



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde:

Cardiologia e Ciências Cardiovasculares

TESE DE DOUTORADO

**CATETERISMO CARDÍACO DIREITO ATRAVÉS DE ACESSO
VENOSO ANTECUBITAL: EXPERIÊNCIA DE UM CENTRO
TERCIÁRIO BRASILEIRO E REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

FELIPE HOMEM VALLE



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE:
CARDIOLOGIA E CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES

**Cateterismo cardíaco direito através de acesso venoso
antecubital: experiência de um centro terciário brasileiro e
revisão sistemática da literatura**

Autor: Felipe Homem Valle

Orientador: Prof. Dr. Marco Vugman Wainstein

Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vugman Wainstein

*Tese submetida como requisito para
obtenção do grau de Doutor ao Programa de
Pós-graduação em Ciências da Saúde:
Cardiologia e Ciências Cardiovasculares,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*

Porto Alegre, 2017

À minha amada esposa, Leticia.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

Ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre, hospital universitário de excelência, onde tive a honra e o privilégio de realizar meu treinamento profissional em Medicina Interna, Cardiologia e Cardiologia Intervencionista.

Ao binômio Serviço de Cardiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e Programa de Pós-Graduação em Cardiologia e Ciências Cardiovasculares da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde fui constantemente exposto a ambiente de assistência e pesquisa em cardiologia de altíssimo nível e prestígio.

AGRADECIMENTOS PESSOAIS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Vugman Wainstein, por ter acreditado em minhas condições, ter oportunizado e viabilizado o desenvolvimento desta tese, pelos ensinamentos teóricos e práticos e, acima de tudo, pelo constante estímulo ao meu crescimento acadêmico.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Rodrigo Vugman Wainstein, com quem estou em inestimável débito pela idealização desta tese, pelo estímulo constante à minha formação, pelos ensinamentos diários no laboratório de cateterismo e por ter creditado a mim condições de seguir seus passos além-mares.

Ao Dr. Bruno da Silva Matte, com quem tive o privilégio de realizar muitos dos cateterismos cardíacos aqui reportados.

À Dra. Jeruza Lavanholi Neyeloff, pelo auxílio e orientação na execução da revisão sistemática composta nesta tese.

Aos, Dr. Fernando Pivatto Júnior, Guilherme Pinheiro Machado e Dr. Gustavo Neves de Araújo, pela colaboração científica.

Aos meus pais, Francisco e Cristina, e a minha irmã, Verônica, pelo amor e carinho destinados a mim ao longo de toda vida e, especialmente, pela paciência e compreensão com minha ausência nos últimos anos.

À minha esposa e companheira Letícia, que dá sentido à minha existência.

*“Cateterizar o coração foi a
chave na fechadura...”*

Andre Cournand, 1956

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	10
RESUMO.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	33
4. REFERÊNCIAS DA REVISÃO DA LITERATURA.....	35
5. ARTIGO 1.....	41
6. ARTIGO 2.....	59
7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81

CIP - Catalogação na Publicação

Valle, Felipe Homem

Cateterismo cardíaco direito através de acesso venoso antecubital: experiência de um centro terciário brasileiro e revisão sistemática da literatura / Felipe Homem Valle. -- 2017. 81 f.

Orientador: Marco Vugman Wainstein.

Coorientador: Rodrigo Vugman Wainstein.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Cateterismo cardíaco . 2. Cateterismo cardíaco direito. 3. Acesso venoso antecubital. I. Wainstein, Marco Vugman, orient. II. Wainstein, Rodrigo Vugman, coorient. III. Título.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CI – Confidence interval

Fr - French

Gy.cm² - Gray.centímetro quadrado

Kg – Kilograma

M² - Metro quadrado

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic
Reviews and Meta-Analyses

SUS - Sistema Único de Saúde

RESUMO

No âmbito de cateterismos cardíacos direitos, a utilização da via de acesso antecubital tem sido reportada como alternativa menos invasiva e, potencialmente, mais segura. No entanto, as evidências relacionadas a esse contexto são escassas e heterogêneas.

No primeiro artigo desta tese, reporta-se a experiência de um centro terciário brasileiro na realização de cateterismos cardíacos direitos através de acesso venoso antecubital obtido sob visualização ecográfica, comparando os dados observados com série histórica de procedimentos similares realizados por vias de acesso femoral e jugular. Observou-se elevada taxa de sucesso na realização de cateterismos cardíacos direitos por via antecubital, sob visualização ecográfica. Não obstante, a via de acesso antecubital se demonstrou associada a menor taxa de exposição à radiação, aferida através da dose de radiação, em relação a via de acesso femoral, tanto para cateterismos direitos isolados, quanto para procedimentos combinados.

No segundo artigo desta tese, descrevemos revisão sistemática da literatura com meta-análise de dados, objetivando identificar a segurança e factibilidade de cateterismo cardíaco direito através do acesso venoso antecubital, em comparação outras vias de acesso. Observamos redução de 86% na taxa de complicações vasculares com a via de acesso antecubital, em relação à via de acesso femoral. Por outro lado, as taxas de sucesso foram maiores com a via de acesso femoral em relação à via de acesso antecubital. No que tange à exposição radiológica, não foram observadas diferenças significativas entre as vias de acesso femoral e antecubital. Contudo, os estudos analisados apresentaram elevada heterogeneidade, que compromete inferências sobre os resultados observados.

1- INTRODUÇÃO

1.1- Aspectos históricos do cateterismo cardíaco

A cardiologia é uma especialidade médica que teve crescimento contundente no último século. O conhecimento da fisiologia e anatomia cardíaca foi fundamental para que tal desenvolvimento ocorresse. Nesse contexto, os conhecimentos obtidos em laboratórios de cateterismo cardíaco permitiram o entendimento do funcionamento normal do coração e da circulação sanguínea, por sua vez. Além disso, proporcionaram a compreensão do comportamento do coração frente às doenças que o acometem. Por estes motivos, Andre Cournand mencionou no seu discurso, quando do recebimento do prêmio Nobel de Medicina em 1956, que “cateterizar o coração foi a chave na fechadura...”. Ao girar esta chave, Cournand e seus colegas impulsionaram o desenvolvimento científico da cardiologia. (1,2)

Embora não haja consenso, a Claude Bernard é creditada a realização do primeiro cateterismo cardíaco. Na ocasião, em 1844, através da veia jugular e da artéria carótida, Bernard acessou os ventrículos direito e esquerdo de um cavalo(2).

Entretanto, houve um hiato de 85 anos entre o experimento de Claude Bernard e a realização do primeiro cateterismo cardíaco em seres humanos(3). A história tocante ao pioneiro procedimento realizado por Werner Forssmann, não estivesse ela fielmente documentada, quiçá seria alvo de ceticismo e considerada uma *estória* por muitos(4).

Werner Forssmann, na época um aprendiz de cirurgia de apenas 25 anos em Eberswalde no interior da Alemanha, transgrediu as regras, contrariou seu próprio chefe e acessou seu **próprio** coração com um cateter de 65 centímetros. O objetivo do procedimento era de demonstrar que acessar o coração através de uma veia periférica era factível e uma vez acessado o coração, o cateter utilizado para tal poderia ser utilizado para administração de medicamentos em situações

de extrema gravidade. Para realização do experimento, Forssmann convidou para que fosse sua auxiliar a enfermeira chefe da sala de cirurgia, Gerda Ditzen, que consentiu com a realização do procedimento. A condição imposta por Ditzen foi de que a intervenção fosse realizada nela mesma. Forssmann não considerou adequado realizar o experimento na sua auxiliar, oferecendo a ela riscos incapazes de serem mensurados naquela ocasião. Curiosamente, a estratégia adota pelo jovem aprendiz de cirurgia foi de ludibriar sua auxiliar, amarrando-a a mesa de cirurgia e sob anestesia local do antebraço dela, simular que introduzia um cateter por uma das veias antecubitais dela. O que de fato Forssmann estava fazendo enquanto ludibriava Gerda Ditzen era, sob anestesia local de sua própria fossa cubital esquerda, inserir e avançar um cateter por uma de suas veias antecubitais. Neste momento, já com sua auxiliar desamarrada da maca cirúrgica, Forssmann caminhou até a unidade de radiologia, localizada no andar abaixo da sala de cirurgia, e avançou o cateter, sob visualização fluoroscópica, até o seu átrio direito. A fim de comprovar o seu feito, Forssmann documentou a posição do cateter em clássica radiografia de tórax, reproduzida até os dias atuais em diversos tratados de medicina. Nos dois anos subsequentes, Forssmann repetiu o procedimento seis vezes em si mesmo. Contudo, a audácia do jovem médico não era aceita por seus pares: ele decidiu abandonar a cardiologia e se dedicar à urologia – curiosamente, o cateter utilizado por Forssmann para acessar seu próprio coração era uma sonda urológica -. Werner Forssmann foi agraciado com prêmio Nobel de Medicina em 1956 por sua notável contribuição a ciência e faleceu em 1979, devido à insuficiência cardíaca congestiva – condição para a qual o procedimento de Forssmann, cateterismo cardíaco, portanto, é atualmente uma importante ferramenta diagnóstica e terapêutica(3,4).

Desde então, ainda no século XX, o cateterismo cardíaco evoluiu sobremaneira: registros de pressões intracavitárias passaram a ser

rotineiramente realizados e o comportamento destas medidas foi compreendido; houve o desenvolvimento de métodos para aferição do débito cardíaco(5); a origem do “sangue capilarizado pulmonar” foi descrita(6); o ventrículo esquerdo passou a ser acessado por via retrógrada, isto é, através da válvula aórtica(7); Sones introduziu e difundiu o método da cineangiocoronariografia(8); Swan e Ganz(9) desenvolveram cateter com balão em sua extremidade distal que permitiu a realização de cateterismos cardíacos direitos em ambientes extra-laboratórios de cateterismo; Andreas Gruntzig(10) desenvolveu método de tratamento da angina de peito através da angioplastia com cateter-balão das artérias coronárias; a utilização de endopróteses – stents – como ferramenta adjunta à angioplastia com balão se difundiu durante o final da década de 1980 e houve grande aprimoramento destes dispositivos nos últimos 30 anos(11). Enfim, a Cardiologia Intervencionista se consolidou como subespecialidade da cardiologia e é dia-a-dia aprimorada pelos com constantes desenvolvimentos científicos realizados.

1.2 - Cateterismo cardíaco das câmaras direitas na atualidade

1.2.1. Indicações

Cateterismo cardíaco de câmaras direitas, ou apenas cateterismo cardíaco direito como é mais corriqueiramente denominado, consiste no acesso às cavidades cardíacas direitas, com vistas à avaliação hemodinâmica invasiva. Esta ferramenta diagnóstica é utilizada em diversos contextos e com distintos propósitos. Cabe ressaltar que o crescente entendimento do comportamento hemodinâmico em cenários clínicos específicos e a compreensão dos achados prognósticos nos respectivos contextos, tornou ainda mais ampla a indicação do cateterismo de câmaras cardíacas direitas(12).

No cenário da hipertensão pulmonar, cateterismo cardíaco direito é o método diagnóstico padrão-ouro. Não obstante, a avaliação hemodinâmica invasiva é o método padrão-ouro para a diferenciação dos padrões de hipertensão pulmonar – pré-capilar, pós-capilar, combinado –. Adicionalmente, cateterismo cardíaco direito é realizado rotineiramente para avaliação de elegibilidade a transplantes cardíaco e pulmonar. Especificamente no cenário de avaliação de candidataria a transplante cardíaco, a realização de avaliação hemodinâmica invasiva combinada com protocolos de análise da reatividade vascular pulmonar nos indivíduos com hipertensão pulmonar, aumento do gradiente transpulmonar e/ou aumento da resistência vascular pulmonar constitui-se estratégia de extrema relevância e com consistentes informações prognósticas(13).

O emprego da avaliação hemodinâmica invasiva na graduação de valvulopatias e de “*shunts*” intracardíacos costumava ser rotineiramente realizado no passado. Contudo, com o advento e o desenvolvimento dos métodos de imagem não-invasivos, especialmente da ecocardiografia e da ressonância magnética cardíaca, o cateterismo cardíaco foi colocado em segundo plano nestes cenários. Mais recentemente, atenções têm sido direcionadas ao papel da avaliação hemodinâmica invasiva no

contexto da estimativa da área valvar aórtica em pacientes com estenose aórtica de baixo fluxo e baixo gradiente, sobretudo naqueles com hipertensão pulmonar(14).

No Brasil, entre fevereiro de 2016 e fevereiro de 2017, foram realizados 134.789 cateterismos cardíacos diagnósticos em usuários do Sistema Único de Saúde (SUS). Especificamente na região Sul, foram realizados 27.790(15). Contudo, não há dados disponíveis em relação a quantidade de cateterismos cardíacos direitos no cenário nacional.

1.2.2 - Acessos vasculares para realização de cateterismo cardíaco de câmaras direitas

Cateterismos cardíacos direitos, na maioria dos centros, são realizados por cardiologistas. Considerando-se que em geral, os cardiologistas possuem mais experiência na realização de cateterismo cardíaco esquerdo/cineangiografiografia, frequentemente os operadores costumam preferir utilizar como via de acesso para cateterismo cardíaco direito sítios próximos aos de punção arterial. Nos primórdios do coronariografia(8), a via de acesso arterial braquial, obtida através de dissecação cirúrgica descrita por Mason Sones, era preferencial. Nesta fase, muitos operadores realizavam cateterismos cardíacos direito e esquerdo por dissecação simultânea das veias antecubitais e da artéria braquial. Tais procedimentos possuíam taxa elevada de complicações vasculares, como hemorragia, trombose, desenvolvimento de estenoses vasculares e de pseudoaneurismas. Em algumas séries, a incidência de complicações vasculares se aproximava a 28-30% com esta abordagem(16).

No final da década de 1960, a técnica de Judkins(17) para realização de coronariografia/cateterismo cardíaco esquerdo por via arterial femoral foi descrita e nos anos subseqüentes se tornou a via preferencial de acesso vascular nos laboratórios de cateterismo. Neste cenário, a utilização da veia femoral com vistas à avaliação hemodinâmica invasiva se tornou, conjuntamente, a via de acesso preferencial.

Embora o experimento de Forssmann para acessar o coração tenha sido realizado por via antecubital(3), a utilização desta via de acesso para o propósito de cateterismos cardíacos direitos diminuiu drasticamente após a adoção da via femoral como via preferencial para a realização de cateterismos cardíacos. Justificativas para tal desuso da via antecubital são: a via femoral, com a técnica de Seldinger(18) modificada não requer a dissecação da fossa antecubital; para realização

de cateterismos cardíaco e esquerdo combinados, prática corriqueira e rotineira em muitos centros nas décadas de 1980 e 1990, limitar as punções vasculares ao sítio femoral simplificava o procedimento e provavelmente era mais confortável aos pacientes do que realizar o cateterismo cardíaco esquerdo pela via femoral e o cateterismo cardíaco direita através de dissecação da fossa antecubital.

Durante a última década do século XX e a primeira década do século XXI, a partir da descrição da técnica e da primeira série de coronariografias realizadas pela via transradial por Campeau(19) em 1989, houve a adoção por muitos operadores da via de acesso radial para a realização de cateterismos cardíacos esquerdos, em virtude do maior conforto e da menor taxa de complicações vasculares dessa via de acesso em comparação com a via femoral, inclusive com evidências oriundas de ensaios clínicos randomizados de redução de mortalidade no cenário do infarto agudo do miocárdio com elevação do segmento ST(20,21).

A migração da via de acesso arterial femoral para a via radial na realização de cateterismos cardíacos esquerdos trouxe à superfície, após longo período de ostracismo, a via antecubital para avaliação hemodinâmica invasiva. Porém, diferentemente da época de tempos anteriores em que a dissecação cirúrgica da fossa antecubital era realizada, a consolidação da técnica de Seldinger(18) para punções vasculares percutâneas permitiu a abordagem percutânea das veias do antebraço. De forma complementar, a incorporação da ecografia como método adjunto para obtenção de acessos vasculares configura ferramenta auxiliar de valor neste contexto(22).

Se por um lado, as sociedades de cardiologia e cardiologia intervencionista recomendam em suas diretrizes a preferência pelo acesso arterial radial para procedimentos diagnósticos e intervenções coronarianas(23), constituindo-se esta conduta um indicador de qualidade assistencial em laboratórios de cateterismo, por outro lado no

âmbito da via de acesso preferencial para a realização de cateterismos cardíacos direitos, não há recomendações específicas. Neste contexto, há ampla variação entre os centros e os operadores nas vias de acesso preferenciais para avaliações hemodinâmicas invasivas. Embora a literatura careça de dados consistentes sobre este aspecto, as vias de acesso jugular e femoral são as mais frequentemente utilizadas para acessar o lado direito do coração e a circulação pulmonar(24).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Segurança e factibilidade do cateterismo cardíaco direito através da via antecubital

A drenagem venosa das extremidades possui peculiaridades em relação às drenagens venosas de outros sítios do organismo humano(25,26). Especificamente nos membros superiores, há drenagem venosa superficial, composta pelas veias basílica e cefálica. Estes vasos são oriundos do arco venoso superficial dorsal da mão e percorrem as faces ulnar e radial do antebraço, respectivamente. Nas proximidades da fossa antecubital, a veia mediana cubital conecta as veias basílica e cefálica, que percorrem o braço até a veia axilar. A drenagem venosa profunda do membro superior ocorre por diversas pequenas veias, como as veias ulnares e radiais, que drenam para as veias braquiais. As veias braquiais, por suas vezes, são de pequeno calibre e situam-se intimamente próximas a artéria braquial e ao nervo mediano. Embora possível de ser realizada, a maior profundidade e a proximidade com estruturas nobres, torna as veias braquiais pouco atraentes para a obtenção de acessos vasculares. Nesse contexto, as veias superficiais do antebraço, especificamente as veias basílica e cefálica, constituem-se os alvos preferenciais para a canulação venosa nos membros superiores.

A primeira série de cateterismos direitos realizados por punção percutânea de veias antecubitais foi publicada em 1981 por Lange et al(27). Neste estudo, realizado no cenário de avaliação hemodinâmica invasiva intraoperatória de cirurgias cardíacas, proeminentes veias medianas antecubitais e basílicas foram puncionadas sem o recurso da visualização ecográfica e avaliação hemodinâmica invasiva foi realizada por estas vias. Dentre os 84 pacientes em que foi considerada a realização do procedimento, obteve-se sucesso na aquisição do acesso vascular antecubital em 71 (84,5%) e o cateterismo cardíaco foi

realizado com sucesso pela via antecubital em 63 (75%). Neste trabalho, a tentativa de avançar o cateter de artéria pulmonar através de acesso obtido via veias basilicas apresentou maior taxa de sucesso, em comparação com tentativas por acessos obtidos pelas veias cefálicas: 93% e 60%, respectivamente. Embora, tenham sido observados seis casos de hematoma antecubital pós-procedimentos, não foram observadas complicações vasculares maiores nos pacientes submetidos aos procedimentos pela via antecubital.

Em 2002, Gilchrist et al(28) descreveram técnica para realização de cateterismos cardíacos direito e esquerdo através de acessos vasculares obtidos na região do punho em série de 55 casos. Neste estudo, a via radial foi o sítio de punção acesso arterial utilizado e foram realizadas tentativas de obtenção de acesso venoso em veias próximas a artéria radial. A taxa de sucesso de obtenção do acesso venoso foi de aproximadamente 50%, apenas. Possivelmente, a seleção de veias próximas a artéria radial, ou seja, na região do punho, tenha contribuído para a elevada taxa de insucessos na obtenção do acesso venoso nesta série.

Em paralelo a redução de complicações vasculares proporcionada pela adoção da via de acesso transradial para realização de cateterismos cardíacos esquerdos, especialmente em cenários de maior risco de complicações vasculares, como em pacientes anticoagulados, Lo et al(29) consideraram que a realização de cateterismos direito e esquerdo, através de acessos vasculares antecubitais e radiais, respectivamente poderia constituir-se valiosa alternativa para indivíduos em uso de anticoagulantes que necessitassem ser submetidos a cateterismos cardíacos. Então, em série de 28 pacientes anticoagulados, os autores obtiveram sucesso em 96% dos procedimentos. Comparativamente, foram estudados 31 pacientes que não estavam em uso de anticoagulantes e tiveram seus procedimentos realizados pela via transfemoral. Ambos os grupos não

demonstraram complicações vasculares durante o período de permanência no laboratório de cateterismo. Cabe ressaltar que nesta série, foram considerados potencialmente elegíveis para cateterismo cardíaco direito por via antecubital apenas aqueles indivíduos que possuíam veias antecubitais palpáveis. Apesar dessa condição de elegibilidade, em um caso foi realizada dissecação cirúrgica da fossa antecubital para canulação venosa. Esta série, além de ter demonstrado segurança da via de acesso antecubital para avaliação hemodinâmica invasiva pela via antecubital nestes pacientes anticoagulados, reportou taxa de sucesso de obtenção do acesso venoso antecubital superior a descrita por Gilchrist et al(28). Possivelmente, a principal justificativa para maior taxa de sucesso na obtenção do acesso venoso nesta série esteja no sítio de acesso abordado: isto é, Lo et al(29) concentraram suas tentativas na topografia da fossa antecubital e não às veias *comitantes*, como na série de Gilchrist et al(28).

O grupo liderado por Gilchrist(30) descreveu nova série de cateterismos cardíacos direito e esquerdo realizados por acesso antecubital e radial, respectivamente em 2006. Nesta série, os dados foram comparados a coorte de indivíduos submetidos a procedimentos realizados pela via femoral. A incidência de complicações vasculares – fístula arteriovenosa, pseudoaneurisma e hematoma/hemorragia que tenha resultado em avaliação ultrassonográfica ou prolongamento de estadia no hospital – foi de 6,8% (n= 12) no grupo femoral e não houve complicações reportadas no grupo radial/antecubital. Adicionalmente, em procedimentos exclusivamente diagnósticos, o tempo de manipulação arterial foi menor ($p < 0,04$) no grupo radial/antecubital ($35,6 \pm 4,2$ minutos) em comparação com o grupo femoral ($40,6 \pm 5,1$ minutos). Observou-se também, menor tempo de exposição à radiação ($p < 0,001$) no grupo radial/antecubital ($9,7 \pm 1,1$ minutos), em comparação com o grupo femoral ($12,6 \pm 1,2$ minutos). Neste estudo, o acesso venoso antecubital foi obtido na sala de preparo pré-

procedimentos por enfermeiras dos laboratórios de cateterismo. Naqueles casos em que se obteve acesso venoso antecubital calibroso, foram realizadas investidas de avaliação hemodinâmica através do antebraço. Todavia, embora sejam descritos “*diversos*” cruzamentos entre os grupos no que se refere à via de acesso vascular, não há descrição objetiva da taxa de sucesso na aquisição do acesso venoso na sala de preparo e não é tangível a real taxa de sucesso das investidas de cateterismo cardíaco por veias antecubitais.

Yang et al descreveram(31) série de 296 cateterismos cardíacos direitos realizados consecutivamente. Nesta série, 101 procedimentos foram realizados através de abordagem via antecubital e 195 através de abordagem femoral. Não houve complicações vasculares no grupo de indivíduos submetidos a procedimentos por via antecubital. Foi reportado um caso de pseudo-aneurisma no grupo femoral. Outrossim, observou-se menor tempo de procedimento com a abordagem antecubital, em relação a femoral: $15,24 \pm 9,89$ minutos e $23,71 \pm 14,49$ minutos, respectivamente ($p < 0,001$). É importante frisar que neste estudo a seleção da via de acesso para os procedimentos foi definida por julgamento dos operadores, através da identificação de veias antecubitais palpáveis e esta característica ofusca a capacidade de generalização dos resultados observados.

Jing et al(32) consideraram a possibilidade de cateterismo direito por via antecubital a 74 pacientes. Ressalta-se que também nesta série, presença de veias antecubitais palpáveis foi o critério de elegibilidade para abordagem antecubital. Em 6 pacientes (8,1%), a abordagem antecubital foi contra-indicada pela ausência de veias calibrosas no antebraço. A idade média observada foi de $36,4 \pm 14,8$ anos, a estatura média foi de $1,61 \pm 8,5$ cm e o peso médio foi de $55,2 \pm 11,7$ kg.

Os autores reportaram taxas de sucessos de canulação de veia antecubital e de realização de cateterismo cardíaco direito por esta via de 97,1% e 91,2%, respectivamente. Os motivos para falha da via

antecubital, quando se obteve sucesso em canulação do vaso, foram: anormalidades anatômicas das veias do antebraço (2 casos), estenoses de veias subclávias (3 casos), deformação anatômica relacionada a história de abuso de drogas (1 caso). Nesta série, houve sangramento a partir de um ramo da veia axilar em um caso, sendo esta a única complicação reportada.

De forma prospectiva, Williams et al(33), descreveram factibilidade e segurança da realização de cateterismos direito e esquerdo através de acesso venoso antecubital e acesso arterial radial. Durante período de um ano, foram selecionados indivíduos que possuíam indicação de cateterismos cardíacos direito e esquerdo em hospital universitário localizado no Reino Unido. Os pacientes com pulso arterial radial satisfatório e em que foi obtido acesso venoso através de veia antecubital com cânula 20 Gauge foram considerados potencialmente elegíveis para realização dos procedimentos pelas vias radial/antecubital. Neste estudo, embora não esteja descrito o vaso específico do sítio venoso de punção, o protocolo sugeria que as tentativas fossem preferencialmente realizadas através de veias mediais do antebraço. Pressupõem-se, portanto, que os autores visavam priorizar o acesso as veias basilícas ou medianas cubitais.

Dentre os 58 casos selecionados, foi possível realizar cateterismo cardíaco esquerdo através da artéria radial direita em 57 (98%). Em um caso, foi necessária conversão para o sítio femoral. No que tange a realização de cateterismos direitos pela via antecubital, houve sucesso em 54 (91%) casos. Nos casos em que houve insucesso, venografias diagnósticas demonstraram que as razões para falha da via antecubital foram: tortuosidade das veias do antebraço (n=2), oclusão da veia subclávia (n=1) e dissecação venosa (n=1). Nesta série, em comparação com coorte histórica de 58 cateterismos direitos e esquerdos realizados por veias a artérias femorais, o tempo de procedimento foi significativamente menor com a abordagem radial/antecubital em

comparação com a estratégia femoral: 46,7 *versus* 38 minutos, respectivamente ($p=0,03$). Adicionalmente, houve redução do tempo de fluoroscopia com a abordagem antecubital/radial em comparação com a via femoral: 11,2 *versus* 8,1 minutos, respectivamente ($p=0,01$). Embora não estatisticamente significativa, a estratégia radial/antecubital demonstrou tendência de redução da dose de radiação administrada, em comparação com a via femoral: 65,5 *versus* 99,9 Gy.cm², respectivamente ($p=0,07$).

Neste estudo, a exemplo da série de Gilchrist(30), não há descrição objetiva da taxa de sucesso na aquisição do acesso venoso na sala de preparo. Embora o protocolo sugerisse que as veias mediais fossem preferencialmente selecionadas para o acesso venoso, veias laterais foram canuladas em 22% dos casos. Oportunamente, a publicação das imagens das venografias dos casos de falha da via antecubital possui caráter elucidativo: nos 2 casos em que houve insucesso decorrente de tortuosidade venosa, as imagens são sugestivas de canulações laterais de veias tributárias – de fino calibre e tortuosas, a propósito - da veia cefálica. Destarte, o acesso, possivelmente, não fora obtido nas veias principais do antebraço e este fato supostamente contribuiu para o insucesso de realização do cateterismo direito pela via antecubital nestas situações, em específico.

Em análise retrospectiva de 272 indivíduos submetidos à cateterismos cardíacos direitos em um único laboratório de cateterismo americano, Shah et al(34) descreveram progressivo aumento na adoção da via antecubital ao longo de 4 anos: enquanto em 2008, 100% dos procedimentos naquela instituição foram realizados através de veias proximais (femoral e jugular, predominantemente); em 2012, 85% das avaliações hemodinâmicas invasivas foram realizadas a partir de acesso venoso antecubital. Especificamente, a casuística de pacientes submetidos a procedimentos por veias proximais foi composta por 166 indivíduos e a coorte de indivíduos em que as intervenções foram

realizadas por via antecubital foi composta por 106 casos. Do mesmo modo que nas séries de Gilchrist et al (30), Jing et al(32) e Williams et al(33), o protocolo para aquisição de acesso venoso antecubital compreendia tentativas de punção das veias do antebraço na sala de preparo para o procedimento, por enfermeiras. Os critérios de seleção utilizados para elegibilidade de utilização da via antecubital não são reportados nesta série.

Nesta série, a taxa de sucesso da via antecubital para a realização de cateterismo cardíaco direito foi de 91% (n= 97). A exemplo de Os 9 casos de falha da via antecubital foram relacionados a canulação de veias de fino calibre e/ou com acentuada tortuosidade (n=5), impossibilidade de canulação de veia do antebraço (n=3) e oclusão venosa proximal (n=1). A incidência de complicações vasculares menores – punção arterial inadvertida e formação de hematoma – foi de 5% no grupo submetido a procedimentos através de veias proximais. Não houve complicações na coorte de pacientes em que as avaliações hemodinâmicas invasivas foram realizadas a partir de acesso venoso antecubital. Cabe ressaltar que nesta série, a proporção de pacientes do sexo feminino foi menor no grupo de acesso antecubital em relação ao grupo em que as veias proximais foram abordadas: 38% e 57% (p=0,002), respectivamente. Ademais, a mediana do calibre da bainha venosa utilizada no grupo antecubital foi 5Fr, enquanto no grupo em que as veias proximais foram canuladas, o calibre do introdutor venoso foi 8Fr (p<0,001). Uma vez que gênero feminino e utilização de introdutores calibrosos se associam com maior risco de complicações vasculares em cateterismos cardíacos(35,36), tais discrepâncias entre os grupos nesta série podem ter influenciado os resultados observados.

Em concordância com os dados reportados por Gilchrist et al(30) e Williams et al(33) a via de acesso antecubital se associou com menor tempo de fluoroscopia, em comparação com as vias proximais na série

de Shah et al(34): $3,32 \pm 0,56$ minutos e $4,57 \pm 0,9$ minutos, respectivamente ($p=0,03$).

Em importante e grande série publicada sobre o assunto, Roule et al(37) descreveram 1007 casos prospectivos de pacientes submetidos à cateterismo cardíaco direito em um hospital universitário francês entre fevereiro/2010 e agosto/2013. As veias antecubitais são rotineiramente utilizadas a realização de avaliações hemodinâmicas invasivas neste centro. Desta forma, a via antecubital foi considerada elegível em 964 (95,7%) casos. Isto é, em 43 (4,3%) casos, por razões clínicas, tais como presença de fístulas arterio-venosas, o acesso venoso foi primariamente obtido através de punção de veia femoral. Dentre os 964 casos nos quais foram realizadas investidas às veias antecubitais, obteve-se sucesso inicial em 813 (80,7%). Portanto, outro sítio de acesso venoso foi necessário em 151 casos (15%). Em 82 (8,1%) casos, o segundo sítio foi obtido através de punção de veias antecubitais contralaterais à fossa antecubital primeiramente eleita para o procedimento. Nos 69 (6,9%) casos restantes, a via femoral foi utilizada.

Nesta série, houve redução significativa do risco absoluto de complicações vasculares com a técnica antecubital da ordem de 4,2%. A incidência de complicações vasculares foi de 0,3% ($n=3$) no grupo de indivíduos submetidos a cateterismo cardíaco por via antecubital e de 4,5% ($n=5$) na coorte femoral. Dentre os eventos adversos, hematomas nos sítios de punção vascular corresponderam a 62,5%.

Em relação aos 151 casos da série de Roule et al(37) em que houve falha de realização do cateterismo cardíaco direito pela via antecubital, em 132 deles o motivo do insucesso residiu em incapacidade de punção das veias ou de progredir corda-guia, apesar de refluxo sanguíneo adequado. Nos 19 restantes, a razão do insucesso se relacionou a restrição ao avanço de cateter de Swan-Ganz.

Em consonância com os dados reportados por Gilchrist et al(30), Williams et al(33) e Shah et al(34) a via antecubital foi estatisticamente

associada a menor tempo de fluoroscopia em comparação a via femoral: medianas 73 segundos (variação: 35-128) e 188 segundos (variação: 131-332), respectivamente ($p < 0,001$). Adicionalmente, o tempo médio de duração dos procedimentos foi menor na coorte de indivíduos submetidos a procedimentos antecubitais, em relação aqueles realizados por via femoral: $38,1 \pm 12,6$ minutos e $53,8 \pm 18,6$ minutos, respectivamente ($p < 0,001$).

Embora a via de acesso antecubital tenha sido associada à tendência de redução da dose de radiação administrada, em comparação com a via femoral na série de Williams et al(33), este resultado não alcançou significância estatística. Sob outra perspectiva, na série de Roule et al (37), houve significativa redução da mediana da dose de radiação administrada com a via antecubital em comparação com a via femoral: $30,5 \text{ Gy.cm}^2$ (variação: 13,5-64,7) e $115,1 \text{ Gy.cm}^2$ (variação: 60,3-176,1), respectivamente ($p < 0,001$). Porventura, explique-se o contraste entre as duas séries no que tange às doses de radiação administradas pela ocorrência de erro tipo II (beta) na série de Williams et al(33).

Outro aspecto relevante demonstrado na série de Roule et al(37) foi a menor exposição à radiação e o menor tempo de fluoroscopia nos procedimentos antecubitais realizados por operadores experientes em comparação com operadores em treinamento ($p < 0,001$ para ambos desfechos). A dose de radiação em procedimentos realizados por operadores “seniores” foi de $27,4 \text{ Gy.cm}^2$ (variação: 12,3-55,2 Gy.cm^2), enquanto nos procedimentos realizados por aprendizes foi de $44,3 \text{ Gy.cm}^2$ (variação: 18,5-91,5 Gy.cm^2). O tempo de fluoroscopia entre os operadores “seniores” foi de 67 segundos (variação: 32-115 segundos), versus 104 segundos (variação: 58-178 segundos) entre os cardiologistas em treinamento. Essas características apontam para a possibilidade da existência de curva de aprendizado na realização de cateterismos cardíacos direitos pela via antecubital.

Em um passado não muito distante, Harwani et al(38), em análise retrospectiva de dados de 276 pacientes, descreveram resultados de 295 cateterismos cardíacos direitos e de 735 cateterismos cardíacos direitos associados a biópsias endomiocárdicas. As vias de acesso venoso destes 1030 procedimentos foram jugular e antecubital. Detalhadamente, dentre os cateterismos cardíacos direitos isolados, 121 foram realizados por via antecubital e 174 por via jugular. Os procedimentos combinados foram realizados por via jugular em 594 oportunidades e através da via antecubital nas demais 141.

Esta série, além ser inédita na comparação exclusiva das vias antecubital e jugular, apresenta método de obtenção do acesso venoso distinto das demais séries aqui citadas, previamente. Isto é, as punções venosas, tanto no grupo de acesso venoso jugular, quanto no grupo de acesso antecubital foram realizadas com auxílio de ecografia vascular. De forma não surpreendente, o sucesso em acessar as veias de interesse, sejam elas jugulares ou antecubitais foi de 100%. Entretanto, houve migração da via de acesso inicial em 7 casos: 4 no grupo antecubital (3 deles por dificuldades técnicas em acessar às câmaras cardíacas direitas, face presença de cabos de marcapasso/desfibrilador e 1 deles por desconforto do paciente) e 3 no grupo jugular (2 por anormalidades anatômicas e 1 por desconforto do paciente).

Neste estudo, os dados são analisados de forma estratificada aos procedimentos realizados e as vias de acesso utilizadas: isto é, cateterismo direito isolado ou cateterismo direito combinado com biópsia endomiocárdica e via de acesso jugular ou antecubital. Em relação aos 285 cateterismos cardíacos direitos isolados, 174 foram realizados por via antecubital e 121 por via jugular. No grupo jugular, havia mais homens (70,1% *versus* 55,4%, $p=0,01$) e houve tendências a menor idade ($55,4 \pm 11,6$ *versus* $58,1 \pm 11,9$ anos, $p= 0,05$) e maior área de superfície corpórea ($2,02 \pm 0,27$ *versus* $1,95 \pm 0,27$ m², $p=0,05$), em comparação com o grupo antecubital. Embora o tempo de duração dos

procedimentos tenha sido semelhante entre os grupos (60 ± 20 e 62 ± 19 minutos, grupos jugular e antecubital, respectivamente), o tempo de fluoroscopia foi maior no grupo antecubital - $4,99 \pm 5,15$ minutos -, em comparação com o grupo jugular - $3,43 \pm 3,81$ minutos - ($p < 0,01$).

Em razão da freqüente reavaliação hemodinâmica dos participantes desta série no período de 5,5 anos analisado por esta série, os autores tiveram a oportunidade de observar que 44 pacientes foram submetidos a procedimentos antecubitais e jugulares, em momentos distintos. Estes indivíduos responderam a questionário que abordava cinco variáveis: ansiedade, dor, percepção de tempo de duração do procedimento, problemas pós-procedimento e preferência. Foram atribuídas notas em escala de 1 a 5. A via de acesso antecubital se mostrou superior à via jugular no que tange às escalas de dor e ansiedade - 3,04 e 1,89, respectivamente ($p < 0,05$) -. Além disso, houve maior preferência pela via de acesso antecubital em relação a via de acesso jugular: 3,5 e 2,46, respectivamente ($p < 0,05$).

Mais recentemente, Lee et al(39) descreveram série de 132 cateterismos cardíacos direitos realizados entre 2003 e 2014 em um centro universitário coreano. Os procedimentos foram realizados através de acesso venoso antecubital em 37 casos e através de acesso venoso femoral nos demais 95 casos. Neste série, a elegibilidade para abordagem da via antecubital foi pautada através da visualização e palpação da(s) veia(s) cefálica e basílica, após aplicação de compressão com torniquete no membro superior. Nos casos julgados elegíveis, através de punção com cânula 20 Gauge, acesso venoso antecubital foi obtido por enfermeira. Posteriormente, através de inserção de corda-guia, a cânula era trocada por introdutor com 6 French de calibre.

A taxa de sucesso reportada nesta série foi de 100% por ambas as vias de acesso venoso e não houve complicações vasculares. Não obstante, 7,3% dos pacientes submetidos a cateterismo cardíaco pela via femoral reportaram disúria durante o período de repouso.

Outrossim, o período de repouso após a retirada do introdutor venoso foi de $201,2 \pm 48,1$ minutos no grupo femoral e de 0 minutos no grupo antecubital, pois não foi orientado repouso aos indivíduos deste grupo.

Ressalta-se que neste estudo, a seleção da via de acesso antecubital esteve a cargo dos operadores, que deveriam se ater a presença de veias palpáveis na fossa antecubital para a tomada de decisão. À vista disso, presume-se que em 72% dos casos os operadores julgaram as veias antecubitais insatisfatórias para realização do procedimento. Este é um potencial viés de seleção desta série, que talvez ofusque a taxa de sucesso de 100% reportada com a via antecubital.

No continente sul-americano, especificamente no cenário brasileiro, há apenas uma publicação relacionada à descrição de avaliação hemodinâmica invasiva através de acesso antecubital até o presente momento. Nesta série, descrita por Tebet et al (40), 35 cateterismos direito e esquerdo realizados por via antecubital (venosa) e radial (arterial) foram comparados com coorte histórica de 35 procedimentos semelhantes realizados por via femoral (arterial e venosa).

A taxa de sucesso da via antecubital foi de 97% nesta série. Especificamente, em apenas um caso, devido tortuosidade venosa acentuada, foi necessária conversão para via de acesso femoral. Apesar da ausência de complicações vasculares maiores em ambos os grupos, houve desenvolvimento de hematoma em sítio de punção em 17,2% dos casos realizados por via femoral. De forma não menos importante, ressalta-se que em comparação com a via de acesso femoral, os procedimentos realizados pelas vias antecubital/radial tiveram menor duração ($42,85 \pm 20,33$ minutos e $28,28 \pm 10,21$ minutos, respectivamente; $p < 0,01$) e tendência a menor tempo de fluoroscopia ($8,39 \pm 6,38$ minutos e $6,17 \pm 2,42$ minutos, respectivamente; $p = 0,06$).

Na série de Tebet et al(40), obtenção de acesso venoso antecubital foi realizada “às cegas”: isto é, sem auxílio de visualização ecográfica e ancorada na palpação/visualização de veia proeminente na fossa antecubital. Se por um lado foi reportado sucesso na realização de cateterismo cardíaco direito em 34 dos 35 casos do grupo antecubital, por outro lado não foi descrita a proporção de casos em que não houve êxito na obtenção do acesso venoso antecubital.

Símile as séries citadas nesta revisão(28–34,37,39,40), exceção feita à série de Harwani et al(38), elegibilidade da via antecubital para realização de cateterismo cardíaco direito esteve relacionada à canulação de veias antecubitais palpáveis e/ou visíveis. Sob a perspectiva de eventual consideração da via antecubital amplamente para realização de cateterismos cardíacos direitos, é fundamental que tal potencial viés de seleção seja considerado.

3- JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

3.1- JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas, houve importantes avanços no conhecimento da fisiologia cardiovascular e nos mecanismos das doenças que acometem o coração e a circulação. Nesse contexto, avaliação hemodinâmica invasiva, através de cateterismo cardíaco teve papel fundamental. Não é surpresa, portanto, que a realização de avaliações hemodinâmicas invasivas tenha se constituído em ferramenta de uso freqüente na prática médica.

Uma vez que cateterismos cardíacos são procedimentos de natureza invasiva, eventuais riscos são inerentes. No que tange a complicações vasculares, atenção tem sido dispensada a via de acesso utilizada. Em intervenções coronarianas percutâneas, realizadas em contexto de síndrome coronariana aguda, a literatura dispõe de evidências robustas que demonstram diminuição de complicações vasculares e até mesmo de mortalidade com abordagem através da via de acesso radial, em comparação com a via de acesso femoral.

No âmbito de cateterismos cardíacos direitos, a utilização da via de acesso antecubital tem sido reportada como alternativa menos invasiva e, potencialmente, mais segura. No entanto, as evidências relacionadas a esse contexto são escassas e heterogêneas. Desta forma, a presente tese procura descrever os dados disponíveis na literatura através de revisão sistemática com meta-análise e reportar a experiência de um centro terciário brasileiro na realização de cateterismos cardíacos direitos através de acesso venoso antecubital obtido sob visualização ecográfica. Esta é uma etapa fundamental para solidificação da factibilidade de avaliação hemodinâmica invasiva por via de acesso antecubital e que potencialmente impulsionará a realização de estudos controlados que determinem a via de acesso mais segura para realização de cateterismos cardíacos direitos.

3.2- OBJETIVOS

3.2.1- Objetivo geral

Avaliar a segurança e a factibilidade de cateterismo cardíaco direito realizado através de abordagem antecubital.

3.2.2- Objetivos específicos

1. Descrever a experiência de centro terciário brasileiro na realização de cateterismos cardíacos direitos por via de acesso antecubital, comparando-o com as vias de acesso femoral e jugular (Artigo 1).

2. Através de revisão sistemática da literatura, avaliar a factibilidade e a segurança da realização de cateterismo cardíaco direito por via antecubital, comparando-o com as vias de acesso femoral e jugular (Artigo 2).

4. REFERÊNCIAS

1. Cournand A, Riley RL, Breed ES, Baldwin ED, Richards DW, Lester MS, et al. Measurement of cardiac output in man using the technique of catheterization of the right auricle or ventricle. *J Clin Invest.* 1945 Jan;24(1):106–16.
2. Moscucci M. Grossman & Baim's Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention. Edition: Eighth. Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
3. Forssmann W. Die Sondierung des Rechten Herzens. *Klin Wochenschr.* 1929 Nov;8(45):2085–7.
4. Forssmann W, Cournand A. Experiments on myself: Memoirs of a Surgeon in Germany. First Edition edition. Saint Martin's Press; 1974.
5. Klein O. Zur Bestimmung des zirkulatorischen minutens Volumen nach dem Fickschen Prinzip.
6. Dexter L, Haynes FW. Studies of congenital heart disease; the pressure and oxygen content of blood in the right auricle, right ventricle, and pulmonary artery in control patients, with observations on the oxygen saturation and source of pulmonary capillary blood. *J Clin Invest.* 1947 May;26(3):554–60.
7. Zimmerman HA, Scott RW, Becker NO. Catheterization of the left side of the heart in man. *Circulation.* 1950 Mar;1(3):357–9.
8. Sones FM. Cine-cardio-angiography. *Pediatr Clin North Am.* 1958 Nov;5(4):945–79.
9. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med.* 1970 Aug 27;283(9):447–51.

10. Grüntzig AR, Senning A, Siegenthaler WE. Nonoperative dilatation of coronary-artery stenosis: percutaneous transluminal coronary angioplasty. *N Engl J Med.* 1979 Jul 12;301(2):61–8.
11. Simard T, Hibbert B, Ramirez FD, Froeschl M, Chen Y-X, O'Brien ER. The evolution of coronary stents: a brief review. *Can J Cardiol.* 2014 Jan;30(1):35–45.
12. Callan P, Clark AL. Right heart catheterisation: indications and interpretation. *Heart Br Card Soc.* 2016 Jan;102(2):147–57.
13. Galiè N, Humbert M, Vachiery J-L, Gibbs S, Lang I, Torbicki A, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J.* 2016 Jan 1;37(1):67–119.
14. Lindman BR, Zajarias A, Maniar HS, Miller DC, Suri RM, Arnold SV, et al. Risk stratification in patients with pulmonary hypertension undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Heart Br Card Soc.* 2015 Oct;101(20):1656–64.
15. Ministério da Saúde [Internet]. Sistema de Informações Hospitalares do SUS. DATASUS [acesso em abril/2017]. Procedimentos hospitalares do SUS. Disponível em <http://tabnet.datasus.gov.br>
16. Brener BJ, Couch NP. Peripheral arterial complications of left heart catheterization and their management. *Am J Surg.* 1973 Apr;125(4):521–6.

17. Judkins MP. Selective coronary arteriography. I. A percutaneous transfemoral technic. *Radiology*. 1967 Nov;89(5):815–24.
18. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta Radiol*. 1953 May;39(5):368–76.
19. Campeau L. Percutaneous radial artery approach for coronary angiography. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1989 Jan;16(1):3–7.
20. Romagnoli E, Biondi-Zoccai G, Sciahbasi A, Politi L, Rigattieri S, Pendenza G, et al. Radial versus femoral randomized investigation in ST-segment elevation acute coronary syndrome: the RIFLE-STEACS (Radial Versus Femoral Randomized Investigation in ST-Elevation Acute Coronary Syndrome) study. *J Am Coll Cardiol*. 2012 Dec 18;60(24):2481–9.
21. Mehta SR, Jolly SS, Cairns J, Niemela K, Rao SV, Cheema AN, et al. Effects of radial versus femoral artery access in patients with acute coronary syndromes with or without ST-segment elevation. *J Am Coll Cardiol*. 2012 Dec 18;60(24):2490–9.
22. Reusz G, Csomos A. The role of ultrasound guidance for vascular access. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2015 Dec;28(6):710–6.
23. Naidu SS, Aronow HD, Box LC, Duffy PL, Kolansky DM, Kupfer JM, et al. SCAI expert consensus statement: 2016 best practices in the cardiac catheterization laboratory: (Endorsed by the cardiological society of india, and sociedad Latino Americana de Cardiologia intervencionista; Affirmation of value by the Canadian Association of interventional cardiology-Association canadienne de cardiologie d'intervention). *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2016 Sep;88(3):407–23.
24. Hoeper MM, Lee SH, Voswinckel R, Palazzini M, Jais X, Marinelli A, et al. Complications of Right Heart Catheterization

Procedures in Patients With Pulmonary Hypertension in Experienced Centers. *J Am Coll Cardiol*. 2006 Dec 19;48(12):2546–52.

25. Netter FH. Netter. *Atlas de Anatomia Humana* 6ª Edição. Edição: 6ª. Elsevier; 2015.

26. Waheed O, Sharma A, Singh M, Kaluski E. Antecubital Fossa Venous Access For Right Heart Catheterization. *J Invasive Cardiol*. 2017 May;29(5):169–74.

27. De Lange SS, Boscoe MJ, Stanley TH. Percutaneous pulmonary artery catheterization via the arm before anaesthesia: Success rate, frequency of complications and arterial pressure and heart rate responses. *Br J Anaesth*. 1981;53(11):1167–1172.

28. Gilchrist IC, Kharabsheh S, Nickolaus MJ, Reddy R. Radial approach to right heart catheterization: early experience with a promising technique. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2002 Jan;55(1):20–2.

29. Lo TSN, Buch AN, Hall IR, Hildick-Smith DJ, Nolan J. Percutaneous left and right heart catheterization in fully anticoagulated patients utilizing the radial artery and forearm vein: a two-center experience. *J Intervent Cardiol*. 2006 Jun;19(3):258–63.

30. Gilchrist IC, Moyer CD, Gascho JA. Transradial right and left heart catheterizations: a comparison to traditional femoral approach. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2006 Apr;67(4):585–8.

31. Yang C-H, Guo GB-F, Yip H-K, Hsieh K, Fang C-Y, Chen S-M, et al. Bilateral cardiac catheterizations: the safety and feasibility of a superficial forearm venous and transradial arterial approach. *Int Heart J*. 2006 Jan;47(1):21–7.

32. Jing Z-C, Xu X-Q, Jiang X, Sun M-L, Wang Z-X, Wang Y, et al. [Feasibility and safety of right heart catheterization and pulmonary angiography through the antebrachium veins]. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2009 Feb;37(2):142–4.
33. Williams PD, Palmer S, Judkins C, Gutman J, Whitbourn R, MacIsaac A, et al. Right and left heart catheterization via an antecubital fossa vein and the radial artery--a prospective study. *J Invasive Cardiol*. 2014 Dec;26(12):669–73.
34. Shah S, Boyd G, Pyne CT, Bilazarian SD, Piemonte TC, Jeon C, et al. Right heart catheterization using antecubital venous access: feasibility, safety and adoption rate in a tertiary center. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2014 Jul 1;84(1):70–4.
35. Dumont CJP, Keeling AW, Bourguignon C, Sarembock IJ, Turner M. Predictors of vascular complications post diagnostic cardiac catheterization and percutaneous coronary interventions. *Dimens Crit Care Nurs DCCN*. 2006 Jun;25(3):137–42.
36. Tavakol M, Ashraf S, Brener SJ. Risks and Complications of Coronary Angiography: A Comprehensive Review. *Glob J Health Sci*. 2012 Jan;4(1):65–93.
37. Roule V, Ailem S, Legallois D, Dahdouh Z, Lognoné T, Bergot E, et al. Antecubital vs Femoral Venous Access for Right Heart Catheterization: Benefits of a Flashback. *Can J Cardiol*. 2015 Dec 1;31(12):1497.e1-1497.e6.
38. Harwani N, Chukwu E, Alvarez M, Thohan V. Comparison of Brachial Vein Versus Internal Jugular Vein Approach for Access to the Right Side of the Heart With or Without Myocardial Biopsy. *Am J Cardiol*. 2015 Sep 1;116(5):740–3.

39. Lee SH, Chun KJ, Lee DS, Lee SY, Hwang J, Chon MK, et al. Right Cardiac Catheterization Using the Antecubital Fossa Vein in Korean Patients. *Korean Circ J.* 2016 Mar;46(2):207–12.

40. Tebet MA, Andrade PB de, Andrade MVA de, Gentile M, Mattos LAP e, Labrunie A. Segurança e eficácia da cateterização cardíaca direita e esquerda pelo acesso transradial comparado ao transfemoral: experiência inicial. *Rev Bras Cardiol Invasiva.* 2008;16(3):317–21.

5. ARTIGO 1

Abstract

Introduction: Right heart catheterizations are currently performed predominantly through the femoral or internal jugular veins. Although infrequent, complications are almost all related to venous site access. As a parallel to radial approach to left heart catheterization, forearm veins may be a target to reduce access-site complications during right heart catheterizations and also a more comfortable manner to access the right heart. On the other hand, data regarding wide application of this technique is scarce.

Methods: Our study prospectively collected comprehensive data from consecutive right heart catheterizations performed at our academic center between January 2016 and March 2017. In addition, data from historical cases were retrospectively accessed. Demographic data and procedural outcomes were compared between patient groups defined by antecubital, jugular and femoral approaches.

Results: 310 cases right heart catheterizations were performed (antecubital fossa vein approach, n=127; femoral vein approach, n=152; jugular vein approach, n=31). Combined right and left heart catheterizations were performed in 129 cases (antecubital vein approach, n= 57; femoral vein approach, n= 72). Pulmonary hypertension and heart failure were the main indications for both single and combined procedures. The success rate of antecubital vein approach was 92.1%. For right heart catheterization only procedures, fluoroscopy time was reduced with jugular vein approach, in comparison to antecubital and femoral vein approaches: 1.9 [1;4.3], 3.3[2.2;5.1] and 4.4 [2.2;6.6], (p<0.001), respectively. Yet, for right heart catheterizations only procedures, antecubital and jugular vein approaches reduced radiation dose, in comparison to femoral vein approach: 43 Gy.cm²

[21.5;113.5], 97 Gy.cm² [18;165] and 209 Gy.cm² [129;371], respectively (p<0.001). In combined right and left heart catheterizations, antecubital vein approach also reduced radiation dose, in comparison to femoral vein approach: 299 Gy.cm² [158;507] and 516 Gy.cm² [286;745], respectively (p=0.005).

Conclusions: Right heart catheterization through antecubital fossa vein approach under ultrasound guided venous puncture is safe and feasible. Our study suggests that when both right and left heart catheterizations are required, combination of antecubital vein and radial artery approaches provides decreased radiation exposure, in comparison to femoral approach. In addition, our high success rate and absence of significant vascular complications encourage further studies with broader sample sizes and with more powerful designs.

Descriptors: *right heart catheterization; antecubital approach; ultrasound guidance.*

Ultrasound-guided antecubital vein approach for right heart catheterization: insights from a Brazilian tertiary centre

Introduction

In 1929, Werner Forssman performed the first human cardiac catheterization, accessing his own right heart through a left antecubital vein(1). Since there, much has evolved and right heart catheterization has become an important tool in precise evaluation of several conditions, such as congenital heart diseases, pulmonary vascular diseases, intracardiac shunts, valvular heart diseases and heart failure.

Right heart catheterizations are currently performed predominantly through the femoral or internal jugular veins. Although infrequent, complications are almost all related to venous site access. The femoral approach is associated with potential serious complications, such as retroperitoneal bleeding, arteriovenous fistula formation, pseudoaneurysms formation, local hematomas, prolonged bed rest and infections. Also, the femoral approach is associated with longer stay at the hospital before discharge (2). The internal jugular vein approach is associated with fewer vascular complications than femoral approach, mainly when it is performed with ultrasound guidance, although it portends risk of carotid artery puncture(3). As a parallel to radial approach to left heart catheterization(4–6), forearm veins have recently become a new target for the performance of right heart catheterizations(7). Data regarding application of such approach derives mainly from case series in which eligibility for the procedure was based on visualization/palpation of the antecubital veins.

Currently, use of ultrasound to guide venous access acquisition is strongly encouraged, because it potentially provides either reduction in the incidence of local vascular complications and

improvement in the success rates of venous punctures(8). In this setting, ultrasound may facilitate access to antecubital veins, such as basilic or cephalic veins, allowing successful performance of right heart catheterizations through the forearm approach in a broader range of patients. The aim of this study is to report our experience in right heart catheterizations through ultrasound-guided antecubital vein approach and also to compare outcomes of such approach with a historical cohort of right heart catheterizations performed through femoral and jugular approaches.

Subjects and methods

Patients

In January 2016, a program of antecubital approach for right heart catheterization started in our institution. From January/2016 to March/2017, 152 right heart catheterizations were performed in with several clinical indications. The antecubital approach was the default venous access site for the performance of right heart catheterization in our centre, unless the patient was considered unsuitable for such approach, because of clinical conditions. If simultaneous left heart catheterization was clinically indicated, we were able to perform it through radial artery access, since radial artery was palpable and there was no contra-indication for its usage, such as hemodialysis fistulas, "D" pattern on Barbeau's test(9). As in our institution, endomyocardial biopsies and electrophysiologic studies are performed exclusively through jugular and femoral veins, respectively, patients who required any of these procedures to be performed simultaneously to right heart catheterizations were judged unsuitable for the antecubital approach.

The cohort of individuals submitted to right heart catheterization through the antecubital approach was compared to a historical cohort of patients submitted to right heart catheterizations at our centre in the previous 2 years. Data regarding demographic characteristics, procedural and outcome data were collected retrospectively for the historical cohort and prospectively for the antecubital cohort. The protocol was approved by the institutional ethics committee.

Success to obtain venous access through the antecubital approach was defined as the adequate insertion of the 7 French sheath in an antecubital vein. Procedure success was defined as the completion of the right heart catheterization through the antecubital vein, without a change in access site.

For the purpose of this study, we comparatively analyzed patient characteristics, indications, and outcomes between the antecubital fossa vein group and the historical cohort (femoral and jugular veins groups). Data were grouped by procedure type, right heart catheterization only or combined left and right heart catheterizations, and procedure approach, antecubital, femoral or jugular. Recorded data included baseline characteristics, indications for RHC, access site (puncture attempts, failures, and successes), procedure characteristics, fluoroscopy time and radiation dose.

Study protocol

Patients that had been referred for right heart catheterization came to the catheterization laboratory after 8 hours fasten and provided written informed consent. Evaluation of the right antecubital fossa veins was performed by portable ultrasound (Sonosite™) with tourniquet application to the upper arm. The brachial artery was taken as landmark, followed by identification of both cephalic and basilic veins. Preference was given to basilic rather than cephalic, since the former is generally the larger antecubital vein and also because cephalic vein usually enters the axillary vein in a sharp angle that may be unfavorable for catheter advancement. Under local anesthesia and guided by ultrasound visualization, the selected vein was punctured with a 21 Gauge needle. A 0.018 inch guidewire was advanced through the vessel, followed by the insertion of a 10cm, 5 French sheath. Next, the 5 French sheath was exchanged to a 10cm, 7 French sheath through a 0.035 inch guidewire. Under fluoroscopy, 7 French Swan-Ganz catheter was advanced until pulmonary artery and hemodynamics evaluations were performed. Fluoroscopy and guide wires were used when needed at the operator's discretion. After removal of the catheter, sheath was removed, manual compression was performed for 5 minutes and the puncture site was dressed. Patients were discharged 10-20 minutes after the procedure, unless left heart catheterization had also been performed. In such situation, the local protocol for radial artery dressing includes 3 hours and 30 minutes of observation.

Statistical analysis

Continuous variables were expressed as mean values \pm standard deviation and compared using Student t test or ANOVA, as appropriate, after normality of data was assessed by the Shapiro-Wilk normality test. Otherwise, data without normal distribution were expressed as median value and interquartile ranges and compared using the Kruskal-Wallis test. Categorical variables were expressed as numbers of patients and percentages and compared using the chi-square test.

A p value of < 0.05 was considered statistically significant. SPSS version 18.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) was used for statistical analysis.

Results

Patients and procedures

Between January/2016 and March/2017, 152 right heart catheterizations were consecutively performed. In 25 cases, the antecubital approach was deemed unsuitable and procedures were successfully performed through femoral or jugular venous access: hemodialysis arteriovenous fistula (n = 7), simultaneous left heart catheterization through femoral artery approach (n = 4), necessity of prolonged maintenance of pulmonary artery catheter (n = 4), simultaneous electrophysiologic study (n = 2), simultaneous endomyocardial biopsy (n = 2), operator's preference (n = 2), simultaneous pulmonary artery angioplasty (n = 1), previous axillary lymphadenectomy (n = 1). In the remaining 127 cases, antecubital approach was attempted. Ultrasound guided successful cannulation of an antecubital vein was achieved in 122 (96%) and right heart catheterization was performed through the antecubital approach in 117 (92.1%). Failures were related to: venous puncture failure (n =

4), inadvertent puncture of brachial artery (n = 1), subclavian vein thrombosis (n = 3), axillary vein thrombosis (n = 1), superior vena cava thrombosis (n = 1). Basilic, cephalic and median veins were used in 110, 6 and 1 cases, respectively. Simultaneous left heart catheterization with or without coronary angiography was performed in 57 cases. The radial artery approach was used in 100% of left heart catheterizations. There was no significant vascular complication with the antecubital approach.

This cohort was compared to the historical cohort of 158 right heart catheterizations performed in the previous 2 years at our institution: 142 through femoral vein approach and 16 through jugular vein approach. In the femoral group, simultaneous left heart catheterization through femoral artery access was performed in 72 cases.

Baseline demographic data did not indicate clinically substantive differences between antecubital, jugular and femoral approaches that were relevant to the procedural approach (**Table 1**). Procedures clinical indications are outlined in **Table 2**.

In the right heart catheterization only group (**Table 3**), statistically significant difference was observed in median radiation dose in the antecubital and jugular groups (**Figure 1A**), comparatively to the femoral group: 43 [21.5;113.5], 97 [18;165] and 209 [129;371] Gy.cm², respectively (p < 0.001). In addition, median fluoroscopic time was statistically lower with the jugular approach, comparatively to femoral and antecubital approaches: 1.9 [1;4.3], 3.3 [2.2;5.1] and 4.4 [2.2;6.6] minutes, respectively (p < 0.001). In the combined left and right heart catheterizations group (**Table 3**), antecubital approach was associated with statistically significant lower median radiation dose (**Figure 1B**), in comparison to femoral approach: 299 [158;507] and 516 [286;745] Gy.cm², respectively (p = 0.005).

Discussion

Our study reinforces that right heart catheterization through the antecubital fossa vein approach is feasible. In addition, the success rate was high (92.1%) and antecubital approach was safer, in terms of radiation exposure, than femoral vein approach, either in right heart catheterization only and combined left/right heart catheterizations procedures.

Since Forssmann (1) reported his experience on accessing his own right heart through an antecubital vein, relevant developments have been added to the field of right heart catheterization. The modified Seldinger approach supplanted the previously used cut-down approach and it is currently routinely used when either femoral or neck veins are used for right heart catheterizations(10). As a matter fact, in regard to venous access site, jugular veins are currently the most frequently selected in experienced centers, accordingly to a large multicentre evaluation of right heart catheterizations(3). On the one hand, right heart catheterization is considered a low-risk procedure and it is associated with low incidence of adverse events(3). On the other hand, local vascular complications account for the majority of such events and there are established site-specific risks. In this scenario, ultrasound-guided central venous access is advocated to mitigate such risks(8).

Previous studies have demonstrated that performing right heart catheterization through antecubital approach has several advantages, such as reduced vascular complications, early ambulation and greater comfort to patients (2,11–16). Also, when concomitant left heart catheterization is needed, the combination of antecubital vein and radial artery approaches might be very useful, since left and right heart chambers may be reached with limited manipulation to arm and forearm.

Harwani et al(12) developed an ultrasound-guided peripheral venous access strategy for both right heart catheterizations and endomyocardial biopsies. The reported success rate in accessing antecubital veins was 100% in such series. In our cohort, 96% of our attempts to access antecubital veins were successful. The 5 failures that occurred in our series were related to venous puncture failure (n = 4) and inadvertent puncture of brachial artery (n = 1). Interestingly, unsuccessful attempts were restricted to the first half of our cohort and it may represent our learning curve on the technique of ultrasound-guided antecubital veins puncture.

Exception to the series of Harwani et al(12), previous reports(2,11,13–17,17) of right heart catheterizations through the forearm included either individuals with palpable/visible antecubital veins or individuals in which forearm venous access had been obtained before the procedure by nurses. Although experienced nurses may achieve high success rates in obtaining intravenous lines at antecubital fossa(18), ultrasound guidance sets aside visualization/palpation of a suitable vein after tourniquet application for acquisition of antecubital venous access and such characteristic enables antecubital fossa vein approach to a broader range of individuals. In addition, ultrasound guidance may offer a safer fashion to access antecubital veins and this becomes even more advantageous in fully anticoagulated patients.

The amount of ineligible individuals for the forearm approach is not clearly reported in most of previous series. This potentially represents a selection bias of such studies and it also limits the widespread adoption of the antecubital approach to a broader population. The only study that clearly reported the overall success rate of the antecubital approach demonstrated 15% access cross-over rate(2). Our protocol, as well as Harwani's et al(12),

provides information on the adoption of antecubital approach for right heart catheterizations in an “all comers” fashion and also it reinforces that ultrasound guidance may enhance procedural success rates.

In comparison to femoral venous approach, right heart catheterization only procedures were associated to lower fluoroscopic times in previous series(2,11). However, when compared to jugular vein approach, the antecubital approach was associated with higher fluoroscopic time(12). In addition, fluoroscopic times were decreased when combined left and right heart catheterizations were performed through the forearm, in comparison to femoral approach(14,16,19). In our series, jugular approach had the lowest fluoroscopic time for right heart catheterization only procedures. Femoral and antecubital approaches had leveled fluoroscopic times, either for right heart catheterization only or combined left and right heart catheterizations procedures.

Nevertheless, in our study, radiation exposure was decreased with both antecubital and jugular approaches, in comparison to femoral approach, in regard to right heart catheterization only. Moreover, there was substantial decrease in radiation exposure with the combination antecubital/radial approach for combined left and right heart catheterizations, in comparison to femoral approach.

Our study has several limitations. First, it is a single-center study. Second, it is an observational study and data regarding the control group were collected retrospectively. Third, we did not access procedure duration time, neither time required for obtainment of venous access. In this setting, our results need to be seen with cautious and in an exploratory fashion.

To our knowledge, our group is the first to report the performance of right heart catheterization through antecubital fossa vein approach under ultrasound guided venous puncture in South America. Notwithstanding, our study demonstrates that when both right and left heart catheterizations are required, combination of antecubital vein and radial artery approaches provides decreased radiation exposure, in comparison to femoral approach. In addition, our high success rate and absence of significant vascular complications encourage further studies with broader sample sizes and with more powerful designs.

Table 1: Baseline characteristics by procedure and access site.

	Right heart catheterization only (n = 181)				Left + right heart catheterizations (n = 129)		
	Antecubital (n = 70)	Jugular (n= 31)	Femoral (n= 80)	p	Antecubital (n=57)	Femoral (n=72)	p
Age* (years)	52.3±15.7	48.2±13.9	49.7±16.1	0.38	57.8±11.9	54.3±14	0.1
Female sex n (%)	36 (51.4)	25(71.4)	50(61)	0.13	37 (58.7)	46(62.2)	0.67
Weight* (kg)	73.1±17.7	68.7±15.9	71.2±21	0.53	73.6±17.1	70.2±18.5	0.32
Height* (m)	1.63±9.6	1.63±9.1	1.64±9.8	0.81	1.62±7.9	1.61±9	0.42
Body mass index* (kg/m ²)	26.8±5.8	25.5±5.1	26.3±6.3	0.51	27.9±6.2	27.1±6.8	0.5

*mean ± standard deviation

Table 2: Procedures clinical indications.

	Right heart catheterization only (n = 181)			Left + right heart catheterizations(n = 129)	
	Antecubital (n = 70)	Jugular (n= 31)	Femoral (n= 80)	Antecubital (n=57)	Femoral (n=72)
Pulmonary hypertension(%)	48.6	31.4	79.3	30.4	39.2
Heart failure (%)	18.6	28.6	7.3	21.7	20.3
Lung transplantation work up(%)	4.3	2.9	1.2	28.3	21.6
Heart transplantation work up(%)	17.1	37.1	6.1	4.3	2.7
Congenital heart disease (%)	11.4	-	4.9	15.2	14.9
Others (%)	-	-	1.2	-	-

Table 3: Fluoroscopic time and radiation exposure by procedure.

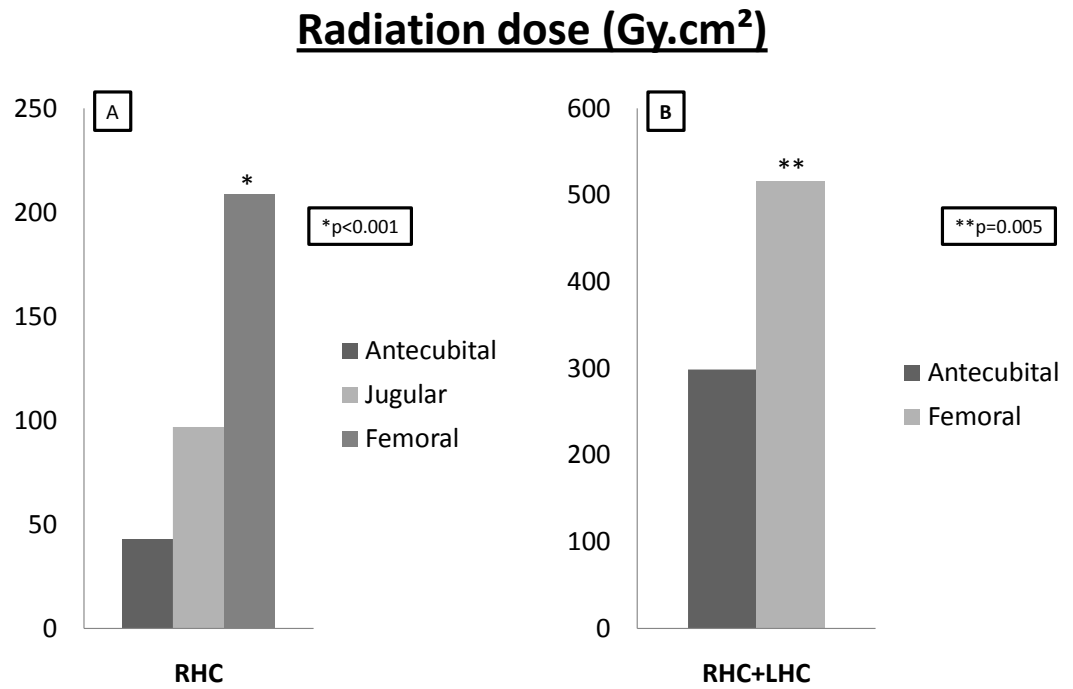
	Right heart catheterization only (n = 181)				Left + right heart catheterizations (n = 129)		
	Antecubital (n = 70)	Jugular (n= 31)	Femoral (n= 80)	p	Antecubital (n=57)	Femoral (n=72)	p
Fluoroscopy time^ϕ (minutes)	3.3 ^a [2.2;5.1]	1.9 ^b [1;4.3]	4.4 ^a [2.2;6.6]	<0.001	8 [5;10.2]	6.3 [4.5;8.5]	0.39
Radiation dose^ϕ (Gy.cm²)	43 ^a [21.5;113.5]	97 ^a [18;165]	209 ^b [129;371]	<0.001	299 [158;507]	516 [286;745]	0.005

^ϕ median [p25;p7

Figure 1. Radiation dose per venous access site.

A(left): right heart catheterization (RHC) only procedures;

B(right): combined RHC and left heart catheterizations (LHC) procedures.



References

1. Forssmann W. Die Sondierung des Rechten Herzens. *Klin Wochenschr.* 1929 Nov;8(45):2085–7.
2. Roule V, Ailem S, Legallois D, Dahdouh Z, Lognoné T, Bergot E, et al. Antecubital vs Femoral Venous Access for Right Heart Catheterization: Benefits of a Flashback. *Can J Cardiol.* 2015 Dec 1;31(12):1497.e1-1497.e6.
3. Ranu H, Smith K, Nimako K, Sheth A, Madden BP. A retrospective review to evaluate the safety of right heart catheterization via the internal jugular vein in the assessment of pulmonary hypertension. *Clin Cardiol.* 2010 May;33(5):303–6.
4. Mehta SR, Jolly SS, Cairns J, Niemela K, Rao SV, Cheema AN, et al. Effects of radial versus femoral artery access in patients with acute coronary syndromes with or without ST-segment elevation. *J Am Coll Cardiol.* 2012 Dec 18;60(24):2490–9.
5. Romagnoli E, Biondi-Zoccai G, Sciahbasi A, Politi L, Rigattieri S, Pendenza G, et al. Radial versus femoral randomized investigation in ST-segment elevation acute coronary syndrome: the RIFLE-STEACS (Radial Versus Femoral Randomized Investigation in ST-Elevation Acute Coronary Syndrome) study. *J Am Coll Cardiol.* 2012 Dec 18;60(24):2481–9.
6. Valgimigli M, Gagnor A, Calabró P, Frigoli E, Leonardi S, Zaro T, et al. Radial versus femoral access in patients with acute coronary syndromes undergoing invasive management: a randomised multicentre trial. *Lancet Lond Engl.* 2015 Jun 20;385(9986):2465–76.
7. Waheed O, Sharma A, Singh M, Kaluski E. Antecubital Fossa Venous Access For Right Heart Catheterization. *J Invasive Cardiol.* 2017 May;29(5):169–74.
8. Reusz G, Csomos A. The role of ultrasound guidance for vascular access. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2015 Dec;28(6):710–6.
9. Barbeau GR, Arsenault F, Dugas L, Simard S, Larivière MM. Evaluation of the ulnopalmar arterial arches with pulse oximetry and plethysmography: comparison with the Allen’s test in 1010 patients. *Am Heart J.* 2004 Mar;147(3):489–93.
10. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta Radiol.* 1953 May;39(5):368–76.

11. Shah U. Selection of hardware and cathlab preparation for transradial approach. *Indian Heart J.* 2010;62(3):267–72.
12. Harwani N, Chukwu E, Alvarez M, Thohan V. Comparison of Brachial Vein Versus Internal Jugular Vein Approach for Access to the Right Side of the Heart With or Without Myocardial Biopsy. *Am J Cardiol.* 2015 Sep 1;116(5):740–3.
13. Lee SH, Chun KJ, Lee DS, Lee SY, Hwang J, Chon MK, et al. Right Cardiac Catheterization Using the Antecubital Fossa Vein in Korean Patients. *Korean Circ J.* 2016 Mar;46(2):207–12.
14. Tebet MA, Andrade PB de, Andrade MVA de, Gentile M, Mattos LAP e, Labrunie A. Segurança e eficácia da cateterização cardíaca direita e esquerda pelo acesso transradial comparado ao transfemoral: experiência inicial. *Rev Bras Cardiol Invasiva.* 2008;16(3):317–21.
15. Lo TSN, Buch AN, Hall IR, Hildick-Smith DJ, Nolan J. Percutaneous left and right heart catheterization in fully anticoagulated patients utilizing the radial artery and forearm vein: a two-center experience. *J Intervent Cardiol.* 2006 Jun;19(3):258–63.
16. Williams PD, Palmer S, Judkins C, Gutman J, Whitbourn R, MacIsaac A, et al. Right and left heart catheterization via an antecubital fossa vein and the radial artery--a prospective study. *J Invasive Cardiol.* 2014 Dec;26(12):669–73.
17. Gilchrist IC, Kharabsheh S, Nickolaus MJ, Reddy R. Radial approach to right heart catheterization: early experience with a promising technique. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2002 Jan;55(1):20–2.
18. Bahl A, Pandurangadu AV, Tucker J, Bagan M. A randomized controlled trial assessing the use of ultrasound for nurse-performed IV placement in difficult access ED patients. *Am J Emerg Med.* 2016 Oct;34(10):1950–4.
19. Gilchrist IC, Moyer CD, Gascho JA. Transradial right and left heart catheterizations: a comparison to traditional femoral approach. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2006 Apr;67(4):585–8.

6. ARTIGO 2

Abstract

Introduction: In the current era, right heart catheterization is paramount in precise evaluation of several cardiovascular conditions. Although infrequent, complications are almost all related to venous site access.

Objective: To evaluate the safety and feasibility of right heart catheterization through antecubital vein approach, in comparison to femoral and jugular vein approaches.

Study design: Systematic review and meta-analysis of published studies.

Results: 12 studies were included in the meta-analysis, all of which compared antecubital *versus* femoral vein approaches. Antecubital vein approach reduced vascular complications in 86% (OR 0.14 [95% CI 0.05-0.38], $p < 0.001$, $I^2 = 0\%$). In regard to success in perform right heart catheterization, femoral vein approach outdid antecubital vein approach (OR 9.82 [95% CI 2.17-44.50], $p = 0.003$, $I^2 = 0\%$). There was no significant difference in radiation exposure outcomes, namely fluoroscopy time and radiation dose. However, high heterogeneity was observed in data analyzed for these outcomes.

Conclusions: Although the odds of successful performance of right heart catheterization were greater with the femoral vein approach, right heart catheterization through antecubital vein approach reduced vascular complications, in comparison to femoral vein approach. In regard to radiation exposure outcomes, there was no statistically significant difference between antecubital and femoral veins approaches.

Descriptors: *right heart catheterization; antecubital veins; forearm.*

Safety and feasibility of right heart catheterization through antecubital veins: systematic review and meta-analysis

Introduction

Heart catheterization was first performed in humans by Forssmann in 1929, while accessing his own right heart through a left antecubital vein(1). In the current era, right heart catheterization is paramount in precise evaluation of several cardiovascular conditions. Right heart catheterizations are predominantly performed through the femoral and internal jugular veins. Although infrequent, complications are almost all related to venous site access.

The indication of combined right and left heart catheterizations is frequently necessary, either for concomitant coronary angiography or solely for direct measure of left ventricle end-diastolic pressure(2). For such purposes, both venous and arterial accesses are required. Since during the decades of 1970 to 2000 femoral artery was the preferred access route for left heart catheterization, it became convenient for most cardiologists to the femoral vein as the default venous access site for combined right and left heart catheterizations. However, more recently, radial artery approach has been associated to decreased vascular complications and even mortality in acute coronary syndromes(3). Therefore, the radial artery approach is endorsed by interventional cardiology societies as the default arterial access for both percutaneous coronary interventions and left heart catheterizations(4).

In this setting, attention has been given to the forearm as an access for right heart catheterization, since accessing radial artery and antecubital veins would permit right and left heart catheterizations with punctures limited to the forearm. Cross-

sectional studies with distinct inclusion criteria have reported heterogeneity in both success and vascular complications rates with antecubital access approach for right heart catheterization in comparison to femoral and jugular approaches(5–12). Moreover, data regarding radiation exposure rates are conflicting between these studies(5,6,8,10,13).

Therefore, we conducted a systematic review of available data and meta-analysis of observational studies to examine whether antecubital approach is associated with decreased vascular complications and radiation exposure in adults submitted to right heart catheterization in comparison to jugular and femoral approaches.

Methods

Protocol

The protocol of this systematic review has been registered in the PROSPERO database, under the registration number CRD42017065958, in compliance with Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) standards(14).

Search strategy for identification of studies

MEDLINE, EMBASE and VHL(Virtual Health Library) databases were searched for eligible studies up to May 2017, week 2. The following search terms (text words and MeSH) were used for the search: *femoral veins, brachial veins, internal jugular veins, antecubital veins, forearm, radial artery, right heart catheterization and right cardiac catheterization*. No language restriction was used. All search strategies are available from authors on request. Studies

references were also reviewed in order to include all relevant studies.

Eligibility criteria

We selected published studies that reported success rates and/or complications in individuals undergoing right heart catheterization. Case reports and conference abstracts were not included. Studies performed exclusively either in pediatric or oncologic populations were also excluded. Studies that addressed placement of pulmonary artery catheters in intensive care units (ICU) setting were not included either.

Study selection

References identified in literature searches were scrutinized independently by two reviewers in two phases. Disagreements were resolved by consensus. All studies were initially scanned for relevance by appraisal of titles and abstracts. Subsequently, studies that were not excluded according to our eligibility criteria in the title/abstract review had their full text retrieved for further evaluation.

Data extraction

Original publications were examined and data extraction was carried out following a previously constructed spreadsheet. Data extraction was performed independently by two reviewers and it included the study and patient population characteristics, the type of procedure performed (right heart catheterization only, combined left and right heart catheterizations), type of comparator (when applicable) and outcomes reported.

Statistical analysis

A random effects model was used to meta-analyze data for all studies presenting head-to-head comparisons on success and complications data for different venous access sites. Success rates and incidence of vascular complications were calculated using Mantel-Haenszel method and reported with odds ratios and their respective 95% confidence intervals (CI). For continuous variables, namely radiation dose and fluoroscopy time, the inverse variance method was used, and weighted mean differences with 95% CI were reported. Statistical analysis was performed using the software Review Manager 5.3 (The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, Copenhagen, Denmark).⁽¹⁵⁾

Heterogeneity was evaluated using the I^2 statistics. Subgroup analysis were planned according to clinical scenario and use of ultrasound-guided insertion, but were not possible with the data available. Other sources of heterogeneity warranting investigation by subgroup analysis or meta-regression were not identified.

Results

Search results

Searches on the aforementioned databases identified 1399 studies after the exclusion of duplicates, which were screened based on title and abstract. Of those, 182 met initial inclusion criteria and had their full text assessed for eligibility. After exclusion of 164 articles, 18 studies (5–13, 17–25) were included in the systematic review and 12 were included in the meta-analysis. The process of studies selection is depicted in Figure 1. Summary description of included studies is provided in Table 1.

Eleven studies compared (5, 7–13, 17, 19, 20) antecubital and femoral venous accesses and 1 (18) study compared antecubital and jugular venous accesses. Data from comparisons between antecubital and femoral veins approaches were combined through meta-analysis when possible. There was 1 study (6) that compared antecubital venous access with any proximal venous access (jugular, femoral or subclavian). Since the proportions of use of each proximal vein were not described, such study could not be included in the meta-analysis. There were 2 studies that reported data on jugular vein only procedures (21, 22) and there were 3 studies that reported antecubital vein only procedures (23–25). These 5 studies were also not included in the meta-analysis.

Success of antecubital vein approach in comparison to femoral and jugular veins approaches in the performance of right heart catheterization

For the outcome of successful performance of right heart catheterization through antecubital vein approach in comparison to femoral and jugular veins approaches, there were 7 studies with available data(5,8,9,11,12,17,18). Specifically, only 1 study(18) compared antecubital and jugular veins approaches. The observed success rates were 98.5% and 99.6% for antecubital and jugular veins approaches, respectively. Regarding comparisons between antecubital and femoral veins approaches, failure was observed in 77 of 1181 antecubital vein procedures (6.52%) and there was no failure in the 472 procedures performed through femoral vein approach (OR 9.82[95% CI 2.17-44.50], $p=0.003$, $I^2=0\%$) as shown in **Figure 2**. Failures attempts to perform right heart catheterizations through antecubital veins were restricted to 4 studies(5,8,9,17). In 2 studies(8,9), failures were related to impossibility to cannulate an antecubital vein. In 1 study(17), the reported failure occurred due to impossibility do advance the guide-wire, since venous tortuosity was disclosed. Lastly, in the series that weighted 29.4% in the analysis for this outcome(5), 87.4% of failures were related to venous puncture failure and/or failure to advance guide-wire.

Vascular complications

Data regarding vascular complications related to venous access site were available in 11 studies(5,7–9,11–13,17–20). The only study (18) that compared antecubital and jugular veins approaches reported 0.78% rate of vascular complications in the jugular vein group and none in the antecubital vein group. In the 10 studies(5,7–9,11–13,17,19,20) that comparatively addressed vascular complications between antecubital and femoral veins

approaches, vascular complications were observed in 4 of 1490 antecubital vein procedures (0.27%) and in 34 of 1069 procedures (3.2%) performed through femoral vein approach (OR 0.12 [95% CI 0.05-0.33], $p < 0.001$, $I^2 = 0\%$) as shown in **Figure 3**.

Fluoroscopy time

Data regarding fluoroscopy time, which may be considered as a surrogate of radiation dose, were available in 7 studies(5,7,8,13,17,18,20). Of these, 6 addressed antecubital and femoral veins approaches(5,7,8,13,17,20). In 2 of these studies(5,19), fluoroscopy time was reported as median[interquartile range]. Attempts to contact the corresponding authors in order to gather fluoroscopy time data in terms of mean (\pm standard deviation) were unsuccessful, and hence these studies were not included in the meta-analysis. Considering the remaining 5 studies (7,8,13,16,19), fluoroscopy time was leveled between femoral and antecubital veins approaches, as depicted in **Figure 4**: weighted mean difference -1.35 minutes (95% confidence interval -4.49 to 1.78 minutes, $p = 0.40$). However, significant heterogeneity was observed and no specific sources for it, either clinical or methodological, were identified. Fluoroscopy time was statistically higher with antecubital vein approach (4.9 ± 5.1 minutes) in comparison to jugular vein approach (3.4 ± 3.8 minutes), in the only available study (18) addressing outcomes specifically in such venous access sites.

Radiation dose

Reports of radiation doses data were available in 3 studies(5,8,13), all of which compared antecubital and femoral veins approaches. In 1 of these studies(5), radiation dose was

reported as median[interquartile range], and contacts with the corresponding author aiming to obtain data as mean (\pm standard deviation) were unsuccessful. Meta-analysis of the remaining 2 studies (8,13) demonstrated no statistically significant difference between femoral and antecubital veins approaches (**Figure 5**): weighted mean difference -20.50 Gy.cm^2 (95% confidence interval -66.85 to 25.85 Gy.cm^2 , $p=0.39$, $I^2=97\%$). However, significant heterogeneity was once again observed.

Discussion

The main results of the study may be summarized as follows. Although the odds of successful performance of right heart catheterization were greater with the femoral vein approach, in comparison to antecubital vein approach (OR 9.82 [95% CI 2.17-44.50], $p=0.003$, $I^2=0\%$), data from 10 studies comprising more than 2000 patients shows that antecubital vein approach reduced vascular complications by 88% (OR 0.12 [95% CI 0.05-0.33], $p<0.001$, $I^2=0\%$) in comparison to femoral vein approach. Regarding radiation exposure, evaluated through fluoroscopy time and radiation dose, there was no statistically significant difference between antecubital and femoral veins approaches. For fluoroscopy time, the weighted mean difference was -1.35 minutes (95% CI -4.49 to 1.78 minutes, $p=0.40$, $I^2=95\%$). In addition, in regard to the outcome of radiation dose, the weighted mean difference was -20.50 Gy.cm^2 (95% confidence interval -66.85 to 25.85 Gy.cm^2 , $p=0.39$, $I^2=97\%$). It should be emphasized that radiation exposure outcomes were highly heterogeneous. Further analysis investigating possible sources for such heterogeneity were not sought because no particular clinical or methodological differences between the studies were identified.

Due to scarce available data, meta-analysis between jugular and antecubital veins approaches could not be performed. Notwithstanding, the only available study addressing jugular and antecubital veins approaches demonstrated higher fluoroscopy time with the latter(18).

Our systematic review of literature searched three relevant databases and used a highly sensitive search strategy with no language restrictions. Since we have identified and included studies with as little as 20 patients and with no statistically significant findings, we also believe that publication bias is unlikely.

On the one hand, to the best of our knowledge, this is the first systematic review to address safety and feasibility of right heart catheterization through antecubital veins. On the other hand, some limitations of this study need to be mentioned. First, the data analyzed were gathered from cross-sectional studies, and the inherent limitations of such methodological design should be considered. Second, with an exception to Harwani's study (18), individuals considered eligible for forearm approach were those who had palpable/visible antecubital veins or those individuals who had forearm venous access obtained before the procedure by nurses. This may represent selection bias of these studies. Third, proportions of ineligible individuals for the forearm approach are not clearly reported in most of these series. Therefore, the individual studies included in this review may present selection bias and this could limit inferences from this analysis and hence the widespread adoption of the antecubital approach in a broader population. Fourth, with exception to one study(18), ultrasound guidance was not routinely applied, neither for femoral nor antecubital venous access acquisition. Since, unsuccessful attempts to perform right heart catheterizations through the forearm were mainly related to failures in puncturing/canulating antecubital

veins, ultrasound guidance would possibly have minimized the failure rate. Moreover, for the purpose of venous access acquisition, ultrasound guidance is strongly encouraged, because it potentially provides both reduction in the incidence of local vascular complications and improvement in the success rates of venous punctures(26). Therefore, some data reported in our study may reflect outcomes of old-fashioned techniques for venous accesses acquisitions.

In summary, right heart catheterization through antecubital vein approach reduced vascular complications, in comparison to femoral vein approach. However, attempts for right heart catheterization were less successful with antecubital vein approach than with femoral vein approach. Although, radiation exposure outcomes between femoral and antecubital veins approaches were leveled in our analysis, should high heterogeneity between studies be kept in mind. Taking into consideration the reported data, prospective controlled studies, preferably with randomized design, are needed to establish which should be the default venous access site for right heart catheterizations.

References

1. Forssmann W. Die Sondierung des Rechten Herzens. *Klin Wochenschr.* 1929 Nov;8(45):2085–7.
2. Rosenkranz S, Gibbs JSR, Wachter R, De Marco T, Vonk-Noordegraaf A, Vachiéry J-L. Left ventricular heart failure and pulmonary hypertension. *Eur Heart J.* 2016 Mar 21;37(12):942–54.
3. Andò G, Capodanno D. Radial Access Reduces Mortality in Patients With Acute Coronary Syndromes: Results From an Updated Trial Sequential Analysis of Randomized Trials. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016 Apr 11;9(7):660–70.
4. Naidu SS, Aronow HD, Box LC, Duffy PL, Kolansky DM, Kupfer JM, et al. SCAI expert consensus statement: 2016 best practices in the cardiac catheterization laboratory: (Endorsed by the cardiological society of india, and sociedad Latino Americana de Cardiologia intervencionista; Affirmation of value by the Canadian Association of interventional cardiology-Association canadienne de cardiologie d'intervention). *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2016 Sep;88(3):407–23.
5. Roule V, Ailem S, Legallois D, Dahdouh Z, Lognoné T, Bergot E, et al. Antecubital vs Femoral Venous Access for Right Heart Catheterization: Benefits of a Flashback. *Can J Cardiol.* 2015 Dec 1;31(12):1497.e1-1497.e6.
6. Shah S, Boyd G, Pyne CT, Bilazarian SD, Piemonte TC, Jeon C, et al. Right heart catheterization using antecubital venous access: feasibility, safety and adoption rate in a tertiary center. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2014 Jul 1;84(1):70–4.
7. Gilchrist IC, Moyer CD, Gascho JA. Transradial right and left heart catheterizations: a comparison to traditional femoral approach. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2006 Apr;67(4):585–8.
8. Lo TSN, Buch AN, Hall IR, Hildick-Smith DJ, Nolan J. Percutaneous left and right heart catheterization in fully anticoagulated patients utilizing the radial artery and forearm vein: a two-center experience. *J Intervent Cardiol.* 2006 Jun;19(3):258–63.
9. Lee SH, Chun KJ, Lee DS, Lee SY, Hwang J, Chon MK, et al. Right Cardiac Catheterization Using the Antecubital Fossa Vein in Korean Patients. *Korean Circ J.* 2016 Mar;46(2):207–12.
10. Williams PD, Palmer S, Judkins C, Gutman J, Whitbourn R, Maclsaac A, et al. Right and left heart catheterization via an antecubital fossa vein

and the radial artery--a prospective study. *J Invasive Cardiol.* 2014 Dec;26(12):669–73.

11. Yang C-H, Guo GB-F, Yip H-K, Hsieh K, Fang C-Y, Chen S-M, et al. Bilateral cardiac catheterizations: the safety and feasibility of a superficial forearm venous and transradial arterial approach. *Int Heart J.* 2006 Jan;47(1):21–7.
12. Moyer CD, Gilchrist IC. Transradial bilateral cardiac catheterization and endomyocardial biopsy: a feasibility study. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2005 Feb;64(2):134–7.
13. Speiser B, Pearson K, Xie H, Shroff AR, Vidovich MI. Compared to femoral venous access, upper extremity right heart catheterization reduces time to ambulation: A single center experience. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2017 Mar 1;89(4):658–64.
14. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group TP. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Med.* 2009 Jul 21;6(7):e1000097.
15. Review Manager (RevMan). Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration; 2014.
16. Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ.* 2003 Sep 6;327(7414):557–60.
17. Tebet MA, Andrade PB de, Andrade MVA de, Gentile M, Mattos LAP e, Labrunie A. Segurança e eficácia da cateterização cardíaca direita e esquerda pelo acesso transradial comparado ao transfemoral: experiência inicial. *Rev Bras Cardiol Invasiva.* 2008;16(3):317–21.
18. Harwani N, Chukwu E, Alvarez M, Thohan V. Comparison of Brachial Vein Versus Internal Jugular Vein Approach for Access to the Right Side of the Heart With or Without Myocardial Biopsy. *Am J Cardiol.* 2015 Sep 1;116(5):740–3.
19. Jacobs E, Singh V, Damluji A, Shah NR, Warsch JL, Ghanta R, et al. Safety of transradial cardiac catheterization in patients with end-stage liver disease. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83(3):360–6.
20. Sanghvi K, Pancholy S. Hemodynamic assessment of severe aortic stenosis via transradial approach is feasible. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2013;81((Sanghvi K.) Deborah Heart and Lung Institute, United States):S153.

21. Gong H, Wong R, Sarma RJ, Linn WS, Sullivan ED, Shamoo DA, et al. Cardiovascular effects of ozone exposure in human volunteers. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998 Aug;158(2):538–46.
22. Ranu H, Smith K, Nimako K, Sheth A, Madden BP. A retrospective review to evaluate the safety of right heart catheterization via the internal jugular vein in the assessment of pulmonary hypertension. *Clin Cardiol*. 2010 May;33(5):303–6.
23. Jing Z-C, Xu X-Q, Jiang X, Sun M-L, Wang Z-X, Wang Y, et al. [Feasibility and safety of right heart catheterization and pulmonary angiography through the antebrachium veins]. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2009 Feb;37(2):142–4.
24. Cheng N-J, Ho W-J, Ko Y-S, Yang D-Y, Wang C-L, Ko Y-L, et al. Percutaneous Cardiac Catheterization Combining Direct Venipuncture of Superficial Forearm Veins and Transradial Arterial Approach - A Feasible Approach. *Acta Cardiol Sin*. 2003;19(3):159–64.
25. Gilchrist IC, Kharabsheh S, Nickolaus MJ, Reddy R. Radial approach to right heart catheterization: early experience with a promising technique. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2002 Jan;55(1):20–2.
26. Reusz G, Csomos A. The role of ultrasound guidance for vascular access. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2015 Dec;28(6):710–6.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos realizados na elaboração da presente tese, observa-se que a realização de cateterismo cardíaco direito através da abordagem antecubital é uma estratégia factível. Especificamente no nosso centro, a taxa de sucesso reportada foi de 92,1%. Saliente-se que nosso estudo possui característica de ampla abrangência, uma vez que apenas indivíduos com contra-indicações clínicas à via de acesso antecubital não foram considerados elegíveis para utilização da técnica. Outrossim, reportamos redução da dose de radiação oferecida durante os procedimentos com a via de acesso antecubital, em relação à via de acesso femoral, tanto em cateterismos cardíacos direitos isolados, quanto em cateterismos cardíacos direito e esquerdo combinados.

Na revisão sistemática realizada nesta tese, observou-se que a via de acesso antecubital está associada com significativa redução da taxa de complicações vasculares, em relação a via de acesso femoral. Por outro lado, existe maior probabilidade de sucesso com a abordagem femoral, em relação à abordagem antecubital. No que tange desfechos relacionados à exposição radiológica, não houve vantagem estatisticamente significativa com a abordagem antecubital, em relação à abordagem femoral. Ressalte-se que os dados possuem elevada heterogeneidade. Não obstante, constatamos que os dados disponíveis na literatura sobre a factibilidade e segurança de cateterismo cardíaco direito realizado através da via de acesso antecubital provém de estudos dotados de pouco rigor metodológico.

Face o exposto, é de suma importância que estudos prospectivos controlados, preferencialmente com desenho randomizado, sejam realizados para que adequadamente seja esclarecida a via de acesso venoso preferencial para realização de cateterismos cardíacos direitos.

Figure 1: Flow chart diagram illustrates selection of studies included in the systematic review.

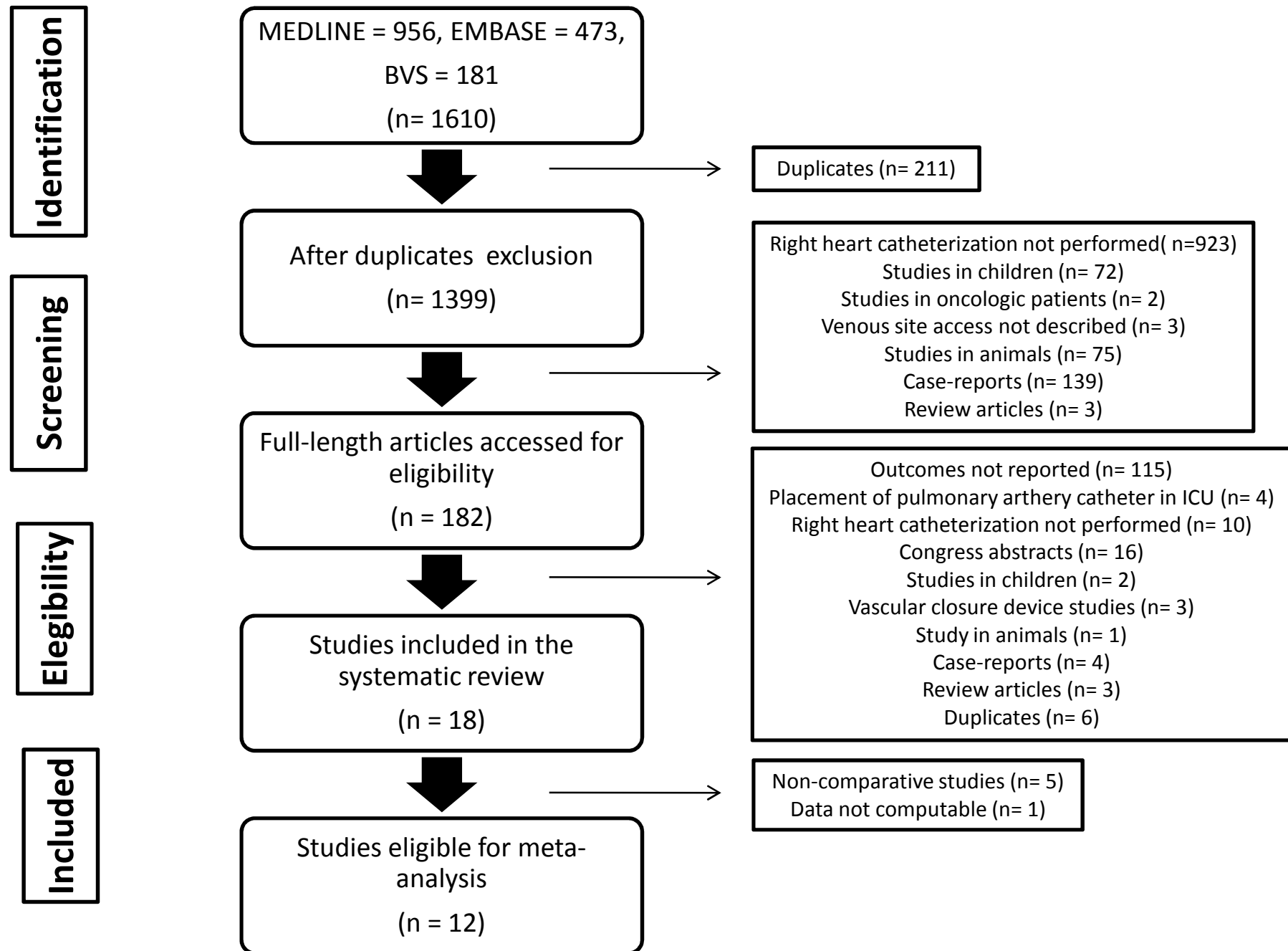


Table 1: Summary characteristics of studies included in the systematic review.

First author	Year	Study design	Procedure	N	Comparative	Comparison
Gong ²⁰	1998	Cross-sectional	RHC	10	No	NA
Gilchrist ²⁴	2002	Cross-sectional	RHC and LHC	55	No	NA
Cheng ²³	2003	Cross-sectional	RHC and LHC	44	No	NA
Moyer ¹²	2005	Cross-sectional	RHC, EMB and LHC	20	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Lo ⁸	2006	Cross-sectional	RHC and LHC	59	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Gilchrist ⁷	2006	Cross-sectional	RHC and LHC	280	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Yang ¹¹	2006	Cross-sectional	RHC and LHC	296	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Tebet ¹⁶	2008	Cross-sectional	RHC and LHC	70	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Jing ²²	2009	Cross-sectional	RHC	68	No	NA
Ranu ²¹	2010	Cross-sectional	RHC	349	No	NA
Sanghvi ¹⁹	2013	Cross-sectional	RHC and LHC	234	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Jacobs ¹⁸	2014	Cross-sectional	RHC and LHC	82	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Williams ¹⁰	2014	Cross-sectional	RHC and LHC	99	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Shah ⁶	2014	Cross-sectional	RHC	272	Yes	Antecubital <i>versus</i> proximal veins
Roule ⁵	2015	Cross-sectional	RHC	1007	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Harwani ¹⁷	2015	Cross-sectional	RHC and EMB	1030	Yes	Antecubital <i>versus</i> jugular
Lee ⁹	2016	Cross-sectional	RHC and LHC	132	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral
Speiser ¹³	2017	Cross-sectional	RHC and LHC	379	Yes	Antecubital <i>versus</i> femoral

RHC= right heart catheterization; LHC= left heart catheterization; EMB= endomyocardial biopsy; NA= Non applicable.

Table 2: Femoral versus antecubital vein studies.

Author (year)	N		Success (%)		Cross-over (%)		Complications (%)		Fluoroscopy time(minutes)		Radiation dose (Gy/cm ²)	
	Femoral	AC	Femoral	AC	Femoral	AC	Femoral	AC	Femoral	AC	Femoral	AC
Speiser ¹³ (2016)	209	170	NA	NA	0	3.4	0	0	12.8 ±8.4*	8.5 ±6.8*	108.5 ±71.6*	64.1 ±60*
Lee ⁹ (2016)	89	43	100	86.1	0	13.9	0	0	NA	NA	NA	NA
Roule ⁵ (2015)	112	895	84.3	100	15	0	0.3	4.5	3.3* [2.1-5.5]	1.03* [0.5-1.3]	115.1* [60.3-176.1]	30.5* [13.5-64.7]
Williams ¹⁰ (2014)	41	58	NA	93.1	NA	6.9	NA	3.8	11.2	8.1	99.9	65.5
Jacobs ¹⁸ (2014)	37	45	NA	NA	NA	NA	2.7	2.2	8.2 [5.5 – 12.4]		NA	NA
Sanghvi ¹⁹ (2013)	176	58	NA	NA	NA	NA	5.1	0	12.9 ±3.9	15 ±4.6	NA	NA
Shah ⁶ (2013)	166 (mixed**)	106	96	91	4	9	3	0	4.6 ±0.9*	3.3 ±0.5*	170 ±88	119 ±90
Tebet ¹⁶ (2008)	35	35	100	97.1	0	2.9	17.2	0	8.4 ±6.4	6.2 ±2.4	NA	NA
Lo ⁸ (2006)	31	28	100	96	0	4	0	0	8±4.5	10.5±6	31±17	33,9 ±19
Gilchrist ⁷ (2006)	175	105	NA	NA	NA	NA	6.8	0	15±1.5*	10.5±6*	NA	NA
Yang ¹¹ (2006)	195	101	100	100	NA	NA	0.5	0	NA	NA	NA	NA
Moyer ¹² (2005)	10	10	100	100	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA

*p<0.05. AC= antecubital. NA= not available. **Proximal veins(jugular, subclavian and femoral) computed together

Table 3: Results of jugular versus antecubital vein approach study.

Author (year)	N		Success (%)		Cross-over (%)		Complications (%)		Fluoroscopy time(minutes)		Radiation dose (Gy/cm ²)	
	Jugular	- AC	Jugular	- AC	Jugular	- AC	Jugular	- AC	Jugular	- AC	Jugular	- AC
Harwani (2015)	768	262	99.6	98.5	0.4	1.5	0.78	0	3.4 ±3.8*	4.9 ±5.1*	NA	NA

*p<0.05. AC= antecubital. NA= not available.

Figure 2: Forest plot of antecubital vein approach versus femoral vein approach for successful performance of right heart catheterization.

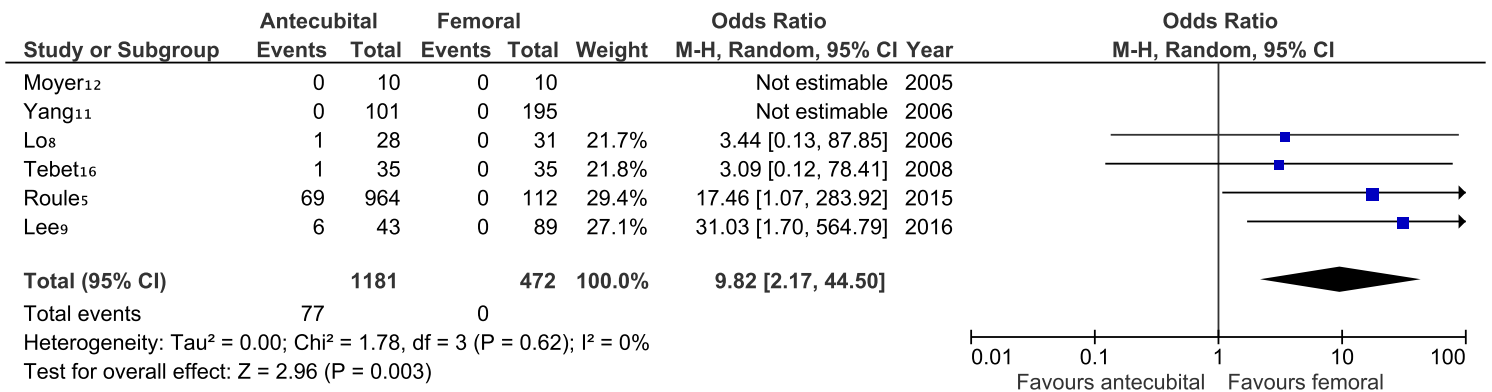


Figure 3: Forest plot of vascular complications in antecubital vein versus femoral vein approaches.

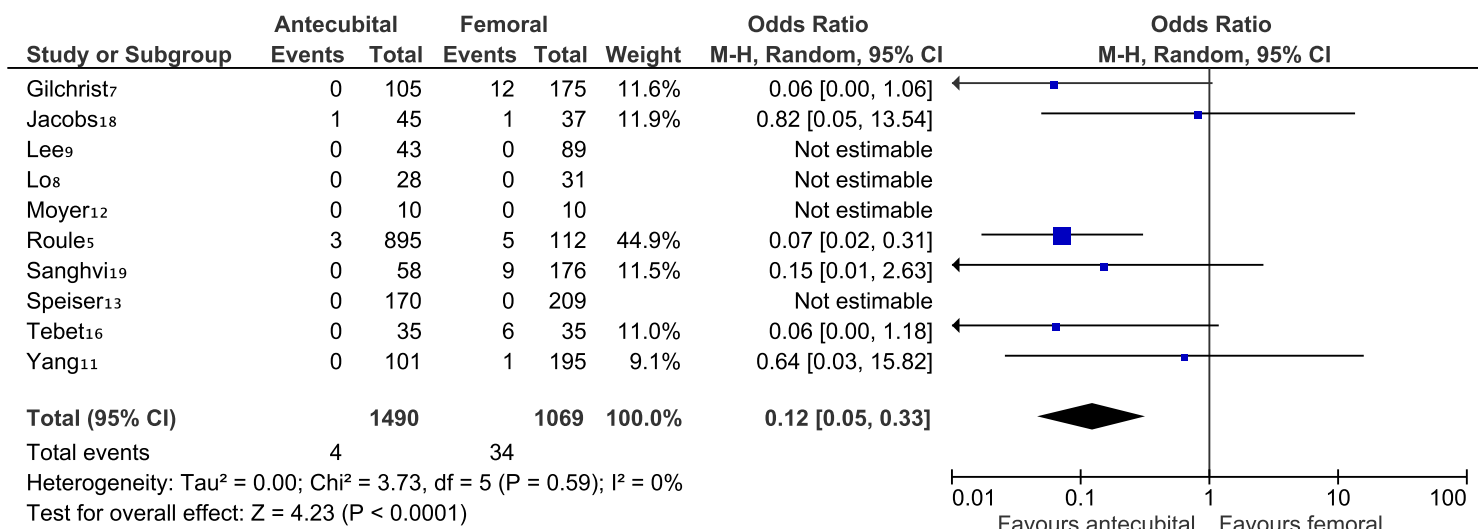
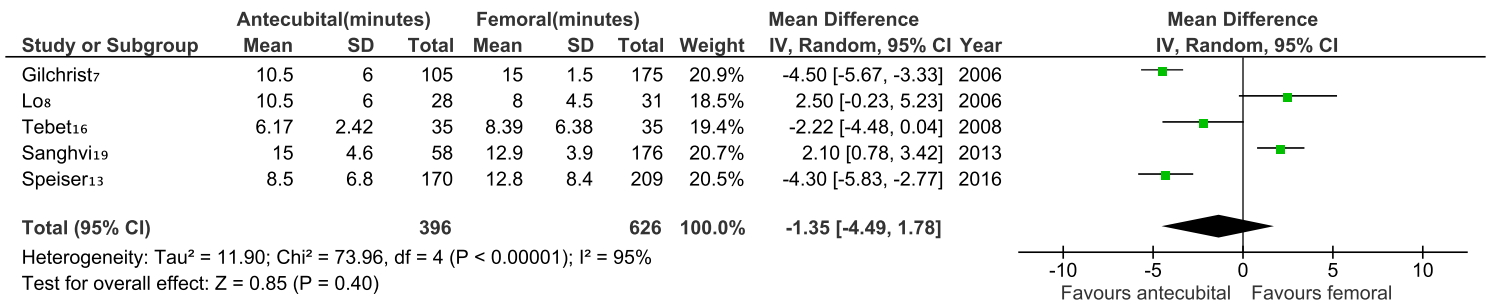


Figure 4: Forest plot of antecubital vein approach versus femoral vein approach for fluoroscopy time in minutes.



Study or Subgroup	Antecubital(Gy.cm ²)			Femoral(Gy.cm ²)			Weight	Mean Difference		Year
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		IV, Random, 95% CI	95% CI	
Los	33.9	19	28	31	17	31	50.5%	2.90	[-6.34, 12.14]	2006
Speiser ¹³	64.1	60	170	108.5	71.6	209	49.5%	-44.40	[-57.65, -31.15]	2016
Total (95% CI)			198			240	100.0%	-20.50	[-66.85, 25.85]	

Heterogeneity: Tau² = 1084.68; Chi² = 32.94, df = 1 (P < 0.00001); I² = 97%
 Test for overall effect: Z = 0.87 (P = 0.39)

