

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANNY WARSZAWIAK

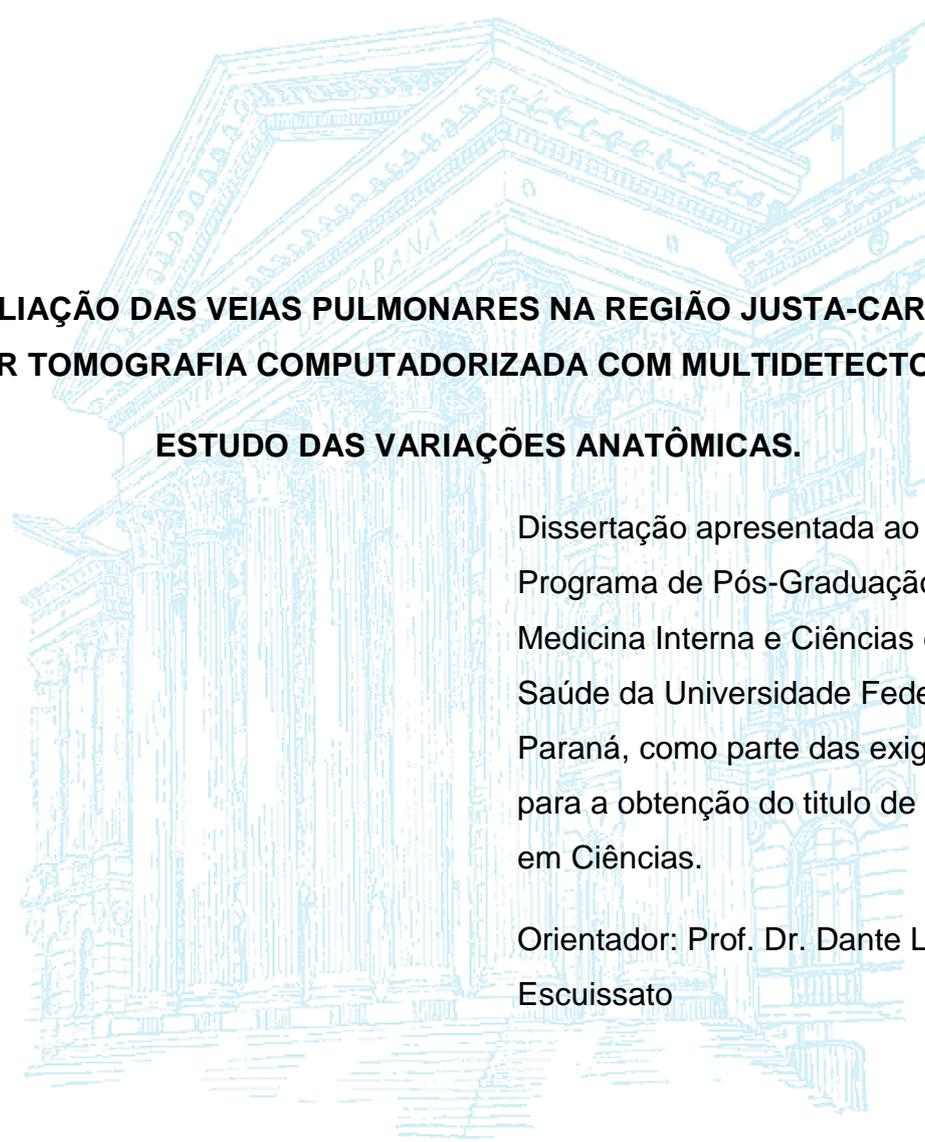
**AVALIAÇÃO DAS VEIAS PULMONARES NA REGIÃO JUSTA-CARDÍACA
POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MULTIDECTORES.**

ESTUDO DAS VARIAÇÕES ANATÔMICAS.

CURITIBA

2012

DANNY WARSZAWIAK



**AVALIAÇÃO DAS VEIAS PULMONARES NA REGIÃO JUSTA-CARDÍACA
POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MULTIDETECTORES.
ESTUDO DAS VARIAÇÕES ANATÔMICAS.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Medicina Interna e Ciências da
Saúde da Universidade Federal do
Paraná, como parte das exigências
para a obtenção do título de Mestre
em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Dante Luiz
Escuissato

CURITIBA

2012

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio incondicional.

Ao Professor Dante Luiz Escuissato pela orientação, incentivo e amizade.

Aos meus colegas do DAPI pelo apoio, ajuda e amizade.

RESUMO

A ablação por radiofrequência via cateter para tratamento da fibrilação atrial é um procedimento que tem se tornado cada vez mais frequente, sendo comum o mapeamento venoso prévio ao tratamento, principalmente por tomografia computadorizada com multidetectores, que é um método rápido, que pode ser realizado em pacientes claustrofóbicos e em pacientes com marca-passo cardíaco. O conhecimento de eventuais variações anatômicas de cada paciente pode contraindicar previamente o procedimento de ablação ou determinar maior ou menor possibilidade de complicações relacionadas a este procedimento. O presente trabalho, descritivo e retrospectivo, realizado em uma população geral de Curitiba (Paraná, Brasil) de 1003 pacientes durante o ano de 2010, dos quais 513 do sexo feminino e 490 do sexo masculino e com idades variando de 18 a 88 anos de idade, avalia a incidência das variações anatômicas das veias pulmonares junto de sua inserção no átrio esquerdo, descrevendo quais são estas variações, determinando quais os padrões mais comuns das veias pulmonares nesta população, qual a incidência de veias supranumerárias e sua localização, quantos óstios venosos existem e sua localização, bem como determina a extensão das veias desde a margem do átrio esquerdo até sua primeira ramificação, a partir de imagens de tomografia computadorizada do tórax. Os resultados mostram que o número de veias pulmonares supranumerárias é maior à direita (22,1% vs. 1,3%) e a quantidade de óstios venosos únicos comuns é maior à esquerda (48,4% vs. 6,8%). A veia supranumerária mais comum é aquela drenando o lobo médio (19,8%). “Ramificação precoce” foi um achado mais comum à direita do que à esquerda (65,1% vs. 8,9%). Devido à grande frequência destas variações e o potencial ganho conhecendo-as antes da realização do procedimento de ablação por radiofrequência para fibrilação atrial, conclui-se que há justificativas suficientes para realizar levantamento anatômico das veias pulmonares por tomografia computadorizada previamente ao procedimento.

Palavras-chave: veias pulmonares, tomografia computadorizada, fibrilação atrial, ablação por radiofrequência via cateter, variações anatômicas.

ABSTRACT

Radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation is a frequent procedure and venous mapping previous to the procedure with multidetector computed tomography has become common, as it is a fast examination that can be performed even in claustrophobic patients and those with pacemakers. Knowledge of anatomic variations of pulmonary veins in these patients may advise against the ablation procedure or determine the possibilities of complications related to this procedure. This retrospective and descriptive paper, performed in a general population in Curitiba (Paraná, Brazil), including 1003 individuals (513 women and 490 men, with ages ranging from 18 to 88-years-old) during the year of 2010, defines the incidence of anatomic variation of pulmonary veins adjacent to left atrium, describing this variations, what are the most common patterns of pulmonary veins anatomy in this population, the incidence of additional pulmonary veins and their localization, how many pulmonary vein ostia in each patient and their location and determines the length of pulmonary veins from the left atrium to its first bifurcation. Results show that accessory pulmonary veins are more common at right veins (22.1% vs. 1.3%) and common pulmonary ostia are more common at left veins (48.4% vs. 6.8%). Middle lobe vein is the commonest accessory vein (19.8%). Early ramification is more common with right veins than in left (65.1% vs. 8.9%). Due to pulmonary veins anatomy variation frequency and the potential gain of its knowledge previously to radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation, it is important to perform a computed tomography study prior to the procedure.

Key-words: pulmonary veins, computed tomography, radiofrequency catheter ablation, atrial fibrillation, anatomic variation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Reconstrução coronal com técnica MIP mostra as ramificações da veia pulmonar superior esquerda. O primeiro segmento (do átrio a primeira ramificação) foi denominado V1, as ramificações seguintes V2 e as ramificações seguintes V3.....29
- Figura 2 - Imagem no plano axial com reconstrução MIP. O círculo mostra a extrapolação do contorno do átrio esquerdo. Observa-se que as veias pulmonar inferior direita e do lobo médio ultrapassam o contorno (linha branca) separadamente, caracterizando óstios separados. Este achado foi confirmado no plano sagital e com reconstrução endoluminal.....30
- Figura 3 - Imagem reconstruída no plano coronal em relação à veia pulmonar inferior direita mostra a primeira ramificação da veia a 6 mm da margem atrial caracterizando ramificação precoce.....31
- Figura 4 - Imagem no plano coronal oblíquo com reconstrução MIP mostra veia supranumerária drenando o lobo médio (seta).....36
- Figura 5 - Imagem no plano coronal oblíquo mostra veia supranumerária drenando o segmento superior do lobo inferior direito (seta).....36
- Figura 6 - Imagem no plano coronal com reconstrução MIP mostra veia pulmonar esquerda única com a ramificação entre as veias pulmonares superior e inferior esquerdas ocorrendo a 10 mm da margem atrial (seta).....38
- Figura 7 - Reconstrução tridimensional endoluminal mostra três óstios à direita relacionados às veias pulmonares superior direita (seta A), do lobo médio (seta B) e inferior direita (seta C).....39

Figura 8 - A. Imagem no plano coronal mostra óstio comum amplo das veias pulmonares superior e inferior esquerdas. B. A mesma imagem da figura A com círculo demonstrando o contorno do átrio esquerdo e as veias pulmonares ultrapassando a margem atrial (linha diagonal) conjuntamente. Este achado foi confirmado no plano sagital e com reconstrução endoluminal.....40

Figura 9 - Imagens no plano axial com reconstrução MIP mostram duas veias de drenagem do lobo médio, uma para a VPID (seta em A) e outra para a VPSD (seta em B).....41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre os principais achados das veias pulmonares direitas e esquerdas.....	33
Tabela 2 – Achados anatômicos das veias pulmonares direitas.....	35
Tabela 3 – Achados anatômicos das veias pulmonares esquerdas.....	37
Tabela 4 - Locais de drenagem das veias do lobo médio.....	41
Tabela 5 – Primeiras ramificações das veias pulmonares principais (segmento V1).....	42

LISTA DE SIGLAS

AE -	Átrio esquerdo
ARFC -	Ablação por radiofrequência via cateter
FA -	Fibrilação atrial
MIP -	Projeção de intensidade máxima
RF -	Radiofrequência
RM -	Ressonância magnética
TC -	Tomografia computadorizada
TCMD -	Tomografia computadorizada com multidetectores
USIC -	Ecocardiografia intracardíaca
VPID -	Veia pulmonar inferior direita
VPIE -	Veia pulmonar inferior esquerda
VPSD -	Veia pulmonar superior direita
VPSE -	Veia pulmonar superior esquerda
VR -	Volume rendering
VVPP -	Veias pulmonares

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Embriologia das veias pulmonares	13
2.2 Anatomia das veias pulmonares	14
2.3 Fibrilação atrial	17
2.4 Ablação por radiofrequência via cateter	20
2.5 Métodos de imagem no estudo das veias pulmonares para a ARFC	23
3. CASUÍSTICA E MÉTODOS	27
4. RESULTADOS	32
5. DISCUSSÃO	42
6. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXOS	52
Aprovação pelo comitê de ética em pesquisa em seres humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná	52
Protocolo para avaliação das veias pulmonares	53
Cópia do artigo enviado ao periódico Europace, em revisão pelo editor.	54

1. INTRODUÇÃO

A ablação por radiofrequência via cateter (ARFC) para tratamento da fibrilação atrial é um procedimento que tem se tornado cada vez mais frequente, sendo cada vez mais comum o mapeamento venoso prévio ao tratamento, principalmente por tomografia computadorizada com multidetectores (TCMD), já que é um método rápido, que pode ser realizado em pacientes claustrofóbicos e em pacientes com marca-passo cardíaco. É importante conhecer a anatomia das veias pulmonares nos pacientes com fibrilação atrial que venham a ser submetidos à ablação por radiofrequência via cateter para o correto posicionamento do cateter e para prevenção de eventuais complicações pós-procedimento. O conhecimento de eventuais variações anatômicas de cada paciente pode contraindicar previamente o procedimento de ablação ou determinar maior ou menor possibilidade de complicações relacionadas a este procedimento. Uma grande análise populacional, determinando quais as variações anatômicas mais comuns destas veias pode ajudar no planejamento da ARFC, tornando conhecidas quais alterações devem ser procuradas em casos individuais, fazendo com que o mapeamento venoso dos casos de pacientes com FA que serão submetidos à ARFC seja mais rápido e eficiente.

O presente trabalho avalia a incidência das variações anatômicas das veias pulmonares junto de sua inserção no átrio esquerdo do coração, descrevendo quais são estas variações, determinando quais os padrões mais comuns das veias pulmonares nesta população, qual a incidência de veias supranumerárias e sua localização, quantos óstios venosos existem e sua localização, bem como determina a extensão das veias desde sua última confluência até a margem do átrio esquerdo (distância em milímetros do segmento V1) a partir de imagens com TCMD.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Embriologia das veias pulmonares

O desenvolvimento das veias pulmonares é um processo complexo que ocorre precocemente na vida embrionária, e seu entendimento pode ajudar a compreender a existência de focos arritmogênicos nas veias pulmonares. Existem várias teorias para explicar a formação das veias pulmonares baseadas em estudos em embriões de animais e humanos (BLOM et al., 2001). Uma teoria comumente aceita é a de que o átrio esquerdo e as veias pulmonares desenvolvem-se inicialmente separadamente entre o 25º e o 27º dias de gestação (BLOM et al., 2001; LATSON; PRIETO, L. R., 2007; MOORE; PERSAUD, 2008; DILLMAN et al., 2009). Segundo esta teoria, o sistema venoso pulmonar primitivo é parte do plexo esplâncnico, inicialmente conectando as veias cardinal (que dará origem à veia cava superior) e umbilicoviteline (que dará origem à veia cava inferior, sistema venoso portal e ao ducto venoso). Entre o 27º e o 29º dias de gestação um pequeno brotamento endotelial da parede dorsal (póstero-superior) do átrio esquerdo primitivo se desenvolve junto ao lado esquerdo do *septum primum*. Entre o 28º e o 30º dias de gestação este brotamento se une à porção venosa primária do plexo esplâncnico, à medida que o átrio se expande e começa a drenar o sangue do sistema pulmonar. A sequência de conexão do brotamento atrial com o plexo venoso pulmonar primitivo, seguido da incorporação do sistema pulmonar ao átrio esquerdo resulta na aparência típica do átrio esquerdo, onde quatro veias pulmonares são geralmente formadas, duas à direita e duas à esquerda. No desenvolvimento normal as conexões com os sistemas cardinal e umbilicoviteline atrofiam resultando em separação completa entre os sistemas pulmonar e sistêmico. Embora já se conheça há bastante tempo a presença de prolongamentos do miocárdio para as veias pulmonares (NATHAN; ELIAKIM, 1966), estudos moleculares mostram que mioblastos migram para as paredes das veias pulmonares, formando o que pode ser chamado de “miocárdio pulmonar”, cujo significado funcional é desconhecido (MOORE; PERSAUD, 2008).

Assim, cerca de metade do átrio esquerdo é formado a partir da conexão do brotamento atrial com o plexo venoso pulmonar primitivo, apresentando aspecto liso e cerca de metade (incluindo a aurícula esquerda) é derivada do átrio esquerdo primitivo, apresentando aspecto rugoso e trabeculado. Quando a incorporação do plexo venoso ao brotamento arterial é menor do que a habitual isso pode levar à confluência de veias, geralmente a superior e inferior do mesmo lado, mais comumente à esquerda, gerando tronco venoso comum ou apenas óstio venoso comum. Quando a incorporação do plexo venoso acontece além da primeira divisão das veias podem ser encontradas veias supranumerárias com óstios independentes no átrio esquerdo, mais frequentemente no lado direito (GHAYE et al., 2003).

2.2 Anatomia das veias pulmonares

Há séculos, anatomistas vêm descrevendo a estrutura anatômica das veias pulmonares. Um dos primeiros trabalhos a demonstrar as veias pulmonares e sua relação com o coração foi *De humani corporis fabrica* de Andreas Vesalius em 1543 (SAUNDERS; O'MALLEY, 1973; RIFKIN et al., 2006), com ilustrações que são utilizadas até os dias de hoje. Desde então apesar de haver inúmeras descrições destas veias nas publicações dedicadas ao estudo da anatomia, poucos foram os trabalhos dedicados à análise minuciosa das variações anatômicas das veias pulmonares. Maior interesse nestas variações anatômicas surgiu recentemente pela possibilidade das implicações na fibrilação atrial e seu tratamento.

As veias pulmonares coletam o sangue arterial dos pulmões e o sangue venoso da pleura visceral e dos brônquios (exceto das primeiras divisões dos brônquios, que são drenadas pelas veias bronquiais). Considera-se que normalmente existem cinco veias pulmonares, uma para cada lobo, porém geralmente há fusão da veia do lobo médio com outra veia (mais comumente com a veia que drena o lobo superior direito), de modo que quatro veias chegam ao átrio esquerdo, duas superiores e duas inferiores

(GARDNER, et al.,1988; GENEREUX, 1983). A anatomia convencional é definida, portanto, pela presença de quatro veias pulmonares, superiores direita e esquerda e inferiores direita e esquerda (LACOMIS et al., 2003). As veias pulmonares inferiores drenam, geralmente, os lobos inferiores dos pulmões. A veia pulmonar superior esquerda (VPSE) drena o lobo superior esquerdo, inclusive a língula; e a veia pulmonar superior direita (VPSD) drena, na maior parte das vezes, os lobos superior direito e médio (LACOMIS et al., 2003; CRONIN et al., 2004). Todas as veias pulmonares são recobertas parcialmente pela lâmina serosa do pericárdio e contribuem para limitar o seio oblíquo do pericárdio (GARDNER, et al.,1988). Quando a drenagem ocorre para uma estrutura diferente do átrio esquerdo (por exemplo para as veias cava superior ou inferior ou para uma das veias braquiocefálicas), considera-se que há drenagem venosa anômala parcial (quando ao menos uma das veias drena para outra estrutura) ou completa (quando todas as veias pulmonares drenam para uma estrutura diferente do átrio esquerdo) (LACOMIS et al., 2003). Ainda recentemente considerava-se que variações nesta anatomia eram raras, porém estudos recentes mostram que até 36% das pessoas possuem variações da anatomia normal, porém até o momento não se encontrou nenhuma relação de variações da normalidade com a frequência de arritmias cardíacas, apesar de poder existir focos elétricos ectópicos em veias supranumerárias (MAROM et al., 2004). Algumas relações das veias pulmonares com as estruturas adjacentes devem ser conhecidas pois podem ajudar na prevenção de complicações durante e após a ablação por radiofrequência via cateter. A VPSD está localizada adjacente à veia cava superior ou o átrio direito, com a veia pulmonar inferior direita (VPID) projetando-se horizontalmente. A VPSE apresenta íntima relação com a aurícula esquerda e a veia pulmonar inferior esquerda (VPIE) apresenta trajeto junto da aorta descendente.

Costuma-se didaticamente dividir as veias pulmonares em ramos a partir do óstio venoso retrogradamente em direção aos pulmões, apesar de anatomicamente existir confluência venosa desde o interior dos pulmões até o coração. Isto é feito para facilitar o entendimento da anatomia a partir do coração já que o procedimento de ablação é realizado no segmento justacardiaco. Assim denomina-se V1 o segmento desde o óstio até a primeira “ramificação” venosa, apesar de anatomicamente esta ser a última confluência

venosa; denominando-se V2 os segmentos até a próxima “ramificação”, e assim sucessivamente.

Veias supranumerárias podem existir como variações anatômicas, ocorrendo mais comumente do lado direito (LACOMIS et al., 2003; MAROM et al., 2004). A mais comum é a existência de uma veia do lobo médio separada das demais, podendo ocorrer em 1,6% a 23% das pessoas (MAROM et al., 2004; CRONIN et al., 2004). Apesar da drenagem do lobo médio comumente dar-se para a VSPD, pode em raros casos ocorrer para a VPID ou diretamente para o átrio esquerdo. Outras veias acessórias, apesar de menos comuns, também podem ocorrer, drenando um ou mais segmentos ou parte de um segmento pulmonar, podendo existir, por exemplo, uma veia lingular (AKIBA et al., 2010). Devido ao tamanho destas veias, podem ser difíceis de identificar na fluoroscopia, tornando-se potenciais focos arritmogênicos não passíveis de tratamento (MAROM et al., 2004; CRONIN et al., 2004).

Uma veia conjunta ocorre quando as veias pulmonares superior e inferior combinam-se junto ao átrio esquerdo resultando em apenas uma junção atriovenosa do lado envolvido. Este tipo de alteração é mais comum do lado esquerdo, que também é o lado em que há maior número de focos elétricos ectópicos (LACOMIS et al., 2003; MAROM et al., 2004). Quando há veias conjuntas geralmente observa-se que a junção atriovenosa é mais extensa, havendo um óstio venoso comum. O número de óstios venosos é mais facilmente visualizado com uma reconstrução tomográfica endoluminal a partir do átrio esquerdo. Pode-se considerar que existe um óstio comum quando a distância entre a margem do átrio esquerdo e a bifurcação das veias pulmonares superior e inferior é maior que 05 mm (JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005). Se a distância for menor que 05 mm considera-se que existam dois óstios venosos separados. (MAROM et al., 2004; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005).

Considera-se que exista uma “ramificação” precoce quando a primeira bifurcação venosa ocorra próximo da junção atriovenosa, com dados da literatura que variam entre 05 mm e 10 mm, ou seja, quando o segmento V1 tenha menos de 05 a 10 mm de extensão (LACOMIS et al., 2003; MAROM et

al., 2004; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005) o que pode levar a estenose deste ramo após a ARFC.

Um esquema de classificação para as variações anatômicas das veias pulmonares foi proposto por Marom e colaboradores (MAROM et al., 2004). Neste esquema a primeira letra é referente ao lado da alteração (R para direito e L para esquerdo), o número que vem a seguir demonstra o número de óstios existentes daquele lado. A letra que vem a seguir, quando presente, refere-se a uma variação particular dentro da classificação, que deve ser descrita detalhadamente, por exemplo um indivíduo com três veias pulmonares direitas, sendo uma para o lobo médio seria classificado como R3a. Um esquema de classificação semelhante, com pequenas modificações, também foi utilizado por Wannasopha e colaboradores, quando foram avaliadas as variações anatômicas das veias pulmonares em uma população na Tailândia (WANNASOPHA et al., 2012).

2.3 Fibrilação atrial

A fibrilação atrial (FA) é uma arritmia supraventricular comum caracterizada pela contração caótica e não coordenada do átrio, com consequente deterioração da função atrial. (FUSTER et al., 2006; CALKINS et al., 2007) As manifestações eletrocardiográficas (ECG) comuns da FA incluem ondas fibrilatórias irregulares e, em pacientes com condução atrioventricular intacta, resposta ventricular irregular. FA paroxística é definida quando o quadro é recorrente (maior ou igual a dois episódios) terminando espontaneamente dentro de sete dias. A FA persistente é definida quando a arritmia é sustentada por mais de sete dias ou dura menos de sete dias e necessita cardioversão farmacológica ou elétrica. FA permanente é um termo utilizado se a cardioversão falhou ou não foi tentada, não devendo ser utilizado no contexto de pacientes submetidos a ablação (por cateter ou cirúrgica), já que nestes casos foi tomada a decisão de não se reestabelecer o ritmo sinusal por nenhum meio, incluindo a ablação. Estas definições aplicam-se apenas para episódios de FA durando ao menos 30 segundos e sem causa reversível

como doença pulmonar aguda ou hipertireoidismo. Em pacientes com marca-passo cardíaco o diagnóstico de FA pode requerer inibição parcial do marca-passo para expor a atividade fibrilatória atrial. A FA pode ocorrer isoladamente ou associada a outras arritmias, as mais comuns o “flutter” atrial e a taquicardia atrial. (FUSTER et al., 2006; CALKINS et al., 2007)

A fibrilação atrial é a arritmia mais comum na prática clínica, respondendo por cerca de um terço das hospitalizações por alteração de ritmo cardíaco (FUSTER et al., 2006). Nos últimos 20 anos houve um aumento de cerca de 66% nas admissões hospitalares por FA (FUSTER et al., 2006) devido a uma combinação de fatores incluindo envelhecimento da população, aumento na prevalência de doença cardíaca crônica e um diagnóstico de FA mais frequente por melhor monitoração ambulatorial. Isto torna a FA um problema bastante dispendioso para a saúde pública, com um custo anual estimado de três mil Euros por paciente na União Europeia, totalizando cerca de 13,5 bilhões de Euros (FUSTER et al., 2006). A prevalência estimada da doença é de 0,4% a 1% na população geral, aumentando com a idade, chegando a cerca de 8% em indivíduos com mais de 80 anos de idade (FUSTER et al., 2006). A idade média dos pacientes com FA é de aproximadamente 75 anos, com 70% dos pacientes entre 65 e 85 anos de vida. Pacientes sem nenhuma história de doença cardiopulmonar representam entre 10% e 30% do total de pacientes, sendo hipertensão arterial essencial, doença isquêmica do coração, doenças valvulares cardíacas e diabetes as condições mais associadas com a FA. A incidência anual da doença varia de menos de 0,1% em indivíduos com menos de 40 anos a 2% em homens com mais de 80 anos (FUSTER et al., 2006). A FA está relacionada com aumento de eventos vasculares cerebrais, insuficiência cardíaca e aumento global da mortalidade, sobretudo em mulheres.

Diversas teorias já foram propostas para a origem da FA. Atualmente as principais teorias sugerem que sua origem possa ser de múltiplas pequenas ondas elétricas que reentram no átrio ou de focos elétricos ectópicos (HAÏSSAGUERRE et al., 1994; CHEN, S-A. et al., 1999). Estas teorias não são excludentes entre si e podem, inclusive, coexistir como mecanismos da FA. Embora os focos elétricos ectópicos possam estar localizados na veia cava superior, no ligamento de Marshall, na parede livre do átrio esquerdo, na crista

terminal e no seio venoso coronariano, são mais comumente originários de veias pulmonares, já que estas apresentam prolongamentos musculares em suas porções justacardíacas (NATHAN; ELIAKIM, 1966; HAÏSSAGUERRE et al., 1994; LACOMIS et al., 2003; MAROM et al., 2004; CRONIN et al., 2004; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005; FUSTER et al., 2006; CALKINS et al., 2007). Acredita-se que até 96% das fibrilações atriais possam ser originadas de atividades espontâneas das veias pulmonares (CRONIN et al., 2004), a maioria originando-se da VPSE. (LACOMIS et al., 2003; CRONIN et al., 2004) Os prolongamentos miocárdicos nas veias podem estender-se por distâncias que variam desde 02 mm até 17 mm a partir dos óstios venosos, sendo mais longos nas veias pulmonares superiores e mais espessos nas veias pulmonares esquerdas, explicando o porquê da maioria dos focos elétricos ectópicos estarem localizados na VPSE (CRONIN et al., 2004). Estudos recentes demonstram haver tecido de condução especializado no prolongamento miocárdico das veias pulmonares. Isto explica o porquê muitas vezes haver atividade elétrica nas veias pulmonares, mesmo após sua desconexão elétrica do átrio esquerdo (CALKINS et al., 2007). Além disso, suspeita-se que as veias pulmonares também possam ser local preferencial de arritmias reentrantes. Também há sinais de que as zonas periostiais das veias pulmonares no átrio esquerdo apresentam as maiores frequências de pulsos elétricos em pacientes com FA paroxística. Contudo, em pacientes com FA prolongada persistente é raro encontrar áreas de frequência dominante nas regiões das veias pulmonares, concordando com o baixo sucesso da ablação por radiofrequência nestes pacientes (CALKINS et al., 2007).

O tratamento dos pacientes com FA tem três objetivos principais: controle da frequência cardíaca, prevenção de tromboembolismo e correção da arritmia cardíaca, objetivos não necessariamente excludentes entre si. A fim de se determinar a estratégia de tratamento é necessário saber: tipo e duração da FA, gravidade e tipo dos sintomas, presença ou não de doença cardiovascular associada, idade do paciente, outras comorbidades, objetivos do tratamento a curto e longo prazo e opções farmacológicas e não farmacológicas de tratamento. Drogas e ablação são efetivos tanto para o controle da frequência quanto do ritmo cardíacos, e em alguns casos, a cirurgia pode ser necessária.

Independentemente da abordagem, a necessidade de anticoagulação é definida pelo risco de acidente vascular encefálico e não pelo ritmo cardíaco. Para controle do ritmo, drogas são geralmente a primeira escolha e a ablação é a escolha de segunda linha. Em alguns pacientes, especialmente em jovens com FA sintomática que necessitem ritmo sinusal, a ablação por radiofrequência é o tratamento preferencial ao invés de anos de farmacoterapia. Em pacientes que já serão submetidos a outra cirurgia cardíaca (como revascularização miocárdica ou cirurgia valvar) o tratamento cirúrgico pode ser indicado. Farmacoterapia é o tratamento primário para o controle de frequência na maioria dos pacientes (FUSTER et al., 2006).

2.4 Ablação por radiofrequência via cateter

A ablação por radiofrequência via cateter (ARFC) é um procedimento em que é aplicada energia de radiofrequência nos óstios venosos pulmonares e nos infundíbulos venosos na porção posterior do átrio esquerdo do coração (LACOMIS et al., 2003), sendo necessária ablação de todos os óstios venosos, desconectando este tecido do átrio esquerdo, para garantir uma boa taxa de sucesso do procedimento (MARROUCHE et al., 2002; MAROM et al., 2004). A ideia básica para a ablação na FA é a produção de lesões miocárdicas que bloqueiem a propagação das ondas de fibrilação de uma fonte que as dispara rapidamente ou modificação do substrato arritmogênico responsável pela reentrada. Para isto a abordagem tradicional é submeter o miocárdio a energia de radiofrequência (RF) através de um eletrodo introduzido em um cateter transvenoso. A energia de RF promove ablação do miocárdio através da condução de corrente elétrica alternada através do tecido miocárdico. A resistividade do tecido resulta em dissipação da energia de RF como calor, que é conduzido às camadas mais profundas do tecido, levando a necrose irreversível, que vai se transformar em tecido cicatricial não condutor (CALKINS et al., 2007).

Existem várias razões hipotéticas para justificar a ablação para o tratamento da FA, incluindo melhora na qualidade de vida, redução no risco de acidente vascular encefálico, redução no risco de insuficiência cardíaca e

melhora da sobrevida, porém a principal justificativa neste momento é a melhora da qualidade de vida em pacientes sintomáticos, já que para as demais justificativas ainda não há provas definitivas quanto ao uso da ablação. Estudos preliminares demonstram que pode haver redução na morbidade e mortalidade dos pacientes, além de redução no número de episódios de FA, quando o controle do ritmo cardíaco é realizado com ablação em oposição ao controle com tratamento farmacológico (CALKINS et al., 2007). O Consenso para o Manejo de Pacientes com FA de 2006 da ACC/AHA/ESC afirma que a “ablação por cateter é uma alternativa razoável ao tratamento farmacológico para prevenir FA recorrente em pacientes sintomáticos com pouco ou nenhum aumento do átrio esquerdo” (Recomendação Classe 2A, nível de evidência C) (FUSTER et al., 2006). Considera-se indicação primária para a ARFC a presença de FA sintomática refratária ou intolerante a ao menos uma medicação antiarrítmica Classe 1 ou 3 (CALKINS et al., 2007). Raramente a ARFC será considerada a primeira linha na terapia da FA. A presença de trombo no átrio esquerdo é uma contraindicação ao tratamento da FA por ARFC.

Este procedimento é longo, muitas vezes consumindo várias horas, já que é necessário cateterizar e realizar o mapeamento elétrico de cada uma das veias pulmonares. No passado, boa parte do tempo era gasto para determinar por meio de fluoroscopia a anatomia dos óstios venosos pulmonares injetando-se material de contraste iodado no átrio esquerdo para que este refluisse para as veias pulmonares de maneira retrógrada, a fim de identificá-las, antes do procedimento propriamente dito ser iniciado (LACOMIS et al., 2003). Outras maneiras de identificação dos óstios venosos são o mapeamento eletroanatômico tridimensional e ecocardiografia intracardíaca (CALKINS et al., 2007). Atualmente considera-se que o mapeamento venoso previamente ao procedimento, para garantir que todos os óstios sejam submetidos à ablação, é importante para garantir o sucesso do procedimento e prevenir complicações (CRONIN et al., 2004).

O consenso publicado pela força tarefa em ARFC da Hearth Rythm Society (HRS) atesta que: as estratégias de ablação direcionadas às veias pulmonares e/ou antro venoso pulmonar são a pedra fundamental da maioria

dos procedimentos de ablação; se os alvos são as veias pulmonares, isolamento elétrico completo deve ser o objetivo; identificação dos óstios das veias pulmonares é mandatório para evitar ablação no interior das veias (que pode levar a complicações, como estenose venosa); e em pacientes com FA persistente prolongada o isolamento dos óstios das veias pulmonares pode não ser suficiente para o tratamento (CALKINS et al., 2007).

A ARFC para FA é um dos procedimentos mais complicados realizados por eletrofisiologistas, com possíveis complicações que podem ocorrer em até 6% dos casos (JORDAENS, 2004; CALKINS et al., 2007). As principais complicações são: tamponamento cardíaco, estenose das veias pulmonares, lesão esofagiana (podendo inclusive levar a fístula átrio-esofagiana), lesão do nervo frênico, tromboembolismo, arritmias pós-procedimento, trauma na valva mitral, oclusão coronariana aguda e possíveis complicações relacionadas à exposição à radiação durante o procedimento.

A estenose das veias pulmonares resulta da injúria térmica à musculatura das veias pulmonares, com incidências variando de 0 a 38% (KATO et al., 2003; SAAD, E. B. et al., 2003; DONG et al., 2005; CALKINS et al., 2007; HOLMES et al., 2009). Esta diferença é resultado de diferentes técnicas de ablação, definição de estenose de veia pulmonar, métodos e intensidade de busca desta complicação e há quanto tempo o estudo foi realizado, já que cada vez mais os médicos eletrofisiologistas reconhecem esta potencial complicação e sabem que ela pode ser prevenida evitando-se a aplicação de RF no interior da veia pulmonar. A melhora nos métodos de imagem para a identificação dos óstios das veias pulmonares também resultou em redução na incidência da estenose das veias pulmonares. O melhor método para a detecção da estenose é obtenção de imagens (por TC ou RM) das veias pulmonares antes e vários meses após a ARFC (BIASE, DI et al., 2006; CALKINS et al., 2007). Obtenção das imagens antes do procedimento é particularmente importante para verificar a estenose de maneira comparativa, já que existe grande variabilidade nos diâmetros das veias pulmonares (KIM, Y.-H. et al., 2005). A estenose pode ser definida como leve (<50%), moderada (50%-70%) ou grave (>70%). Estenose venosa sintomática é mais comum em estenoses graves, porém mesmo estas e oclusões venosas completas podem ser assintomáticas (BELCOURT et al., 1986; CALKINS et al., 2007; HOLMES

et al., 2009). Os sintomas, quando presentes, incluem dor torácica, dispneia, tosse, hemoptise, infecções pulmonares recorrentes e aqueles relacionados a hipertensão pulmonar. O tratamento pode ser feito com venoplastia, com ou sem colocação de “stent”.

2.5 Métodos de imagem no estudo das veias pulmonares para a ARFC

O estudo das veias pulmonares por métodos de imagem é realizado há várias décadas, sendo inicialmente feito por radiografias e angiografia convencionais (STEINBACH et al., 1955; ORMOND; POZNANSKI, 1960; PACHECO; GARCIA, 1964), e mais recentemente com ressonância magnética (RM), TCMD e ecocardiografia (US), inclusive intracardíaca durante o procedimento de ablação (JONGBLOED; BAX; et al., 2005; FRANÇOIS et al., 2009).

Historicamente a fluoroscopia, com ou sem venografia, era utilizada durante a ARFC na FA. Isto, porém, aumenta o tempo de fluoroscopia (muitas vezes excedendo 60 minutos) e conseqüentemente uma dose grande de radiação (até 1,5 Gy). A venografia, quando utilizada, tem o propósito de auxiliar na localização e dimensões dos óstios das veias pulmonares, além de avaliar possível estenose venosa. A venografia pode ser realizada injetando-se contraste no tronco da artéria pulmonar e nas artérias pulmonares direita e esquerda, observando-se as veias em uma vase venosa da arteriografia pulmonar. Outra técnica consiste na injeção do meio de contraste no interior do átrio esquerdo ou diretamente no óstio da veia pulmonar superior direita ou esquerda após indução de bloqueio atrioventricular com adenosina, fazendo com que o contraste preencha o átrio esquerdo, os antros das veias pulmonares e as porções proximais das veias pulmonares durante a fase de assistolia ventricular. Uma terceira técnica envolve a injeção de contraste em cada um dos óstios das veias pulmonares (CALKINS et al., 2007). Estudo recente de Tang e colaboradores (TANG et al., 2010) mostra que novas técnicas de angiografia combinadas com o conhecimento prévio da anatomia

venosa mapeada por TCMD podem reduzir o tempo de fluoroscopia além de otimizar as projeções fluoroscópicas em cada paciente.

O mapeamento das veias pulmonares pode ser feito durante o procedimento de ARFC com mapeamento eletroanatômico tridimensional, que permite manipulação, ativação e mapeamento de voltagem do cateter sem uso de fluoroscopia, com identificação e direcionamento das áreas de ablação (KNACKSTEDT et al., 2008). Isto permite uma redução do tempo de fluoroscopia durante o procedimento. Também é possível, com novos equipamentos, incorporar imagens de TC ou RM pré-adquiridas ao mapeamento em tempo real durante a ARFC (KNACKSTEDT et al., 2008), o que pode diminuir o tempo de fluoroscopia e reduzir a incidência de estenoses venosas (KNECHT et al., 2008). As imagens de TC ou RM podem apresentar diferenças em relação ao mapa eletroanatômico, principalmente relacionadas ao status de volume do átrio nos dois momentos, diferenças na fase respiratória e diferenças no ritmo cardíaco (CALKINS et al., 2007).

A ecocardiografia intracardíaca (USIC) pode fornecer informações anatômicas em tempo real, das quais muitas não são identificadas na fluoroscopia, como a localização da fossa oval, das veias pulmonares (quando a venografia não é realizada), da aurícula esquerda, das valvas cardíacas e de estruturas extracardíacas. Este procedimento apresenta, ainda, vantagem em relação a ecocardiografia transesofágica, já que esta é limitada pelo desconforto do paciente e da necessidade de manejo da via aérea em procedimentos prolongados. Alguns transdutores utilizados na USIC precisam ser posicionados no interior do átrio esquerdo para obter imagens de qualidade, enquanto outros, operando em frequências que variam de 5,5 MHz a 10 MHz, conseguem imagens com penetrações variando de 2 cm a 12 cm, permitindo que imagens sejam feitas a partir do átrio direito. A USIC facilita a punção transeptal, especialmente se há variações anatômicas ou condições clínicas específicas como aneurisma de septo interatrial, hipertrofia lipomatosa do septo interatrial, cirurgias prévias com distorção ou espessamento do septo interatrial ou em casos de defeito do septo interatrial, podendo reduzir o risco de potenciais complicações relacionadas ao acesso transeptal. A USIC pode auxiliar na visualização da anatomia das veias pulmonares em tempo real, porém com menor resolução quando comparada a TC ou RM realizadas

previamente, na visualização da interface entre o cateter e o tecido cardíaco e no posicionamento do cateter, além de poder identificar formação de trombos. É possível detectar microbolhas durante o procedimento, representando superaquecimento do tecido(CALKINS et al., 2007).

A TCMD e a RM podem facilitar a ARFC na FA por: detalhar a anatomia das veias pulmonares e do átrio esquerdo previamente ao procedimento; demonstrar a relação anatômica entre o átrio esquerdo, o esôfago e estruturas vasculares adjacentes; demonstrar o grau de remodelamento das veias pulmonares e do átrio esquerdo; e ajudar na detecção de complicações pós-procedimento, principalmente na detecção de estenose das veias pulmonares(BIASE, DI et al., 2006; CALKINS et al., 2007). A variabilidade morfológica das veias pulmonares pode influenciar a taxa de sucesso da ARFC se as variações não forem corretamente reconhecidas. Tanto a TCMD quanto a RM demonstram melhor que os métodos descritos anteriormente a existência de veias supranumerárias e ramificações precoces das veias, além de demonstrarem melhor a existência de tronco venoso comum, tanto à direita quanto à esquerda. Localizar adequadamente estas variações anatômicas é importante para planejar a ARFC, o que pode ser obtido tanto com imagens de TCMD quanto de RM, previamente ao procedimento (CALKINS et al., 2007). Uma potencial vantagem da RM quando utilizada após o procedimento é a possibilidade deste método demonstrar o tecido cicatricial no local onde foi realizada a ablação (através da técnica de realce tardio), o que poderia provar que o procedimento de ARFC foi bem sucedido (PETERS et al., 2007).

A RM e a USIC são bastante eficientes na demonstração da anatomia venosa e não apresentam a desvantagem da TCMD quanto ao uso da radiação ionizante. Contudo, a TCMD é um método mais rápido, pode ser realizada mesmo em pacientes claustrofóbicos e com marca-passo cardíaco (diferentemente da RM) e permite o conhecimento da anatomia antes da realização da ARFC (ao contrário da USIC). Além disso, a maior resolução espacial da TCMD permite a detecção de maior número de ramos venosos, quer sejam veias supranumerárias ou ramos das veias pulmonares principais, e permite uma melhor avaliação das dimensões e morfologia dos óstios venosos

(JONGBLOED; BAX; et al., 2005; NIINUMA et al., 2008). O uso da TCMD permite também a detecção de trombos no interior do átrio esquerdo, que contraindicam o procedimento, além de poder demonstrar eventuais outras alterações extracardíacas, as quais em estudo recente foram encontradas em 72% dos pacientes submetidos à angiografia por TCMD para determinar a anatomia das veias pulmonares, sendo consideradas alterações clinicamente significativas em 31% (SOHNS et al., 2010). Estudo recente também demonstra que é possível avaliar as artérias coronárias ao mesmo tempo em que se determina a anatomia das veias pulmonares, evitando outro procedimento para este fim (SOHNS et al., 2012).

A medida do óstio venoso é importante para se determinar qual o tipo de cateter a ser utilizado para a ARFC, assim como para a estimativa da probabilidade de estenose pós-procedimento (JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005; NIINUMA et al., 2008). Os óstios venosos tendem a ser mais ovais do que redondos, pelo que se recomenda a medida em dois planos perpendiculares. A medida deve ser realizada em um plano perpendicular ao maior eixo da veia (JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005; NIINUMA et al., 2008). Para isso deve-se traçar uma linha paralela ao eixo da veia e a partir desta linha fazer uma reconstrução em plano perpendicular a esta, obtendo-se uma imagem frontal (“en face”) da veia (NIINUMA et al., 2008). Os diâmetros dos óstios das veias são geralmente maiores à direita em comparação com as veias esquerdas (JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005).

3. CASUÍSTICA E MÉTODOS

Estudo descritivo e retrospectivo analisando os exames de tórax realizados com TCMD com contraste intravenoso na clínica DAPI-Liga das Senhoras Católicas de Curitiba, Paraná de janeiro de 2010 a dezembro de 2010.

Foram incluídos todos os exames de tórax em que foi considerado necessário o uso de contraste intravenoso. Foram excluídos os exames em que por motivos técnicos não houve opacificação ideal das veias pulmonares ou do átrio esquerdo (avaliado de forma qualitativa), pacientes com envolvimento das veias pulmonares ou do coração por patologia extracardíaca (p. ex., infiltração neoplásica destas estruturas, alterações pós-radioterapia, presença de grande derrame pleural,...), pacientes que já tenham sido submetidos a pneumectomias, lobectomias ou segmentectomias pulmonares, pacientes submetidos a cirurgias cardíacas envolvendo o átrio esquerdo e pacientes com sinais tomográficos sugerindo hipertensão venosa pulmonar (espessamento de septos interlobulares, espessamento do interstício peribroncovascular e aumento de câmaras cardíacas avaliados de forma qualitativa).

Foram avaliadas 1850 tomografias de tórax com contraste intravenoso. Destes exames 575 foram excluídos por não apresentarem níveis de contraste ideal para a avaliação das veias pulmonares, 223 foram excluídos por apresentarem alteração pulmonar, pleural ou mediastinal adjacentes ao átrio esquerdo, prejudicando a avaliação tanto das veias pulmonares quanto do átrio esquerdo, e 49 pacientes foram excluídos por já terem sido submetidos a cirurgias prévias (pulmonares ou cardíacas) com alterações da anatomia pós-procedimento impossibilitando a análise das veias pulmonares. Portanto, foram avaliados os exames de 1003 pacientes neste período, dos quais 513 (51,1%) do sexo feminino e 490 (48,9%) do sexo masculino. As idades variaram de 18 a 88 anos de idade, com idade média de 56,3 anos e mediana de 57 anos.

Os exames foram realizados em aparelho de TCMD (Aquilion 64, Toshiba, Otawara, Japão). Foram adquiridas imagens no sentido craniocaudal

de todo o tórax com 0,5 mm de colimação durante injeção intravenosa de contraste iodado não iônico através de bomba injetora durante inspiração máxima, com modulação automática da dose de radiação. O protocolo de exames com contraste endovenoso utilizado na clínica consiste no posicionamento de um marcador da zona de interesse (ROI) no tronco da artéria pulmonar que mede os coeficientes de atenuação desta estrutura durante a injeção endovenosa de contraste iodado não iônico. Quando os valores de atenuação atingem 90 unidades Hounsfield (UH) o aparelho inicia automaticamente a aquisição das imagens. Com isso geralmente há opacificação ideal do átrio esquerdo e das veias pulmonares permitindo a análise morfológica destas estruturas

As imagens obtidas foram armazenadas integralmente no sistema de comunicação e armazenamento de imagens (Picture Archiving Communication System – PACS) já disponível na clínica (Carestream Vue PACS, Carestream Health, Onex Corporation, Toronto, Canadá). Os volumes armazenados foram posteriormente transferidos para estação de trabalho (VITREA 2, Vital Images, Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos da América), onde foi realizado pós-processamento para obtenção das imagens em planos paralelos e perpendiculares às veias pulmonares, assim como imagens tridimensionais para avaliação da anatomia venosa, com técnicas MIP e VR.

Todos os exames realizados apresentavam justificativa médica, não sendo necessário realizar nenhuma aquisição adicional para propósito específico do estudo. Não foi necessária apresentação de consentimento informado aos pacientes já que os exames não foram inicialmente realizados para estudo acadêmico, mas com propósito diagnóstico.

Os seguintes dados foram analisados: presença de cada uma das quatro veias pulmonares descritas na anatomia convencional (VPSD, VPID, VPSE e VPIE) e se existe um óstio separado para cada uma delas no átrio esquerdo; presença de óstios venosos comuns; presença de veias supranumerárias e seu local de drenagem; localização da veia do lobo médio e seu local de drenagem; distância da primeira ramificação venosa de cada uma

das veias principais e supranumerárias (quando presentes), ou seja, extensão do segmento V1 (figura 1).



Figura 1. Reconstrução coronal com técnica MIP mostra as ramificações da veia pulmonar superior esquerda. O primeiro segmento (do átrio a primeira ramificação) foi denominado V1, as ramificações seguintes V2 e as ramificações seguintes V3.

Para determinar o local da junção venoatrial foi realizada extrapolação do contorno externo do átrio esquerdo nos três planos ortogonais, desenhando-se uma linha contornando a margem externa do átrio esquerdo, indicando a margem entre o átrio e as veias pulmonares. Veias pulmonares entrando neste contorno “virtual” do átrio esquerdo separadamente nos três planos ortogonais foram definidas como tendo óstios separados. Quando as veias apresentaram trajeto comum ultrapassando o contorno virtual do átrio esquerdo tanto no plano transversal (maior eixo da veia) quanto no plano coronal (perpendicular ao maior eixo da veia) o óstio foi definido como óstio comum (figura 2). O plano sagital (também perpendicular ao maior eixo da veia) e reconstruções endoluminais foram utilizados para confirmar que as veias ultrapassam o

contorno do átrio esquerdo separadamente ou conjuntamente em casos de óstios separados ou comuns, respectivamente.

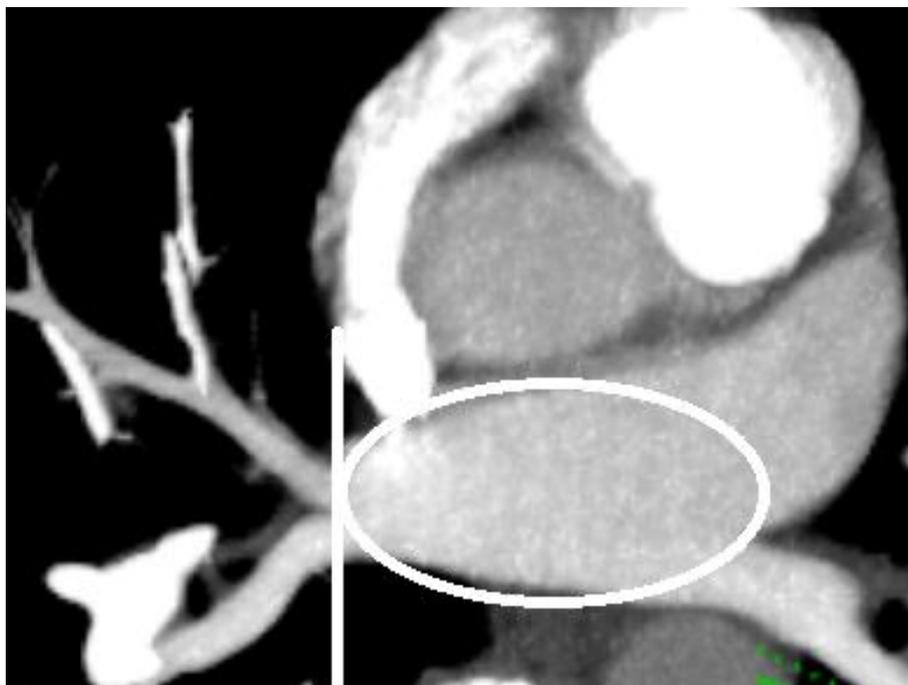


Figura 2. Imagem no plano axial com reconstrução MIP. O círculo mostra a extrapolação do contorno do átrio esquerdo. Observa-se que as veias pulmonar inferior direita e do lobo médio ultrapassam o contorno (linha branca) separadamente, caracterizando óstios separados. Este achado foi confirmado no plano sagital e com reconstrução endoluminal.

Veias pulmonares supranumerárias foram consideradas quando uma veia se junta ao átrio esquerdo a menos de 05 mm da linha representando o contorno do átrio esquerdo, podendo ou não apresentar óstio acessório.

Foi realizada a medida da extensão de cada uma das veias pulmonares principais e acessórias desde seus óstios até a primeira “ramificação” (segmento V1). Quando a medida foi igual ou maior a 05 mm, porém inferior a 10 mm, considerou-se “ramificação” precoce da veia (figura 3).

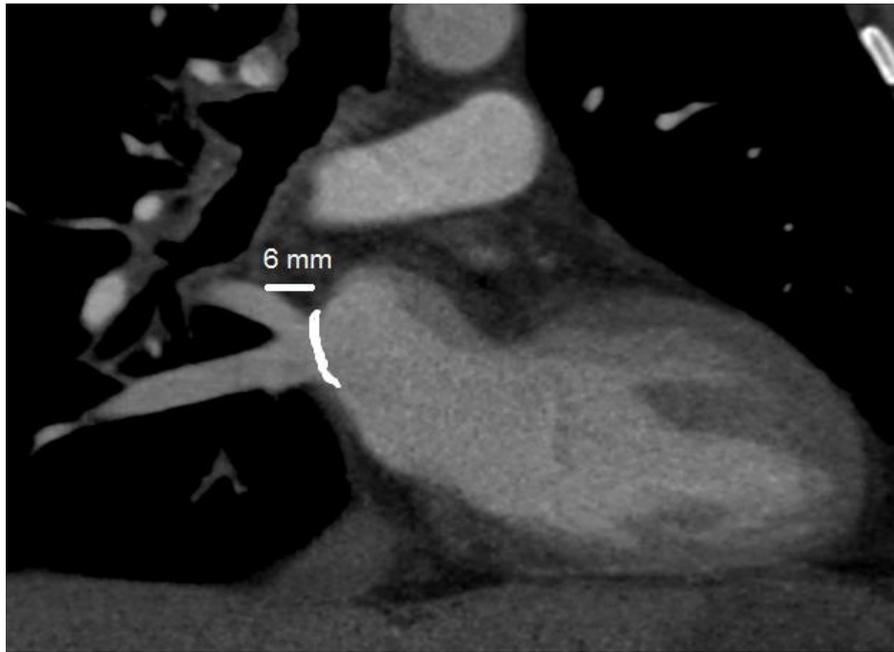


Figura 3. Imagem reconstruída no plano coronal em relação a veia pulmonar inferior direita mostra a primeira ramificação da veia a 6mm da margem atrial caracterizando ramificação precoce.

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná. O autor relata não haver nenhum conflito de interesses para a realização deste estudo.

4. RESULTADOS

Foram avaliados os exames de 1003 pacientes neste período, dos quais 513 (51,1%) do sexo feminino e 490 (48,9%) do sexo masculino. As idades variaram de 18 a 88 anos de idade, com idade média de 56,3 anos. Entre os 1003 pacientes estudados foram encontradas 4272 veias pulmonares (média de 4,26 veias por paciente) e foram identificados 3659 óstios venosos no átrio esquerdo (média de 3,65 óstios por paciente). A tabela 1 sumariza os principais dados comparativos das veias pulmonares direitas e esquerdas, os quais são descritos a seguir.

Tabela 1 – Comparação entre os principais achados das veias pulmonares direitas e esquerdas

	Direita	Esquerda
Número de veias por paciente	2,26	2,00
Indivíduos com veias supranumerárias	222 (22,1)	13 (1,3)
Número de óstios por paciente	2,12	1,52
Indivíduos com óstios venosos principais comuns	68 (6,8)	485 (48,4)
Veias pulmonares principais (superiores e inferiores) com ramificação precoce	1307 (65,1)	178 (8,9)

Fonte: O autor (2012)

Nota: os números entre parênteses indicam porcentagens

Quando analisadas apenas as veias pulmonares direitas (tabela 2), foram encontradas 2263 veias (média de 2,26 e mediana de 2 veias por paciente), observando-se no mínimo duas veias em todos os pacientes e no máximo quatro veias pulmonares direitas por pessoa. Duzentos e vinte e dois indivíduos (22,1% do total) apresentaram mais de duas veias pulmonares direitas, sendo que 187 (18,6% do total) exibiram três veias e 35 (3,5% do total) apresentaram quatro veias pulmonares direitas. Entre os indivíduos com três veias pulmonares direitas, a grande maioria (164 ou 87,7% dos pacientes com três veias pulmonares direitas) apresentou uma veia distinta drenando o lobo

médio (figura 4). Outra variação identificada nestes pacientes foi uma veia supranumerária drenando o segmento superior do lobo inferior direito (figura 5), que foi identificada em 14 indivíduos (7,5% dos pacientes com três veias pulmonares direitas). Outras variações encontradas em indivíduos com três veias pulmonares direitas foram veias de drenagem supranumerárias dos segmentos apical do lobo superior direito (dois pacientes), segmento posterior do lobo superior direito (três pacientes) e segmento basal medial do lobo inferior direito (três pacientes). Um paciente apresentou drenagem anômala parcial do lobo superior direito para a veia cava superior, porém existia outra veia pulmonar superior direita drenando normalmente no átrio esquerdo neste paciente. Em todos os pacientes apresentando quatro veias pulmonares direitas (35 pacientes) foi identificada uma veia supranumerária drenando o lobo médio. Em 24 destes pacientes (68,6% dos pacientes com quatro veias pulmonares direitas), além da veia do lobo médio também foi identificada uma veia drenando o segmento superior do lobo inferior direito). Nos demais pacientes com quatro veias pulmonares (11 pacientes) foram identificadas duas veias drenando o lobo médio, uma do segmento medial e outra do segmento lateral. Portanto, a variação anatômica mais comumente encontrada foi a veia supranumerária do lobo médio, encontrada em 199 indivíduos (89,6% dos indivíduos com mais de duas veias pulmonares direitas e 19,8% do total de pacientes estudados), sendo que 11 deles (4,9% dos indivíduos com mais de duas veias pulmonares direitas e 1,1% do total de pacientes estudados) apresentaram duas veias do lobo médio. A segunda variação mais comumente encontrada foi veia de drenagem supranumerária para o segmento superior do lobo inferior direito, encontrada em 38 pacientes (17,1% dos indivíduos com mais de duas veias pulmonares direitas e 3,8% do total de pacientes estudados), sendo que em 24 deles esta variação estava associada com uma veia supranumerária do lobo médio.

Tabela 2 – Achados anatômicos das veias pulmonares direitas

Achado	Pacientes (n=1003)
Número de indivíduos com:	
Uma Veia Pulmonar Direita	0 (0)
Duas Veias Pulmonares Direitas	781 (77,9)
Três Veias Pulmonares Direitas	187 (18,6)
Quatro Veias Pulmonares Direitas	35 (3,5)
Número de indivíduos com veia isolada de drenagem do lobo médio	199 (19,8)
Número de indivíduos com veia isolada de drenagem do segmento superior do lobo inferior direito	38 (3,8)
Número de indivíduos com outras veias de drenagem acessórias	8 (0,8)
Número de indivíduos com:	
Um óstio venoso direito comum	68 (6,8)
Dois óstios venosos direitos	769 (76,7)
Três óstios venosos direitos	141 (14,0)
Quatro óstios venosos direitos	25 (2,5)

Fonte: O autor (2012)

Nota: os números entre parênteses indicam porcentagens

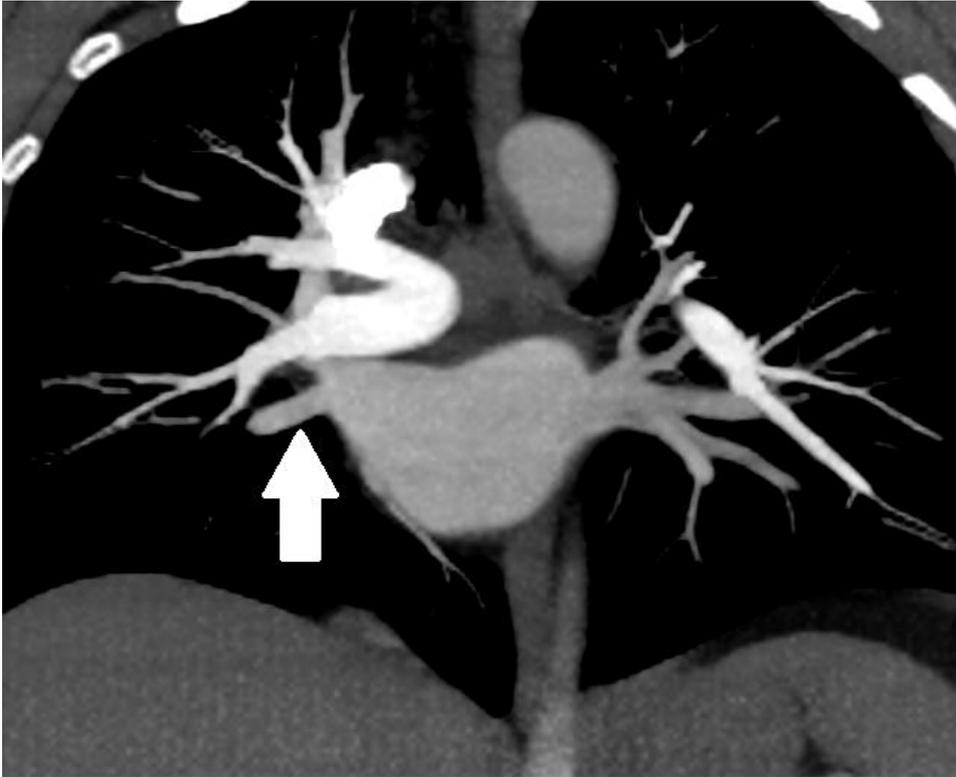


Figura 4. Imagem no plano coronal obluo com reconstrução MIP mostra veia supranumerária drenando o lobo médio (seta).



Figura 5. Imagem no plano coronal obluo mostra veia supranumerária drenando o segmento superior do lobo inferior direito (seta).

Em relação às veias pulmonares esquerdas (tabela 3), foram encontradas 2009 veias (média de 2,0 e mediana de 2 veias por paciente), observando-se no mínimo uma veia pulmonar esquerda e no máximo três veias pulmonares esquerdas por pessoa. Dez pacientes (1,0% do total) apresentaram apenas uma veia pulmonar esquerda, com a ramificação entre veias pulmonares superior e inferior esquerdas ocorrendo a no mínimo 07 mm da linha da margem do átrio esquerdo (figura 6). Dos treze pacientes com três veias pulmonares esquerdas, nove (69,2% dos pacientes com mais de duas veias pulmonares esquerdas e 0,9% do total de pacientes) apresentaram veia supranumerária drenando a língua. Nos quatro pacientes remanescentes foram encontradas drenagens parciais anômalas do lobo superior esquerdo para a veia braquiocefálica esquerda, sendo que em dois destes pacientes a veia de drenagem anômala apresentou comunicação com a veia pulmonar superior esquerda habitual, a qual estendia-se ao átrio esquerdo.

Tabela 3 – Achados anatômicos das veias pulmonares esquerdas

Achado	Pacientes (n=1003)
Número de indivíduos com:	
Uma Veia Pulmonar Esquerda	10 (1,0)
Duas Veias Pulmonares Esquerdas	980 (97,7)
Três Veias Pulmonares Esquerdas	13 (1,3)
Número de indivíduos com veia isolada de drenagem da língua	9 (0,9)
Número de indivíduos com:	
Um óstio venoso esquerdo comum	485(48,4)
Dois óstios venosos esquerdos	509 (50,7)
Três óstios venosos esquerdos	9 (0,9)

Fonte: O autor (2012)

Nota: os números entre parênteses indicam porcentagens

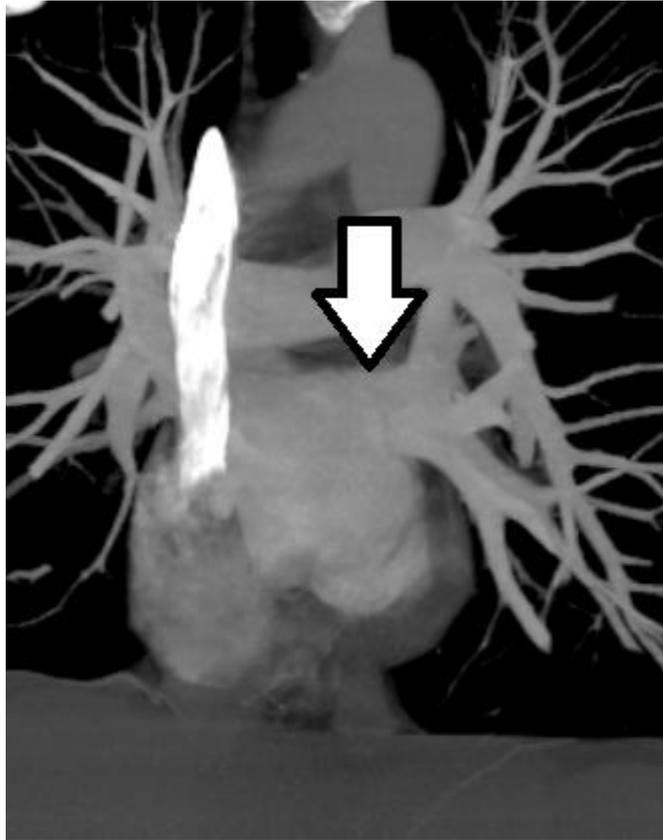


Figura 6. Imagem no plano coronal com reconstrução MIP mostra veia pulmonar esquerda única com a ramificação entre as veias pulmonares superior e inferior esquerdas ocorrendo a 10mm da margem atrial (seta).

Ao avaliar o número de óstios venosos no átrio esquerdo relacionados às veias pulmonares direitas, foram encontrados 2129 óstios (média de 2,12 e mediana de dois óstios por paciente), com um mínimo de um óstio venoso direito e no máximo quatro óstios venosos. Apenas 68 pacientes (6,8% do total) apresentaram apenas um óstio venoso direito, sendo o padrão anatômico habitual de dois óstios o mais comum, identificado em 769 pacientes (76,7%). Cento e sessenta e seis pacientes (16,5% do total) apresentaram ao menos três óstios venosos direitos, número menor que o total de pacientes com ao menos três veias pulmonares direitas (222). Dos pacientes com ao menos três óstios direitos, em 141 foram demonstrados três óstios (figura 7) enquanto em 25 foram demonstrados quatro óstios direitos. Em dez dos pacientes com quatro veias pulmonares direitas foram encontrados apenas dois óstios pulmonares, o superior comum para as veias pulmonares superior direita e do

lobo médio e o inferior comum para as veias pulmonares inferior direita e do segmento superior do lobo inferior direito.



Figura 7. Reconstrução tridimensional endoluminal mostra três óstios à direita relacionados às veias pulmonares superior direita (seta A), do lobo médio (seta B) e inferior direita (seta C).

O número de óstios pulmonares no átrio esquerdo relacionados às veias pulmonares esquerdas foi de 1530 (média de 1,52 e mediana de 2 óstios por paciente). Apenas nove pacientes apresentaram três óstios pulmonares esquerdos (todos relacionados a veias lingulares) e em nenhum paciente foram encontrados mais de três óstios. O achado anatômico convencional de dois óstios pulmonares foi identificado em apenas 509 pacientes (50,7% do total), sendo o achado de óstio pulmonar único à esquerda bastante frequente (figura 8), identificado em 485 indivíduos (48,4% do total). Logo, enquanto o número de veias pulmonares supranumerárias é maior à direita (22,1% vs. 1,3%), a quantidade de óstios venosos únicos comuns é maior à esquerda (48,4% vs. 6,8%).

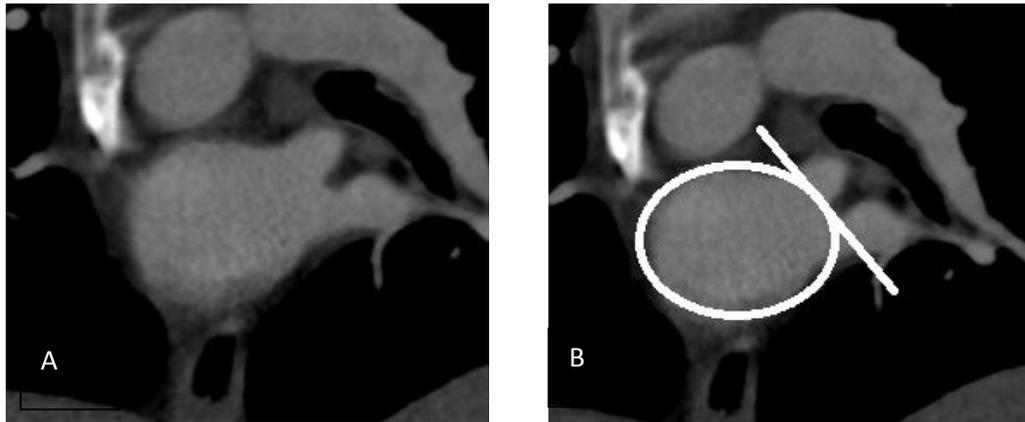


Figura 8. A. Imagem no plano coronal mostra óstio comum amplo das veias pulmonares superior e inferior esquerdas. B. A mesma imagem da figura A com círculo demonstrando o contorno do átrio esquerdo e as veias pulmonares ultrapassando a margem atrial (linha diagonal) conjuntamente. Este achado foi confirmado no plano sagital e com reconstrução endoluminal, .

Em relação à drenagem do lobo médio (tabela 4), observou-se que o padrão mais comum é a drenagem para a veia pulmonar superior direita, ocorrendo em 681 pacientes (67,9% do total). A drenagem também pode ocorrer para a veia pulmonar inferior direita, a qual foi observada em 93 indivíduos (9,3% do total). Trinta pacientes (3,0%) apresentaram duas veias de drenagem do lobo médio, uma delas para a veia pulmonar superior direita e outra para a veia pulmonar inferior direita (figura 9). Os demais 199 indivíduos (19,8% do total) apresentaram veia supranumerária drenando o lobo médio separadamente.

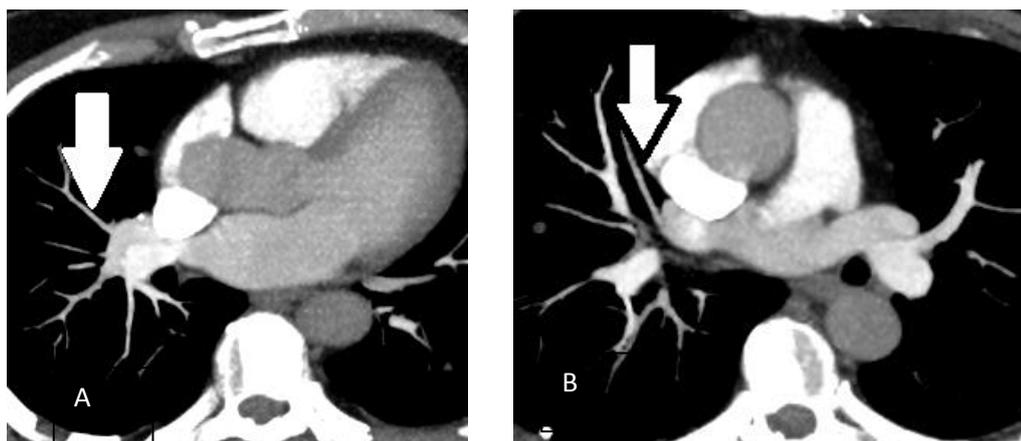


Figura 9. Imagens no plano axial com reconstrução MIP mostram duas veias de drenagem do lobo médio, uma para a VPID (seta em A) e outra para a VPSD (seta em B).

Tabela 4 - Locais de drenagem das veias do lobo médio

Local de drenagem	Pacientes (n=1003)
VPSD	681 (67,9)
VPID	93 (9,3)
VPSD + VPID	30 (3,0)
Isolada	199 (19,8)

Fonte: O autor (2012)

Nota 1: os números entre parênteses indicam porcentagens

Nota 2: VPSD (drenagem para a veia pulmonar superior direita), VPID (drenagem para a veia pulmonar inferior direita), VPSD + VPID (duas veias de drenagem, uma para a veia pulmonar superior direita e outra para a veia pulmonar inferior direita).

Quando avaliada a distância do átrio esquerdo até a primeira “ramificação” da veia pulmonar, chamado de segmento venoso V1 (tabela 5), as distâncias médias foram de 10,1 mm para a veia pulmonar superior direita (mediana de 9 mm com variação de 5 mm a 21 mm), 8,9 mm para a veia pulmonar inferior direita (mediana de 8 mm, com variação de 5 mm a 26 mm), 17,9 mm para a veia pulmonar superior esquerda (mediana de 17 mm, com variação de 5 mm a 40 mm) e 15,6mm para a veia pulmonar inferior esquerda (mediana de 15 mm, com variação de 5 mm a 42 mm). As “ramificações” foram precoces, ou seja, distando menos de 10 mm da margem do átrio esquerdo,

em 563 indivíduos na VPSD (56,1% do total de indivíduos), 744 indivíduos na VPID (74,2%), 72 indivíduos na VPSE (7,2%) e 106 indivíduos na VPIE (10,6%). Logo, “ramificação precoce” foi um achado mais comum à direita do que à esquerda (65,1% vs. 8,9%). Em relação às veias pulmonares supranumerárias, a média da distância do segmento V1 foi de 10,3 mm (mediana de 8 mm, variando de 5 mm a 20 mm). “Ramificação” precoce foi encontrada em 137 das veias supranumerárias em um total de 301 veias (45,5%).

Tabela 5 – Primeiras ramificações das veias pulmonares principais (segmento V1)

Veia	Distância média de ramificação (em milímetros)	Número de pacientes com ramificação precoce (n=1003)
VPSD	10,1	563 (56,1)
VPID	8,9	744 (74,2)
VPSE	17,9	72 (7,2)
VPIE	15,6	106 (10,6)

Fonte: O autor (2012)

Nota 1: os números entre parênteses indicam porcentagens

Nota 2: VPSD (veia pulmonar superior direita), VPID (veia pulmonar inferior direita), VPSE (veia pulmonar superior esquerda) e VPIE (veia pulmonar inferior esquerda).

5. DISCUSSÃO

Desde o reconhecimento que a FA pode originar-se de focos elétricos ectópicos o interesse na anatomia das veias pulmonares vem crescendo (LACOMIS et al., 2003; MAROM et al., 2004; CRONIN et al., 2004; JONGBLOED; BAX; et al., 2005; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005; NIINUMA et al., 2008; WANNASOPHA et al., 2012). O conhecimento da anatomia das veias pulmonares em cada paciente previamente ao procedimento de ARFC tem se tornado mandatório tanto para facilitar o procedimento quanto para diminuição do tempo de fluoroscopia a que estes pacientes são expostos. O presente estudo analisou o padrão da anatomia das veias pulmonares em um número maior de indivíduos (1003) quando comparado aos demais estudos disponíveis na literatura, onde a anatomia venosa foi avaliada em populações que variaram de 23 a 300 indivíduos (KATO et al., 2003; LACOMIS et al., 2003; MAROM et al., 2004; JONGBLOED; BAX; et al., 2005; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005; KIM, Y.-H. et al., 2005; WANNASOPHA et al., 2012). Os principais achados deste estudo foram a presença de veias pulmonares supranumerárias e inserção com óstios comuns de veias pulmonares em um número substancial de pacientes.

Veias supranumerárias foram identificadas mais frequentemente à direita neste trabalho (em 22% dos pacientes), corroborando os achados de outros estudos, como o trabalho de Jongbloed, Dirksen e colaboradores (JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005) que obteve o mesmo resultado em 26% dos pacientes, o trabalho de Marom e colaboradores (MAROM et al., 2004) que obteve este resultado em 32% dos pacientes e o trabalho de Jongbloed, Bax e colaboradores (JONGBLOED; BAX; et al., 2005) que obteve o mesmo resultado em 29% dos pacientes. Apenas o trabalho de Wannasopha e colaboradores (WANNASOPHA et al., 2012) mostrou um índice menor (6,3 %) de pacientes com veias supranumerárias à direita, porém, ainda assim o número de pacientes com veias supranumerárias direitas superou o número de pacientes com veias supranumerárias esquerdas também neste estudo. A variante mais comum no presente trabalho foi a veia supranumerária drenando o lobo médio de forma separada das demais, presente em 19,8% dos

pacientes, semelhante aos demais estudos onde esta também foi a variante mais comum, variando de 19 a 23% (MAROM et al., 2004; CRONIN et al., 2004; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005). Novamente apenas no estudo conduzido na população tailandesa (WANNASOPHA et al., 2012) a porcentagem desta variante variou significativamente (cerca de 4% naquele estudo). A drenagem mais comum da veia do lobo médio é, contudo, para a veia pulmonar superior direita, observada em cerca de 70% dos indivíduos neste estudo, assim como em descrições anatômicas clássicas e nos demais estudos avaliados (PACHECO; GARCIA, 1964; GARDNER et al., 1988; KATO et al., 2003; LACOMIS et al., 2003; MAROM et al., 2004; CRONIN et al., 2004; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005; WANNASOPHA et al., 2012).

O número de pacientes com óstios venosos comuns das veias pulmonares principais foi maior à esquerda (48,4% dos pacientes), assim como nos demais estudos avaliados, onde esta porcentagem variou de 14% a 83% (MAROM et al., 2004; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005; KNECHT et al., 2008; WANNASOPHA et al., 2012), podendo a grande variabilidade estar relacionada a diferentes definições de óstio venoso comum, já que alguns estudos não descrevem como esta análise foi realizada. No presente estudo optou-se por definir a óstio comum extrapolando-se a margem do átrio esquerdo nos três planos ortogonais e considerando-se como óstio comum quando as veias apresentaram trajeto comum ultrapassando o contorno do átrio tanto no plano transversal (maior eixo da veia) quanto no plano coronal (perpendicular ao maior eixo da veia), confirmando-se com o plano sagital e reconstruções endoluminais para demonstrar óstios comuns ou separados.

A maioria dos pacientes apresenta o padrão anatômico clássico ou variações bem descritas na literatura como veia separada drenando o lobo médio. As demais variações são bastante infrequentes e diferem nos diversos estudos. Por isso, apesar de existirem propostas de classificações para os padrões de variações das quanto ao número e localização das veias pulmonares (MAROM et al., 2004; WANNASOPHA et al., 2012), considerou-se que quando o exame de TCMD for realizado para planejamento de ARFC para FA, deve-se fazer uma descrição detalhada da drenagem venosa pulmonar ao

invés de preocupar-se em incluir o padrão da anatomia venosa em classificações previamente estabelecidas. Esta descrição deve incluir:

1. Número de veias pulmonares em cada um dos lados (direito e esquerdo) e qual sua extensão até a primeira ramificação;
2. Se existirem mais de duas veias pulmonares quais são elas, onde elas drenam e qual a sua extensão até a primeira ramificação;
3. Número de óstios venosos pulmonares em cada um dos lados (direito e esquerdo) e seus diâmetros;
4. Se existirem óstios comuns, quais são eles e quais são seus diâmetros;
5. Se existe alguma outra anomalia, relacionada ao retorno venoso (como drenagem venosa parcial anômala) ou relacionada a estruturas adjacentes (como veias cava superior e inferior, esôfago, etc.) que possa ser relevante ao procedimento da ARFC.

Quanto aos métodos de imagem, estudos mostram que a TCMD e a RM são superiores aos demais métodos de imagem para a avaliação das variações anatômicas, principalmente na detecção de veias supranumerárias que podem ter pequeno calibre (MAROM et al., 2004; JONGBLOED; BAX; et al., 2005). A RM, embora não tenha a desvantagem da TCMD quanto ao uso de radiação ionizante, não pode ser utilizada em pacientes portadores de marca-passo (o que pode ser um problema quando a população alvo do exame é portadora de arritmia), além de ser mais suscetível a artefatos relacionados a arritmias (pelo maior tempo de exame) e a claustrofobia, quando comparada a TCMD, que dura geralmente menos de 10 segundos. Também quando se considera a possibilidade de reação alérgica ao meio de contraste iodado da TCMD, sabe-se que estas reações são cada vez mais raras (DILLMAN et al., 2007) e, mesmo em pacientes que apresentam elevado risco de reações podem-se obter imagens de TCMD sem contraste endovenoso, que mesmo assim podem ser úteis no planejamento da ARFC, apesar de não terem a mesma qualidade daquelas obtidas com o uso do contraste.

Entra as principais limitações do presente estudo estão o seu desenho retrospectivo e o fato de não haver sido realizada avaliação clínica dos pacientes para saber quais eram portadores de FA, portanto não há como se determinar, por este estudo, se as variações anatômicas reportadas são mais frequentes nesta população. Estudo prévio (JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005), no entanto, relatou não haver diferenças significativas em uma população com FA e um grupo controle e não há nenhuma razão que sugira que a anatomia das veias pulmonares em pacientes com FA seja diferente da população em geral. Além disso, como os exames avaliados para o presente estudo não tinham como finalidade primária a avaliação cardíaca, não foram realizados associados ao ciclo cardíaco guiado por ECG, assim não foi possível a determinação dos diâmetros dos óstios das veias pulmonares de maneira confiável pela presença de discretos artefatos de movimentação relacionados aos batimentos cardíacos. Como não há um padrão de descrição das variações da anatomia das veias pulmonares, e o padrão-ouro para determinar a sensibilidade da tomografia computadorizada para detecção destes achados seria comparação com estudos em cadáveres, não há como validar os dados obtidos neste estudo para a população geral, porém como foi obtida uma grande amostra no presente trabalho e os dados foram semelhantes àqueles obtidos na maior parte dos estudos prévios (MAROM et al., 2004; CRONIN et al., 2004; JONGBLOED; DIRKSEN; et al., 2005), acredita-se que sejam representativos, já que a TCMD apresenta maior sensibilidade e maior resolução espacial em comparação com os demais métodos de imagem para a avaliação desta anatomia.

O procedimento de ARFC para FA é cada vez mais frequente e o conhecimento prévio da anatomia pode diminuir o tempo de exame e o tempo de fluoroscopia, assim justifica-se a realização do levantamento anatômico por TCMD previamente ao procedimento pela frequência destas variações e potencial ganho para estes pacientes, especialmente pela possibilidade de fusão destas imagens com o mapa eletroanatômico realizado em tempo real durante o procedimento. Estudos em grandes populações determinando o diâmetro médio dos óstios venosos pulmonares podem melhorar o desenvolvimento dos cateteres utilizados na ARFC para uma melhor adaptação

aos óstios venosos e redução no número de complicações pós-procedimento. É necessário realizar estudos específicos que determinem o potencial arritmogênico, determinando-se a frequência de focos elétricos ectópicos nas veias pulmonares supranumerárias em pacientes portadores de FA.

6. CONCLUSÃO

- Variações relacionadas à anatomia convencional das veias pulmonares são comuns em uma população geral.
- O número de veias supranumerárias é maior à direita do que à esquerda (22,1% vs. 1,3%).
- Óstio venoso comum das veias pulmonares superior e inferior é mais comum à esquerda do que à direita (48,4% vs. 6,8%).
- Veia supranumerária drenando o lobo médio separadamente é a variação anatômica mais comum quanto ao número de veias (19,8% dos indivíduos).
- Ramificação venosa precoce é mais comum à direita do que à esquerda (65,1% vs. 8,9%)

REFERÊNCIAS

- AKIBA, T.; MARUSHIMA, H.; MORIKAWA, T. Confirmation of a Variant Lingular Vein Anatomy during Thoracoscopic Surgery. **Cardiovascular Surgery**, v. 16, n. 5, p. 351–353, 2010.
- BELCOURT, C. L.; ROY, D. L.; NANTON, M. A; et al. Stenosis of individual pulmonary veins: radiologic findings. **Radiology**, v. 161, n. 1, p. 109–12, 1986.
- BIASE, L. DI; FAHMY, T. S.; WAZNI, O. M. et al. Pulmonary vein total occlusion following catheter ablation for atrial fibrillation: clinical implications after long-term follow-up. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 48, n. 12, p. 2493–9, 2006.
- BLOM, N. A.; GITTENBERGER-DE GROOT, A. C.; JONGENEEL, T. H. et al. Normal development of the pulmonary veins in human embryos and formulation of a morphogenetic concept for sinus venosus defects. **The American journal of cardiology**, v. 87, n. 3, p. 305–9, 2001.
- CALKINS, H.; BRUGADA, J.; PACKER, D. L. et al. HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up. A report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on Catheter and Surgical Ablation of . **Europace**, v. 9, n. 6, p. 335–79, 2007.
- CHEN, S. -A.; HSIEH, M.-H.; TAI, C.-T. et al. Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating From the Pulmonary Veins : Electrophysiological Characteristics, Pharmacological Responses, and Effects of Radiofrequency Ablation. **Circulation**, v. 100, n. 18, p. 1879–1886, 1999.
- CRONIN, P.; SNEIDER, M. B.; KAZEROONI, E. A; et al. MDCT of the left atrium and pulmonary veins in planning radiofrequency ablation for atrial fibrillation: a how-to guide. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 183, n. 3, p. 767–78, 2004.
- DILLMAN, J. R.; STROUSE, P. J.; ELLIS, J. H.; COHAN, R. H.; JAN, S. C. Incidence and severity of acute allergic-like reactions to i.v. nonionic iodinated contrast material in children. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 188, n. 6, p. 1643–7, 2007.
- DILLMAN, J. R.; YARRAM, S. G.; HERNANDEZ, R. J. Imaging of pulmonary venous developmental anomalies. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 192, n. 5, p. 1272–85, 2009.

DONG, J.; VASAMREDDY, C. R.; JAYAM, V. et al. Incidence and predictors of pulmonary vein stenosis following catheter ablation of atrial fibrillation using the anatomic pulmonary vein ablation approach: results from paired magnetic resonance imaging. **Journal of cardiovascular electrophysiology**, v. 16, n. 8, p. 845–52, 2005.

FRANÇOIS, C.J.; TUIITE, D.; DESHPANDE, V. et al. Pulmonary Vein Imaging with Unenhanced Three-dimensional Balanced Steady-state Free Precession MR Angiography: Initial Clinical Evaluation. **Radiology**, v. 250, n. 3, p. 932-39, 2009

FUSTER, V.; RYDÉN, L. E.; CANNOM, D. S. et al. ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for the Management of Patients With Atrial Fibrillation. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 48, n. 4, p. e149–e246, 2006.

GARDNER, E.; GRAY, D. J.; O'RAHILLY, R. **Anatomia. Estudo Regional do Corpo Humano**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara - Koogan, 1988.

GENEREUX, G. P. Review Conventional Hilar Anatomy the Pulmonary Tomographic Emphasizing Veins. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 141, p. 1241-1257. 1983.

GHAYE, B.; SZAPIRO, D.; DACHER, J.; RODRIGUEZ, L.; TIMMERMANS, C. Percutaneous Ablation for Atrial Fibrillation : The Role of Cross-sectional Imaging. **Radiographics**. v. 23 Spec. No, p. S19–33, 2003.

HAÏSSAGUERRE, M.; MARCUS, F. I.; FISCHER, B.; CLÉMENTY, J. Radiofrequency Catheter Ablation in Unusual Mechanisms of Atrial Fibrillation:. **Journal of Cardiovascular Electrophysiology**, v. 5, n. 9, p. 743–751, 1994.

HOLMES, D. R.; MONAHAN, K. H.; PACKER, D. Pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation: clinical spectrum and interventional considerations. **JACC. Cardiovascular interventions**, v. 2, n. 4, p. 267–76, 2009.

JONGBLOED, M. R. M.; BAX, J. J.; LAMB, H. J. et al. Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: a head-to-head comparison. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 45, n. 3, p. 343–50, 2005.

JONGBLOED, M. R. M.; DIRKSEN, M. S.; BAX, J. J. et al. Atrial fibrillation: multi-detector row CT of pulmonary vein anatomy prior to radiofrequency catheter ablation--initial experience. **Radiology**, v. 234, n. 3, p. 702–9, 2005.

JORDAENS, L. Treatment of atrial fibrillation by catheter-based procedures. **Europace**, v. 5 Suppl 1, p. S30–5, 2004.

KATO, R.; LICKFETT, L.; MEININGER, G. et al. Pulmonary vein anatomy in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation: lessons learned by use of magnetic resonance imaging. **Circulation**, v. 107, n. 15, p. 2004–10, 2003.

KIM, Y.-H.; MAROM, E. M.; HERNDON, J. E.; MCADAMS, H. P. Pulmonary vein diameter, cross-sectional area, and shape: CT analysis. **Radiology**, v. 235, n. 1, p. 43–9; discussion 49–50, 2005.

KNACKSTEDT, C.; SCHAUERTE, P.; KIRCHHOF, P. Electro-anatomic mapping systems in arrhythmias. **Europace**, v. 10 Suppl 3, p. iii28–34, 2008.

KNECHT, S.; NAULT, I.; WRIGHT, M. et al. Imaging in catheter ablation for atrial fibrillation: enhancing the clinician's view. **Europace**, v. 10 Suppl 3, p. iii2–7, 2008.

LACOMIS, J. M.; WIGGINTON, W.; FUHRMAN, C. et al. Multi-detector row CT of the left atrium and pulmonary veins before radio-frequency catheter ablation for atrial fibrillation. **Radiographics**, v. 23 Spec No, p. S35–48; discussion S48–50, 2003.

LATSON, L. A.; PRIETO, L. R. Congenital and acquired pulmonary vein stenosis. **Circulation**, v. 115, n. 1, p. 103–8, 2007.

MAROM, E. M.; HERNDON, J. E.; KIM, Y. H.; MCADAMS, H. P. Radiology Variations in Pulmonary Venous Drainage to the Left Atrium : Implications for Radiofrequency Ablation. **Radiology**, v. 230, n. 4, p. 824-829, 2004.

MARROUCHE, N. F.; DRESING, T.; COLE, C. et al. Circular mapping and ablation of the pulmonary vein for treatment of atrial fibrillation: impact of different catheter technologies. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 40, n. 3, p. 464–74, 2002.

MOORE, K.L.; PERSAUD, T.V.N. **Embriologia clínica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

NATHAN, H.; ELIAKIM, M. The junction between the left atrium and the pulmonary veins. An anatomic study of human hearts. **Circulation**, v. 34, n. 3, p. 412–22, 1966.

NIINUMA, H.; GEORGE, R. T.; ARBAB-ZADEH, A.; LIMA, J. A C.; HENRIKSON, C. A. Imaging of pulmonary veins during catheter ablation for atrial fibrillation: the role of multi-slice computed tomography. **Europace**, v. 10 Suppl 3, p. iii14–21, 2008.

ORMOND, R. S.; POZNANSKI, A K. Pulmonary veins in rheumatic heart disease. **Radiology**, v. 74, p. 542–9, 1960.

PACHECO, C. R.; GARCIA, F. G. Experimental Opacification of the Pulmonary Veins. **Radiology**, v. 82, n. July, p. 35–9, 1964.

PETERS, D.; WYLIE, J.; HAUSER, T. Detection of Pulmonary Vein and Left Atrial Scar after Catheter Ablation with Three-dimensional Navigator-gated Delayed Enhancement MR Imaging: Initial Experience. **Radiology**, v. 243, n. 3, p. 690-5, 2007.

RIFKIN, B. A.; ACKERMAN, M. J.; FOLKENBERG, J. **Human Anatomy. From the Renaissance to the Digital Age**. 1. ed. New York: Abrams, 2006.

SAAD, E. B.; ROSSILLO, A.; SAAD, C. P. et al. Pulmonary vein stenosis after radiofrequency ablation of atrial fibrillation: functional characterization, evolution, and influence of the ablation strategy. **Circulation**, v. 108, n. 25, p. 3102-7, 2003.

SAUNDERS, J. B. C. M.; O'MALLEY, C. D. **The illustrations from the works of Andreas Vesalius of Brussels with annotations and translations, a discussion of the plates and their background, authorship and influence, and a biographical sketch of Vesalius**. 1. ed. New York: Dover, 1973.

SOHNS, C.; KRUSE, S.; VOLLMANN, D. et al. Accuracy of 64-multidetector computed tomography coronary angiography in patients with symptomatic atrial fibrillation prior to pulmonary vein isolation. **European heart journal cardiovascular Imaging**, v. 13, n. 3, p. 263-70, 2012.

SOHNS, C.; SOSSALLA, S.; VOLLMANN, D. et al. Extra cardiac findings by 64-multidetector computed tomography in patients with symptomatic atrial fibrillation prior to pulmonary vein isolation. **The international journal of cardiovascular imaging**, v 27, n1, p 127-34, 2011.

STEINBACH, H. L.; KEATS, T. E.; SHELINE, G. E. The roentgen appearance of the pulmonary veins in heart disease. **Radiology**, v. 65, n. 2, p. 157-68, 1955.

TANG, M.; GERDS-LI, J.-H.; NEDIOS, S. et al. Optimal fluoroscopic projections for angiographic imaging of the pulmonary vein ostia: lessons learned from the intraprocedural reconstruction of the left atrium and pulmonary veins. **Europace** v. 12, n. 1, p. 37-44, 2010.

WANNASOPHA, Y.; OILMUNGMOOL, N.; EUATHRONGCHIT, J. Anatomical variations of pulmonary venous drainage in Thai people: multidetector CT study. **Biomedical imaging and intervention journal**, v. 8, n. 1, p. e4, 2012.

ANEXOS

Aprovação pelo comitê de ética em pesquisa em seres humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná



Curitiba, 17 de fevereiro de 2011.

Ilmo (a) Sr. (a)
Danny Warszawiak
Neste

Prezado Pesquisador:

Comunicamos que o Projeto de Pesquisa intitulado: "AVALIAÇÃO DAS VELAS PULMONARES NA REGIÃO JUSTACARDÍACA POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MULTIDETECTORES. ESTUDO DAS VARIACÕES ANATÔMICAS", foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, em reunião realizada no dia 25 de janeiro de 2011. O referido projeto atende aos aspectos das Resoluções CNS 196/96, e complementares, sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Ministério da Saúde.

CAAE: 0335.0.031.208-10
Registro CEP: 2400.007/2011-01

Conforme a Resolução 196/96, solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos.

Data para entrega do primeiro relatório: 17 de agosto de 2011.

Atenciosamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Renato Tambara Filho'.

Renato Tambara Filho
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
em Seres Humanos do Hospital de Clínicas/UFPR

Protocolo para avaliação das veias pulmonares

Número no Estudo:

ID DAPI:

Data do exame:

Sexo:

Idade:

Número de veias à direita:

Número de óstios à direita:

Descrição das veias e óstios direitos:

Distância dos primeiros ramos direitos (e quais) para os óstios:

Número de veias à esquerda:

Número de óstios à esquerda:

Descrição das veias e óstios esquerdos:

Distância dos primeiros ramos esquerdos (e quais) para os óstios:

Local de drenagem da veia para o lobo médio:

Presença de veias acessórias?

Quais?

Outras variações e comentários:

Foto para dissertação e/ou artigo?

Cópia do artigo enviado ao periódico Europace, em revisão pelo editor.

Anatomic Variations of Pulmonary Veins: MDCT analysis

Danny Warszawiak, M.D.

Dante Luiz Escuissato, M.D, Ph.D.

Affiliations: Diagnóstico Avançado por Imagem – DAPI – Curitiba - Brazil

Parana Federal University (UFPR) – Curitiba - Brazil

Correspondence: Danny Warszawiak

Rua Martim Afonso 2647 ap 51 B

Bigorriho – Curitiba – Paraná – Brazil

80730-030

Phone: 55-41-3532-6746 / 55-41-995167-46

Fax: 55-41-3250-300

Email: dannywars@gmail.com

Running head: Pulmonary vein variations

Conflict of interest disclosure: the authors reveal no conflicts of interest to disclose

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the anatomic variation of pulmonary veins with multi-detector computed tomography in a large patient sample.

Material and Methods: A retrospective and descriptive study was performed in a general population in Curitiba, Paraná, Brazil. There were 1003 people (513 women and 490 men; age range, 18 to 88 y) who had thin-section, thoracic multi-detector computed tomography with reconstructions in various planes to evaluate pulmonary veins. The anatomic variation of the pulmonary veins was determined.

Results: Accessory pulmonary veins were more common from the right than left lung (right, 222 [22%]; left, 13 [1%]). Common pulmonary ostia were more common for veins from the left than right lung (left, 485 [48%]; right, 68 [7%]). The right middle lobe vein was the commonest accessory vein (199 [20%]). Early ramification was more common with right than left pulmonary veins (right, 1307 [65%]; left, 178 [9%]).

Conclusions: A high frequency of anatomic variation of the pulmonary veins occurs in a general population. Knowing this anatomic variation may be helpful before radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation, and computed tomography may be advised before the procedure.

Key words: Lung, anatomy, computed tomography, radiofrequency catheter ablation, atrial fibrillation.

INTRODUCTION

Most cases of paroxysmal atrial fibrillation (96%) are triggered by spontaneous, ectopic electrical foci that originate from pulmonary veins because these veins have myocardial sleeves that can extend 20 mm from the left atrial ostia (1-4). This electrical activity usually occurs from the left superior pulmonary vein because myocardial sleeves typically are longer in superior pulmonary veins and thicker in left pulmonary veins (2, 3).

Radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation is a procedure in which radiofrequency is applied to pulmonary vein ostia and the posterior wall of the left atrium (3). Ablation of all pulmonary ostia, with full disconnection of this tissue from the left atrium, is required for reliable success (4, 5). Radiofrequency catheter ablation is a long procedure, frequently requiring several hours, and catheterization and electrical mapping of each pulmonary vein is needed. Previously, most time was required to determine the precise anatomy of pulmonary veins and ostia by fluoroscopy with an iodinated contrast agent that was injected into the left atrium and flowed to pulmonary veins (3). Pulmonary vein mapping before the procedure can improve success and prevent complications (2).

Multi-detector computed tomography (MDCT) imaging for studying pulmonary venous anatomy is a fast procedure that can be performed in patients with claustrophobia or pacemakers. This procedure provides information about anatomy before radiofrequency catheter ablation. It has high spatial resolution and may detect many branches of the pulmonary veins, including accessory veins. It also allows detailed evaluation of the morphology and dimension of pulmonary ostia (6, 7). In addition, MDCT may detect thrombi in the left atrium, which is a contraindication radiofrequency catheter ablation, and MDCT angiography may show extra cardiac findings in 72% patients, including clinically relevant findings in 31% of all patients (8).

Pulmonary venous drainage is normal when all veins drain to the left atrium, and anatomy is defined as conventional when there are 4 pulmonary veins: right superior, right inferior, left superior, and left inferior (3). Abnormal drainage occurs when pulmonary blood drains to a structure other than the left atrium. This abnormal drainage may be partial (when ≥ 1 vein may drain to another structure, such as a brachiocephalic vein) or complete (when all veins drain to a different structure). Typically, inferior pulmonary veins drain inferior lobes of the lungs; the left superior pulmonary vein drains the left superior lobe (including the lingula); and the right superior pulmonary vein drains the right superior and middle lobes (2, 3). However, anatomic variations may be found in 36% people. Although ectopic electrical foci can come from accessory veins, there is no known relation between the incidence of these variations and frequency of cardiac arrhythmias (4).

Pulmonary vein branches may be numbered sequentially from the heart to the lungs, even when there is anatomic confluence of the veins from the lungs to the heart. This can be done to facilitate anatomic understanding of these veins because the ablation procedure is performed from inside the heart. The first segment of the vein from the pulmonary ostium to the first ramification is the V1 segment, and subsequent segments to next ramifications are the V2 segments (Figure 1). Accessory veins are veins in addition to the 4 main pulmonary veins, and the most common accessory vein is a separate vein draining the right middle lobe (2-4). Other additional veins can be found (9). These veins often are small, and a potential ectopic electrical focus can be overlooked in fluoroscopy (2-4). Conjoined veins occur when superior and inferior pulmonary veins combine to form a single vein with only 1 atriovenous junction, more commonly on left side (3, 4). A common venous ostium is also more frequent on the left side and is present when the distance from the left atrial border to the ramification between the superior and inferior pulmonary veins > 5 mm (1). If this distance < 5 mm, 2 ostia may be present (1, 4). When the distance of V1 pulmonary vein segment < 10 mm, early

branching may be present, with an increased incidence of complications such as venous stenosis after radiofrequency catheter ablation (1, 3, 4).

The purpose of this study was to evaluate and describe the anatomic variation of pulmonary veins in a large population. We sought to determine the most common patterns of pulmonary vein anatomy, incidence and location of additional veins, number of venous ostia and their location, and the length of the pulmonary veins from the heart to their first ramification using MDCT scans.

MATERIALS AND METHODS

This is a retrospective and descriptive study performed in 1850 patients who had thoracic computed tomography (CT) scans with intravenous iodinated contrast from January 2010 to December 2010 at our clinic (Diagnostico Avancado por Imagem - DAPI, Curitiba, Brazil). Patients were excluded from the study when they had (1) a CT scan with suboptimal contrast in the pulmonary veins or left atrium, based on qualitative review by the authors; (2) heart or pulmonary veins involved with no cardiac disease such as cancer, radiotherapy, or pleural effusion; (3) previous heart or lung surgery such as pneumonectomy, lobectomy, or segmentectomy; or (4) tomographic signs of venous pulmonary hypertension, including interlobular septal thickening, peribronchovascular interstitium thickening and enlargement of cardiac chambers. The remaining 1003 patients were included in the study. There were 513 women (51%) and 490 men (49%) (age: mean, 56 y; range, 18 to 88 y). According to ethics committee instructions, there was no specific protocol for informed consent because all images had been obtained for medical reasons and no other images were necessary for this study.

The CT scans were performed in an MDCT scanner (Aquilion 64, Toshiba Medical Systems, Otawara, Japan). The clinic protocol for thoracic imaging was used, with craniocaudal scanning of the thorax (collimation, 0.5mm). With the patient's breath held, intravenous non-ionic iodinated contrast agent was injected intravenously. Image acquisition was started automatically when the threshold (90 Hounsfield units) was detected in the main pulmonary artery trunk, and this provided an excellent level of contrast in the pulmonary veins and left atrium in most patients. Automatic radiation dose modulation was used in all patients (tube voltage, 120kV; varied mA). All images were stored in a picture archiving and communication system (Carestream Vue PACS, Carestream Health, Onex Corporation, Toronto, Canada). Volumetric images were transferred to a workstation (VITREA 2, Vital Images, Minneapolis, MN), reconstruction images were

obtained, parallel and perpendicular to the pulmonary veins, also 3-dimensional images with maximum intensity projection and volume rendering techniques were obtained.

The CT images were analyzed for (1) presence of all 4 pulmonary veins (right and left superior pulmonary veins and right and left inferior pulmonary veins); (2) presence of a separate ostium in the left atrium for each pulmonary vein; (3) presence of common pulmonary venous ostia; (4) presence of additional veins and the site of termination of the veins; (5) location of the middle lobe vein and its drainage pattern; and (6) the distance from the left atrial border to the first venous ramification of all main veins and accessory veins (extension of the V1 segment).

To determine the venoatrial junction site, extrapolation of the outer left atrial contour was performed in 3 orthogonal directions. A line following the outer left atrial contour was drawn and that indicated the border between the left atrium and pulmonary veins. Pulmonary veins entering this virtual contour separately in all 3 orthogonal planes were defined as having separate ostia (Figure 2). When veins had a common course passing the atrial contour in the transverse and coronal planes the ostium was defined as common. The sagittal plane (related to the vein) and 3-dimensional endoluminal reconstruction confirmed that veins passed separately (separate ostia) or conjoined (common ostia). Accessory pulmonary veins were defined when a vein that joined the left atrium < 5 mm from the line representing left atrial border.

The extension of each main and accessory vein was measured from the ostium at the left atrial border to the first ramification (V1 segment). Early ramification was defined when this measurement was < 10 mm (but over 5 mm) (Figure 3).

RESULTS

All 1003 patients had ≥ 2 right pulmonary veins, and most patients had 2 right pulmonary veins (Table 1). In 187 patients who had 3 right pulmonary veins, these veins included a separate right middle lobe vein (164 patients) (Figure 4); a vein draining the superior segment of the right inferior lobe (14 patients) (Figure 5); a vein from the posterior segment of right superior lobe (3 patients); a vein from the medial-basal segment of the right inferior lobe (3 patients); a vein from the apical segment of the right superior lobe (2 patients); and anomalous drainage of the right superior lobe to the superior vena cava and another right superior vein ending at the left atrium (1 patient). In all 35 patients who had 4 right pulmonary veins, the 4 veins included a right middle lobe vein; the 4 right pulmonary veins also included a vein to the superior segment of the right inferior lobe (24 patients) or a second middle lobe vein (1 vein each for the lateral and medial segments of the right middle lobe) (11 patients). Therefore, additional middle lobe veins were noted in 199 patients (90% patients with > 2 right pulmonary veins; 20% all patients). However, most patients had drainage of the right middle lobe from the right superior pulmonary vein (Table 1). An additional vein to the superior segment of the right inferior lobe was present in 38 patients (17% patients with > 2 right pulmonary veins and 4% all patients), associated to a right middle lobe vein in 24 of them.

Most patients had 2 left pulmonary veins (Table 1). Few patients had only 1 left pulmonary vein (Table 1) and the bifurcation between the superior and inferior left pulmonary veins occurred ≥ 7 mm from the left atrial border. Fewer patients had > 2 left than right pulmonary veins (Table 1). In the 13 patients with 3 left pulmonary veins the veins included an additional lingular vein (9 patients) or a partial anomalous drainage of the left superior lobe to the left brachiocephalic vein (4 patients, including 2 patients who had communication of this anomalous vein and the normal left superior pulmonary vein to the left atrium).

Most patients had 2 ostia for the right pulmonary veins, but some patients had > 2 ostia (Figure 6) (Table 1). There were 10 patients who had 4 pulmonary veins and only 2 ostia (the superior ostium common to the superior and middle lobe veins and the inferior ostium common to the inferior and the superior segment of the inferior lobe veins).

There were fewer ostia in the left atrium for the left than right pulmonary veins, and most patients had 1 or 2 ostia for the left pulmonary veins (Table 1). More patients had 1 common ostium for the left than right pulmonary veins (Table 1). All 9 patients who had lingular left pulmonary veins had 3 ostia.

The average distance from left atrial border to the first venous bifurcation (V1 segment) was greater for the left than right superior pulmonary vein and for the left than right inferior pulmonary vein (Table 1). Early ramification (< 10 mm from the left atrial border) was more frequent for the right than left superior and inferior pulmonary veins (Table 1). For veins other than the superior and inferior pulmonary veins, the average distance of the V1 segment was 10.3 mm (range, 5 to 20 mm) and early ramification (< 10 mm) was found in 46%.

DISCUSSION

This study analyzed the pulmonary veins pattern in a larger population (1003 patients) than previous studies, where population ranged from 23 to 300 people (1,3,4,6,7,10,11). The present results show that a substantial number of patients had accessory pulmonary veins and common ostia for pulmonary veins. This information is important knowledge before radiofrequency catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation. Accessory pulmonary veins were more frequent at the right side (Table 1), similar to the results of previous studies (1,4,6). In a previous study, a smaller frequency (6.3%) of right accessory veins was noted than in the present study, but right accessory veins were still more common than left accessory veins (10). In the present study, the most common variant was the accessory vein to the right middle lobe (Table 1), similar to other studies (frequency, 19% to 23%) (1,2,4). The right middle lobe drains most commonly to the right superior pulmonary vein (Table 1), consistent with results of previous studies (1-4,10-12).

In the present study, common ostia were more frequent at the left than right side (Table 1), and this is consistent with results of previous studies (frequency, 14% to 83% patients) (1,4,10,13). The large variation of frequency between different studies may be attributed to different definitions of a common venous ostium, which may not be specified in some studies, as it was in this study.

Classification systems have been proposed for anatomic variations of the pulmonary veins (4,10). These systems include (1) a letter that identifies the side of variation (R, right; L, left); (2) the number of veins on that side; and (3) another letter that defines the variation, which may be described in detail. A patient with pulmonary veins classified as R3a has 3 right pulmonary veins and the third vein is a right middle lobe vein. However, many patients have the conventional anatomic pattern and some patterns are unusual, such as an additional vein from the apical segment of the right superior lobe. Therefore, it may be advisable to include a

detailed description of the pulmonary venous drainage pattern from the MDCT scan before radiofrequency catheter ablation, rather than trying to classify the various venous patterns. This description may include: (1) the number of pulmonary veins on each side and their extension to the first ramification; (2) a description, including location and extension to the first ramification, of any accessory pulmonary veins present; (3) the number and diameter of all pulmonary ostia; (4) any common ostia, including the diameters; and (5) other anomalies, associated with venous return (such as partial anomalous drainage) or adjacent structures (such as the superior and inferior vena cava or esophagus) that could be relevant to the radiofrequency catheter ablation procedure.

The MDCT and magnetic resonance imaging (MRI) are better than other imaging modalities to detect and characterize anatomic variations of the pulmonary veins, especially regarding detection of small accessory veins (4,6). The information obtained from MDCT and MRI can be combined with electroanatomical 3-dimensional mapping during radiofrequency catheter ablation, reducing fluoroscopy time and complications from the procedure (14). Although MRI avoids the use of ionizing radiation, it cannot be used in patients with arrhythmias who are treated with pacemakers. Furthermore, MRI is susceptible to artifacts caused by arrhythmias because of the time required for MRI and claustrophobia, in contrast with MDCT which usually is performed in < 10 seconds. The MDCT may be useful for planning radiofrequency catheter ablation, even when allergic reactions preclude the use of iodinated contrast agents, because most accessory veins can be identified without contrast agents.

Limitations of the present study include the retrospective design, and there was no clinical evaluation to determine which patients had atrial fibrillation. Therefore, it was not possible to evaluate whether the reported variations were more or less frequent in arrhythmic patients. However, a previous study (1) showed no significant differences in anatomic variations between a control group

and patients with atrial fibrillation (1). Furthermore, the examinations in the present study were initially not intended for use in cardiac treatment, and no electrocardiographic gating was performed. The determination of ostial diameter was not reliable because of artifacts attributed to cardiac movement. In addition, we could not validate MDCT as the best method for describing the anatomic variations because there is no known standard pattern of anatomic variation for pulmonary veins or available description from cadaver studies. Nevertheless, the present data may be representative for the general population because of the large number of patients in our study and similar data from previous studies, and MDCT may have greater sensitivity and spatial resolution compared with other imaging modalities.

REFERENCES

1. Jongbloed MR, Dirksen MS, Bax JJ, et al. Atrial fibrillation: multi-detector row CT of pulmonary vein anatomy prior to radiofrequency catheter ablation - initial experience. *Radiology*. 2005;234:702-709.
2. Cronin P, Sneider MB, Kazerooni EA, et al. MDCT of the left atrium and pulmonary veins in planning radiofrequency ablation for atrial fibrillation: a how-to guide. *AJR. Am J Roentgenol*. 2004;183:767-778.
3. Lacomis JM, Wigginton W, Fuhrman C, et al. Multi-detector row CT of the left atrium and pulmonary veins before radio-frequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Radiographics*. 2003;23 (Spec No):S35-S50.
4. Marom EM, Herndon JE, Kim YH, et al. Variations in pulmonary venous drainage to the left atrium: implications for radiofrequency ablation. *Radiology*. 2004;230:824-829.
5. Marrouche NF, Dresing T, Cole C, et al. Circular mapping and ablation of the pulmonary vein for treatment of atrial fibrillation: impact of different catheter technologies. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40:464-474.
6. Jongbloed MR, Bax JJ, Lamb HJ, et al. Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: a head-to-head comparison. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:343-350.
7. Niinuma H, George RT, Arbab-Zadeh A, et al. Imaging of pulmonary veins during catheter ablation for atrial fibrillation: the role of multi-slice computed tomography. *Europace*. 2008;10 (Suppl 3):iii14-iii21.

8. Sohns C, Sossalla S, Vollmann D, et al. Extra cardiac findings by 64-multidetector computed tomography in patients with symptomatic atrial fibrillation prior to pulmonal vein isolation. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2011;27:127-134.
9. Akiba T, Marushima H, Morikawa T. Confirmation of a variant lingular vein anatomy during thoracoscopic surgery. *Cardiovasc Surg*. 2010;16:351-353.
10. Wannasopha Y, Oilmungmool N, Euathrongchit J. Anatomical variations of pulmonary venous drainage in Thai people: multidetector CT study. *Biomed Imaging Interv J*. 2012;8:e4.
11. Kato R, Lickfett L, Meininger G, et al. Pulmonary vein anatomy in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation: lessons learned by use of magnetic resonance imaging. *Circulation*. 2003;107:2004-2010.
12. Pacheco CR, Garcia FG. Experimental opacification of the pulmonary veins. *Radiology*. 1964;82:35-39.
13. Knecht S, Nault I, Wright M, et al. Imaging in catheter ablation for atrial fibrillation: enhancing the clinician's view. *Europace*. 2008;10 (Suppl 3):iii2-7.
14. Knackstedt C, Schauerte P, Kirchhof P. Electro-anatomic mapping systems in arrhythmias. *Europace*. 2008;10 (Suppl 3):iii28-34.

TABLES

Table 1. Anatomy of Pulmonary Veins and Left Atrial Ostia in Patients who had Multidetector Computed Tomography Scans

Anatomic feature	Right	Left
Pulmonary veins, total	2263	2009
Veins per patient	2.3 (2 to 4)	2.0 (1 to 3)
Patients with accessory veins	222 (22%)	13 (1%)
Patients with 1 vein	0 (0%)	10 (1%)
Patients with 2 veins	781 (78%)	980 (98%)
Patients with > 2 veins	222 (22%)	13 (1%)
Patients with 3 veins	187 (19%)	13 (1%)
Patients with 4 veins	35 (3%)	0 (0%)
Right middle lobe venous drainage		
Right superior pulmonary vein	681 (68%)	NA†
Right middle lobe vein (1 vein)	199 (20%)	NA
Right inferior pulmonary vein	93 (9%)	NA
2 separate right middle lobe veins	30 (3%)	NA
Ostia in left atrium, total	2129	1530
Ostia per patient	2.1 (1 to 4)	1.5 (1 to 3)
Patients with 1 common ostium ‡	68 (7%)	485 (48%)
Patients with 2 ostia	769 (77%)	509 (51%)
Patients with > 2 ostia	166 (16%)	9 (1%)
Patients with 3 ostia	141 (14%)	9 (1%)
Patients with 4 ostia	25 (2%)	
Distance from left atrial border to first venous bifurcation (V1 segment) (mm)		
Superior pulmonary vein	10.1 (5 to 21)	17.9 (5 to 40)
Inferior pulmonary vein	8.9 (5 to 26)	15.6 (4 to 42)
Early ramification (< 10 mm from left atrial border)		
Superior pulmonary vein	563 (56%)	72 (7%)
Inferior pulmonary vein	744 (74%)	106 (11%)
Total (superior and inferior pulmonary veins)	1307 (65%)	178 (9%)

* N = 1003 patients. Data reported as mean (range, minimum to maximum) or number (%). For both right and left sides combined, there were 4272 pulmonary veins (4.3 veins per patient) and 3659 ostia (3.6 ostia per patient).

† NA, not applicable

‡ 1 common ostium for the superior and inferior pulmonary veins

FIGURES

Figure 1. Coronal maximum intensity projection reconstruction showing ramifications of left superior pulmonary vein. (V1, first segment from atrium to first ramification; V2, following ramifications; V3, subsequent following ramifications).

Figure 2. Axial image with maximum intensity projection reconstruction. Atrial contour is shown (circle). Inferior right pulmonary vein and middle lobe vein traverse this contour separately (white line) to separate ostia.

Figure 3. Coronal plane image showing first ramification of inferior right pulmonary vein at 6 mm from the atrial border (early ramification).

Figure 4. Oblique coronal maximum intensity projection image showing accessory pulmonary vein draining the right middle lobe (arrow).

Figure 5. Oblique coronal maximum intensity projection image showing accessory pulmonary vein draining the superior segment of the right inferior lobe (arrow).

Figure 6. Three-dimensional endoluminal reconstruction showing 3 right ostia for the right superior pulmonary vein (arrow A), right middle lobe vein (arrow B), and right inferior pulmonary vein (arrow C).

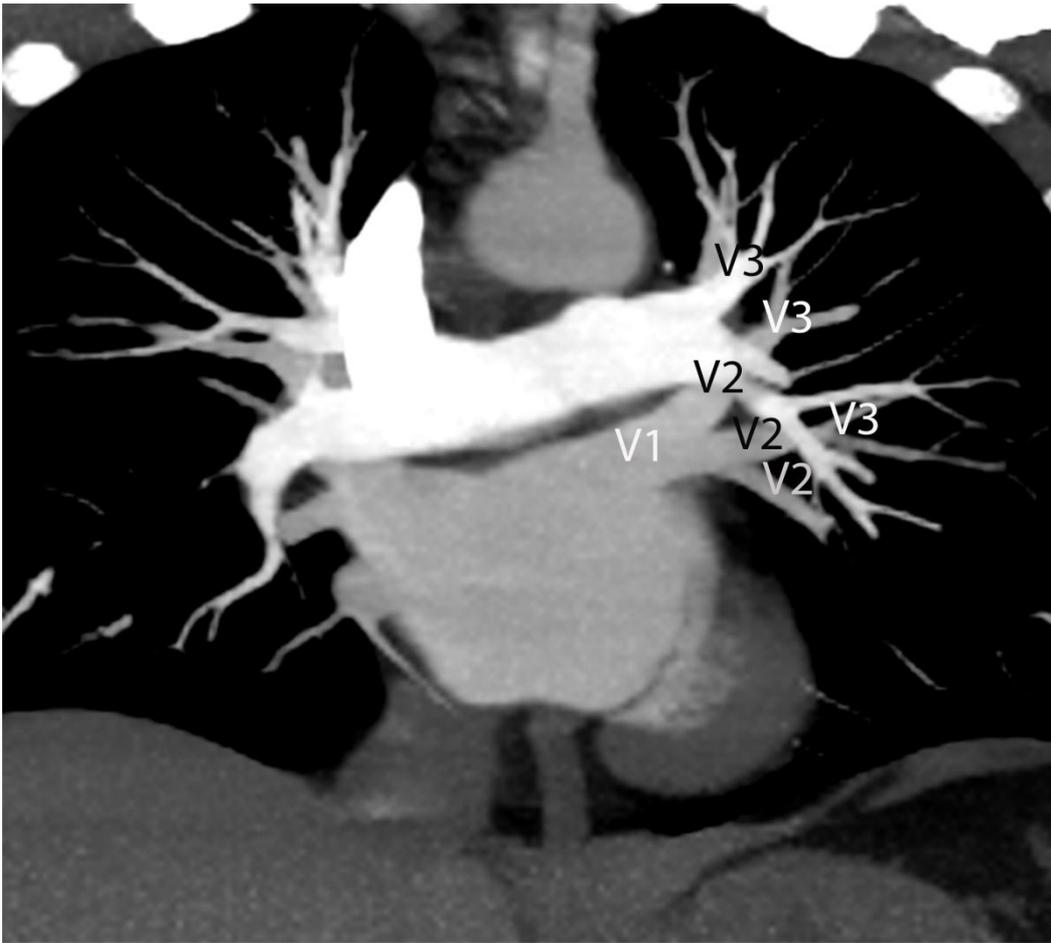


Figure 1



Figure 2

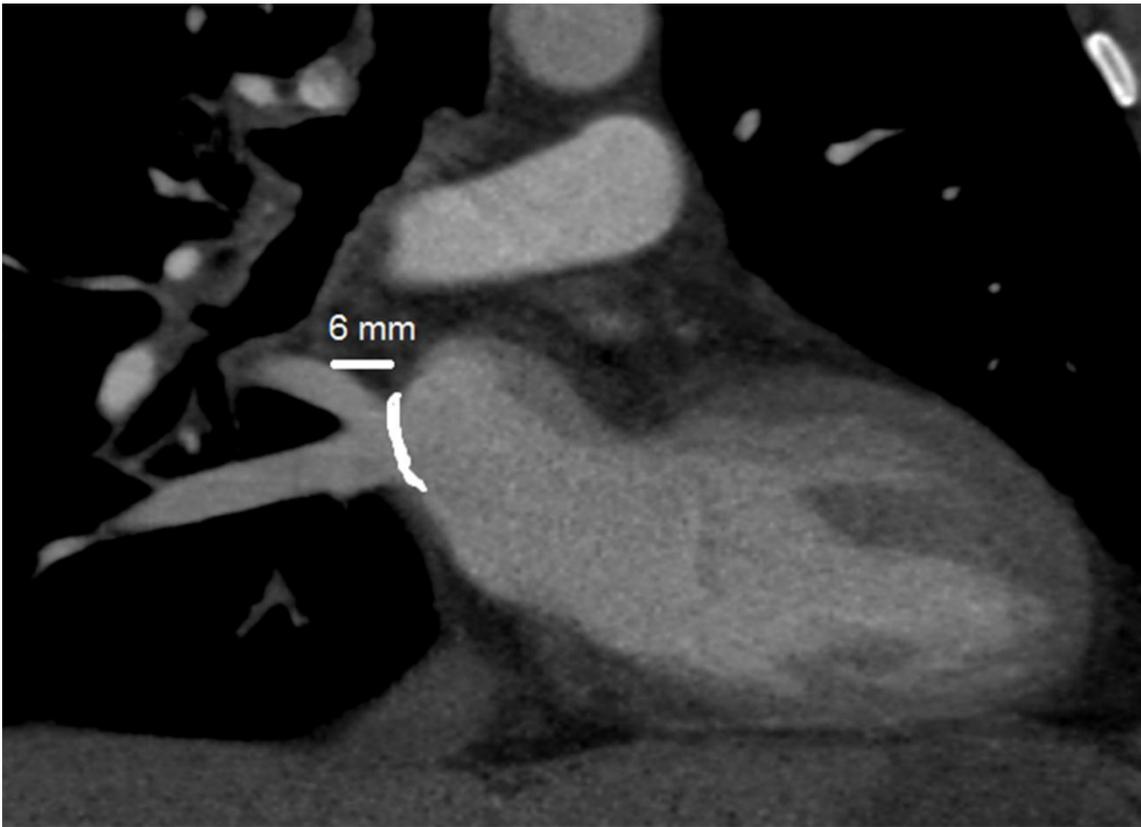


Figure 3

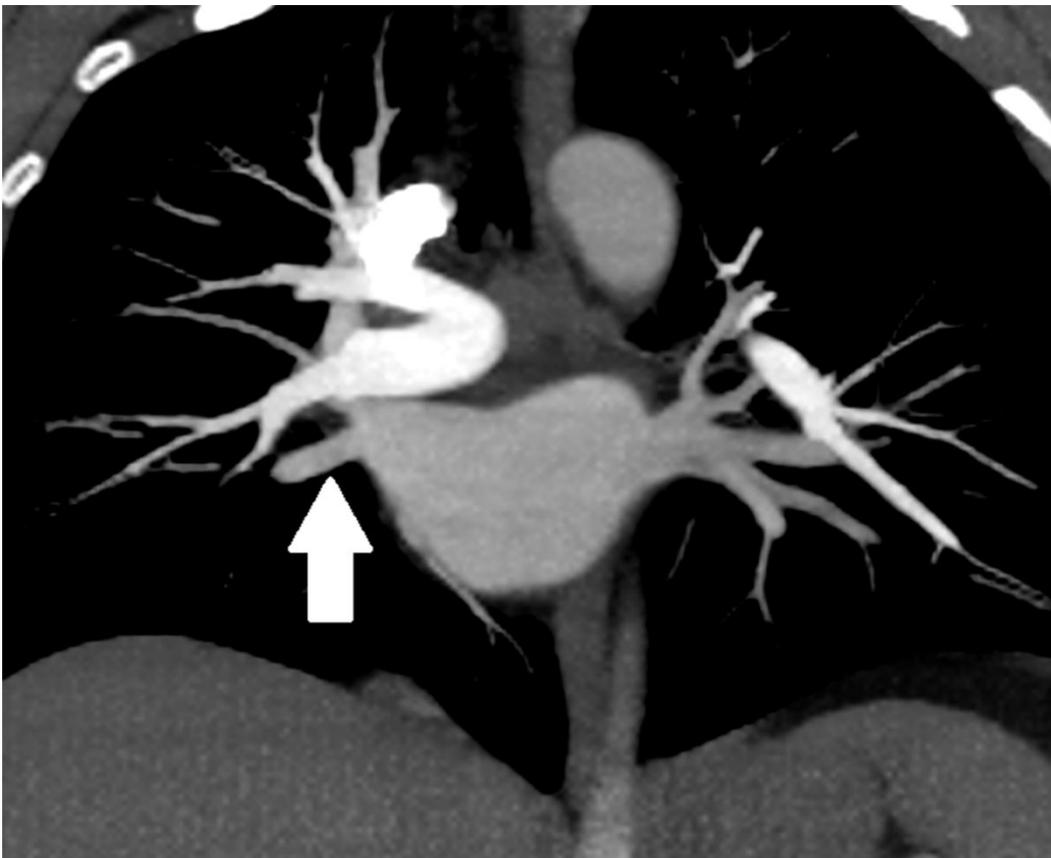


Figure 4

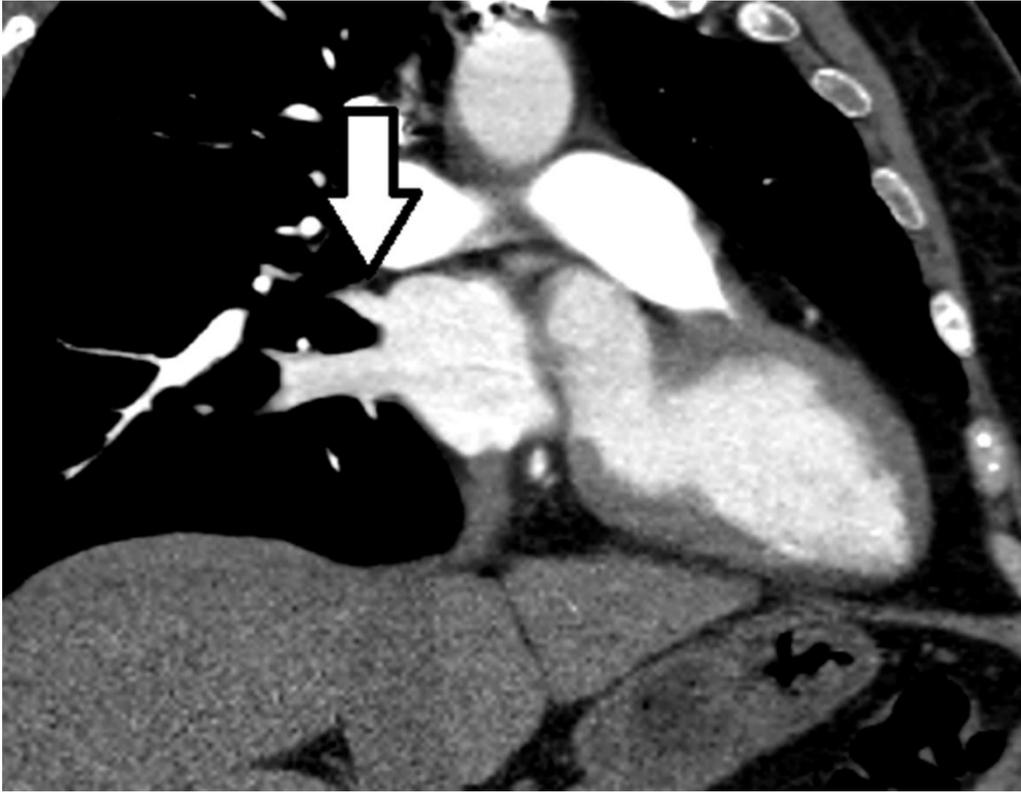


Figure 5

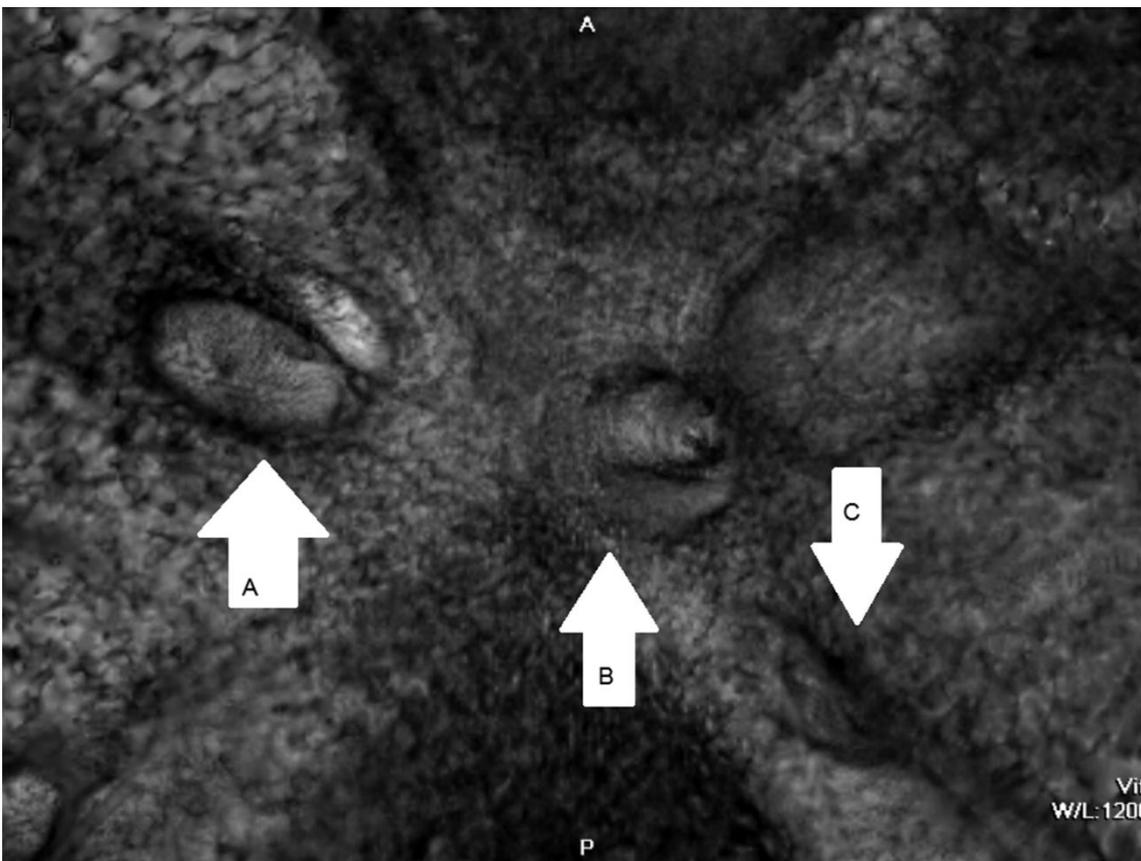


Figure 6