessing L, Burket MW, Basu A, et al. Effect of transradial access on quality of life and cost of cardiac catheterization: A randomized comparison. *Am Heart J.* 1999;138(3 Pt 1):430-6. [https://doi.org/10.1016/s0002-8703\(99\)70143-2](https://doi.org/10.1016/s0002-8703(99)70143-2)
6. Mann T, Cubeddu G, Bowen J, Schneider JE, Arrowood M, Newman WN, et al. Stenting in acute coronary syndromes: a comparison of radial versus femoral access sites. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32(3):572-6. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(98\)00288-5](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(98)00288-5)
7. Lo TS, Nolan J, Fountzopoulos E, Behan M, Butler R, Hetherington SL, Vijayalakshmi K, et al. Radial artery anomaly and its influence on transradial coronary procedural outcome. *Heart.* 2009;95(5):410-5. <https://doi.org/10.1136/hrt.2008.150474>
8. Yoo BS, Yoon J, Ko JY, Kim JY, Lee SH, Hwang SO, et al. Anatomical consideration of the radial artery for transradial coronary procedures: arterial diameter, branching anomaly and vessel tortuosity. *Int J Cardiol.* 2005;101(3):421-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2004.03.061>
9. Patel T, Shah S, Pancholy S, Rao S, Bertrand OF, Kwan T. Balloon-assisted tracking: a must-know technique to overcome difficult anatomy during transradial approach. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83(2):211-20. <https://doi.org/10.1002/ccd.24959>
10. Chugh SK, Chug S, Chug Y. Addressing the challenges of access of small radial and ulnar arteries in transradial and transulnar interventions: insights from a Colour Doppler study. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63:A442.
11. Chugh SK, Chugh Y, Chugh S. Overcoming the challenge of transradial interventions in women: insights from a Color Doppler Study. *J Am Coll Cardiol.* 2014;64:B240
12. Valsecchi O, Vassileva A, Musumeci G, Rossini R, Tespili M, Guagliumi G, et al. Failure of transradial approach during coronary interventions: anatomic considerations. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006;67(6):870-8. <https://doi.org/10.1002/ccd.20732>
13. Hamon M, Mc Fadden E. Transradial approach for cardiovascular interventions. *ESM; 2003.* Chapter 16.
14. Papadatos D. Trois observations anatomiques sur l'origine de l'arteria subclavia dextra comme dernière branche de l'arcus aortae (arteria lusoria) [3 anatomical observations of a right subclavian artery originating from the aortic arch (arteria lusoria)]. *Anat Anz.* 1976;140(1-2):100-17. French. PMID: 984447.
15. Miller JM, Miller KS. A note on the historical aspects of dysphagia lusoria. *Am Surg.* 1992;58(8):502-3. PMID: 1642389.
16. von Segesser L, Faidutti B. Symptomatic aberrant retro-esophageal subclavian artery: considerations about the surgical approach, management and results. *Thorac Cardiovasc Surg.* 1984;32(5):307-10. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1023410>.
17. Abhaichand RK, Louvard Y, Gobeil JF, Loubeyre C, Lefèvre T, Morice MC. The problem of arteria lusoria in right transradial coronary angiography and angioplasty. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2001;54(2):196-201. <https://doi.org/10.1002/ccd.1266>

18. Rathore S, Stables RH, Pauriah M, Hakeem A, Mills JD, Palmer ND, et al. Impact of length and hydrophilic coating of the introducer sheath on radial artery spasm during transradial coronary intervention: a randomized study. *JACC Cardiovasc Interv.* 2010;3(5):475-83. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2010.03.009>
19. Dehghani P, Mohammad A, Bajaj R, Hong T, Suen CM, Sharieff W, et al. Mechanism and predictors of failed transradial approach for percutaneous coronary interventions. *JACC Cardiovasc Interv.* 2009;2(11):1057-64. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2009.07.014>
20. Goldberg SL, Renslo R, Sinow R, French WJ. Learning curve in the use of the radial artery as vascular access in the performance of percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1998;44(2):147-52. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0304\(199806\)44:2<147::aid-ccd5>3.0.co;2-6](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0304(199806)44:2<147::aid-ccd5>3.0.co;2-6)
21. Kiemeneij F. Prevention and management of radial artery spasm. *J Invasive Cardiol.* 2006;18(4):159-60. PMID: 16729395.
22. He GW, Yang CQ. Characteristics of adrenoceptors in the human radial artery: clinical implications. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;115(5):1136-41. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(98\)70414-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(98)70414-3)
23. He GW, Yang CQ. Comparison among arterial grafts and coronary artery. An attempt at functional classification. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;109(4):707-15. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(95\)70352-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(95)70352-7)
24. Kiemeneij F, Vajifdar BU, Eccleshall SC, Laarmann G, Slagboom T, van der Wieken R. Evaluation of a spasmolytic cocktail to prevent radial artery spasm during coronary procedures. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2003;58(3):281-4. <https://doi.org/10.1002/ccd.10445>
25. Coppola J, Patel T, Kwan T, Sanghvi K, Srivastava S, Shah S, et al. Nitroglycerin, nitroprusside, or both, in preventing radial artery spasm during transradial artery catheterization. *J Invasive Cardiol.* 2006;18(4):155-8. PMID: 16729400.
26. Dandekar VK, Vidovich MI, Shroff AR. Complications of transradial catheterization. *Cardiovasc Revasc Med.* 2012;13(1):39-50. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2011.08.005>
27. Ruiz-Salmerón RJ, Mora R, Masotti M, Betriu A. Assessment of the efficacy of phentolamine to prevent radial artery spasm during cardiac catheterization procedures: a randomized study comparing phentolamine vs. verapamil. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2005;66(2):192-8. <https://doi.org/10.1002/ccd.20434>
28. Chen CW, Lin CL, Lin TK, Lin CD. A simple and effective regimen for prevention of radial artery spasm during coronary catheterization. *Cardiology.* 2006;105(1):43-7. <https://doi.org/10.1159/000089246>
29. Kim SH, Kim EJ, Cheon WS, Kim MK, Park WJ, Cho GY, et al. Comparative study of nicorandil and a spasmolytic cocktail in preventing radial artery spasm during transradial coronary angiography. *Int J Cardiol.* 2007;120(3):325-30. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.10.008>
30. Saito S, Tanaka S, Hiroe Y, Miyashita Y, Takahashi S, Satake S, et al. Usefulness of hydrophilic coating on arterial sheath introducer in transradial coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2002;56(3):328-32. <https://doi.org/10.1002/ccd.10202>
31. Dery JP, Simard S, Barbeau GR. Reduction of discomfort at sheath removal during transradial coronary procedures with the use of a hydrophilic-coated sheath. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2001;54(3):289-94. <https://doi.org/10.1002/ccd.1286>
32. Koga S, Ikeda S, Futagawa K, Sonoda K, Yoshitake T, Miyahara Y, et al. The use of a hydrophilic-coated catheter during transradial cardiac catheterization is associated with a low incidence of radial artery spasm. *Int J Cardiol.* 2004;96(2):255-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2003.07.016>
33. Pullakhandam NS, Yang ZJ, Thomas S, Wasenko J. Unusual complication of transradial catheterization. *Anesth Analg.* 2006;103(3):794-5. <https://doi.org/10.1213/01.ANE.0000227156.20336.2C>
34. Eltahway EA, Cooper CJ. Managing radial access vascular complications. *Card Interv Today.* 2010;(Mar-Apr):f 46-9.
35. Dieter RS, Akef A, Wolff M. Eversion endarterectomy complicating radial artery access for left heart catheterization. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2003;58(4):478-80. <https://doi.org/10.1002/ccd.10441>
36. Stella PR, Kiemeneij F, Laarmann GJ, Odekerken D, Slagboom T, van der Wieken R. Incidence and outcome of radial artery occlusion following transradial artery coronary angioplasty. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1997;40(2):156-8. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0304\(199702\)40:2<156::aid-ccd7>3.0.co;2-a](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0304(199702)40:2<156::aid-ccd7>3.0.co;2-a)
37. Chatelain P, Arceo A, Rombaut E, Verin V, Urban P. New device for compression of the radial artery after diagnostic and interventional cardiac procedures. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1997;40(3):297-300. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0304\(199703\)40:3<297::aid-ccd18>3.0.co;2-m](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0304(199703)40:3<297::aid-ccd18>3.0.co;2-m)
38. Saito S, Miyake S, Hosokawa G, Tanaka S, Kawamitsu K, Kaneda H, et al. Transradial coronary intervention in Japanese patients. *Catheter Cardiovasc Interv.* 1999;46(1):37-41; discussion 42. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-726X\(199901\)46:1<37::AID-CCD10>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-726X(199901)46:1<37::AID-CCD10>3.0.CO;2-Y)
39. Yokoyama N, Takeshita S, Ochiai M, Koyama Y, Hoshino S, Isshiki T, et al. Anatomic variations of the radial artery in patients undergoing transradial coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2000;49(4):357-62. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1522-726x\(200004\)49:4<357::aid-ccd1>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1522-726x(200004)49:4<357::aid-ccd1>3.0.co;2-z)
40. Barbeau GR, Arsenault F, Dugas L, Simard S, Larivière MM. Evaluation of the ulnopalmar arterial arches with pulse oximetry and plethysmography: comparison with the Allen's test in 1010 patients. *Am Heart J.* 2004;147(3):489-93. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2003.10.038>
41. Greenwood MJ, Della-Siega AJ, Fretz EB, Kinloch D, Klinke P, Mildenerberger R, et al. Vascular communications of the hand in patients being considered for transradial coronary angiography: is the Allen's test accurate? *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(11):2013-7. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.07.058>
42. Rhyné D, Mann T. Hand ischemia resulting from a transradial intervention: successful management with radial artery angioplasty. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(3):383-6. <https://doi.org/10.1002/ccd.22460>
43. Pancholy SB. Transradial access in an occluded radial artery: new technique. *J Invasive Cardiol.* 2007;19(12):541-4. PMID: 18180525
44. Spaulding C, Lefèvre T, Funck F, Thébault B, Chauveau M, Ben Hamda K, et al. Left radial approach for coronary angiography: results of a prospective study. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1996;39(4):365-70. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0304\(199612\)39:4<365::AID-CCD8>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0304(199612)39:4<365::AID-CCD8>3.0.CO;2-B)
45. Pancholy SB. Comparison of the effect of intra-arterial versus intravenous heparin on radial artery occlusion after transradial catheterization. *Am J Cardiol.* 2009;104(8):1083-5. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.05.057>
46. Plante S, Cantor WJ, Goldman L, Miner S, Quesnelle A, Ganapathy A, et al. Comparison of bivalirudin versus heparin on radial artery occlusion after transradial catheterization. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(5):654-8. <https://doi.org/10.1002/ccd.22610>
47. Saito S, Ikei H, Hosokawa G, Tanaka S. Influence of the ratio between radial artery inner diameter and sheath outer diameter on radial artery flow after transradial coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv.* 1999;46(2):173-8. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-726X\(199902\)46:2<173::AID-CCD12>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-726X(199902)46:2<173::AID-CCD12>3.0.CO;2-4)

48. Zankl AR, Andrassy M, Volz C, Ivandic B, Krumdsdorf U, Katus HA, et al. Radial artery thrombosis following transradial coronary angiography: incidence and rationale for treatment of symptomatic patients with low-molecular-weight heparins. *Clin Res Cardiol.* 2010;99(12):841-7. <https://doi.org/10.1007/s00392-010-0197-8>
49. Bernat I, Bertrand OF, Rokyta R, Kacer M, Pesek J, Koza J, et al. Efficacy and safety of transient ulnar artery compression to recanalize acute radial artery occlusion after transradial catheterization. *Am J Cardiol.* 2011;107(11):1698-701. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.01.056>
50. Verheugt FW, Steinhubl SR, Hamon M, Darius H, Steg PG, Valgimigli M, et al. Incidence, prognostic impact, and influence of antithrombotic therapy on access and nonaccess site bleeding in percutaneous coronary intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 2011;4(2):191-7. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2010.10.011>
51. Bertrand OF. Acute forearm muscle swelling post transradial catheterization and compartment syndrome: prevention is better than treatment! *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;75(3):366-8. <https://doi.org/10.1002/ccd.22448>
52. Calviño-Santos RA, Vázquez-Rodríguez JM, Salgado-Fernández J, Vázquez-González N, Pérez-Fernández R, Vázquez-Rey E, et al. Management of iatrogenic radial artery perforation. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2004;61(1):74-8. <https://doi.org/10.1002/ccd.10698>
53. Pyne C, Mann T. Overcoming anatomic challenges to transradial access. *Cardiac Interv Today.* 2010;(Mar-Apr): 38:40.
54. Gunasekaran S, Cherukupalli R. Radial artery perforation and its management during PCI. *J Invasive Cardiol.* 2009;21(2):E24-6. PMID: 19182300.
55. Rigatelli G, Dell'Avvocata F, Ronco F, Doganov A. Successful coronary angioplasty via the radial approach after sealing a radial perforation. *JACC Cardiovasc Interv.* 2009;2(11):1158-9. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2009.05.026>
56. Tizón-Marcos H, Barbeau GR. Incidence of compartment syndrome of the arm in a large series of transradial approach for coronary procedures. *J Interv Cardiol.* 2008;21(5):380-4. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8183.2008.00361.x>
57. Lipschitz AH, Lifchez SD. Measurement of compartment pressures in the hand and forearm. *J Hand Surg Am.* 2010;35(11):1893-4. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2010.07.006>
58. Sanmartin M, Cuevas D, Goicolea J, Ruiz-Salmerón R, Gómez M, Argibay V. Vascular complications associated with radial artery access for cardiac catheterization. *Rev Esp Cardiol Heart J* 2004; 57:581-4.