

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Roteiro para a avaliação de pacientes com
hipertensão pulmonar tromboembólica crônica através de
Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada**

CAROLINA ROBERTA CALDEIRA

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Mestre
Profissional em Tecnologia das Radiações
em Ciências da Saúde na Área de
Concentração Processos da Radiação na
Saúde**

**Orientador:
Prof. Dr. Orlando Rodrigues Junior**

**Co-orientador
Prof. Dr. Mário Olímpio de Menezes**

**São Paulo
2023**

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

Como citar:

CALDEIRA, C. R. *Roteiro para a avaliação de pacientes com hipertensão pulmonar tromboembólica crônica através de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada*. 2023. 56 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Caldeira, Carolina Roberta
Roteiro para a avaliação de pacientes com hipertensão pulmonar tromboembólica crônica através de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada / Carolina Roberta Caldeira; orientador Orlando Rodrigues Junior; co-orientador Mário Olímpio de Menezes. -- São Paulo, 2023.
56 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde (Processos de Radiação na Saúde) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2023.

1. Hipertensão Pulmonar Tromboembólica Crônica. 2. Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada. 3. Modelo de laudo. 4. Treinamento. 5. Radiologia. I. Rodrigues Junior, Orlando, orient. II. Olímpio de Menezes, Mário, co-orient. III. Título.

Dedicatória

Dedico o meu trabalho à minha mãe pelo amor e apoio incondicionais em todos os momentos e ao meu filho Mateus por me motivar estar sempre aprendendo, por me inspirar ser uma pessoa melhor a cada dia.

Agradecimentos

Agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Orlando Rodrigues Júnior por me guiar com tanta sabedoria no caminho do estudo. Agradeço ao meu co-orientador Prof. Dr. Mário Olímpio de Menezes pelas orientações e comentários. Minha gratidão aos professores do Ipen por me mostrarem um novo mundo através dos estudos e ao Prof. Dr. Ricardo de Amorim Corrêa pelas excelentes contribuições. Agradeço à equipe do Hospital Julia Kubitschek por estar ao meu lado nessa caminhada.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Carolina Roberta Caldeira

Título: Roteiro para a avaliação de pacientes com hipertensão pulmonar tromboembólica crônica através de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN para obtenção do título de mestre em Ciências da Saúde.

Data: 20/12/2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr.: Orlando Rodrigues Junior (Presidente da banca examinadora)

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

Prof. Dr.: Ricardo de Amorim Correa

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Profa. Dra.: Maria da Penha Albuquerque Potiens

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

RESUMO

CALDEIRA, Carolina R. Roteiro para a avaliação de pacientes com hipertensão pulmonar tromboembólica crônica através de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN - São Paulo.

A Hipertensão Pulmonar Tromboembólica Crônica (HPTEC) é uma patologia rara, grave, com alta morbidade e mortalidade, cujo diagnóstico correto e precoce é fundamental para redução da mortalidade. A avaliação de pacientes com HPTEC por meio da Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada (APTC) é uma abordagem essencial para a investigação diagnóstica desta doença. Estudos recentes indicam que a APTC também possui papel primordial para definição terapêutica e planejamento cirúrgico nos portadores de HPTEC, no entanto, por tratar-se de enfermidade incomum, as equipes de radiologia podem não estar familiarizadas com as particularidades necessárias para o diagnóstico assertivo da mesma no exame de APTC. Considerando-se a importância da realização de APTC com alta qualidade e equipe médica habilitada para melhor acurácia na pesquisa de HPTEC, tornam-se essenciais programas de treinamento e educação na área. O objetivo deste trabalho é estudar o problema e apresentar um roteiro para realização de APTC com nível de qualidade adequado dentro do processo de investigação de HPTEC. Este roteiro é composto por um compilado de diretrizes para auxiliar no treinamento de equipes médicas de radiologia na avaliação desta enfermidade.

Palavras chave: Hipertensão Pulmonar Tromboembólica Crônica, Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada, qualidade, roteiro, treinamento, radiologia, modelo de laudo, HPTEC, APTC.

ABSTRACT

CALDEIRA, Carolina R. Roadmap for the evaluation of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension using Computed Tomography pulmonary angiography. 2023. Dissertation (Professional Master's Degree in Radiation Technology in Health Sciences) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN - São Paulo.

Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension (CTEPH) is a rare, serious condition with high morbidity and mortality, the correct and early diagnosis of which is essential for reducing mortality. The assessment of patients with CTEPH using Computed Tomography Pulmonary Angiography (CTPA) is an essential approach for the diagnostic investigation of this disease. Recent studies indicate that CTPA also plays a key role in therapeutic definition and surgical planning in patients with CTEPH. However, as this is an uncommon disease, radiology teams may not be familiar with the particularities required for an assertive diagnosis of this disease on CTPA. Considering the importance of high-quality CTPA and qualified medical staff for better accuracy in the investigation of CTEPH, training and education programs in this area are essential. The aim of this paper is to study the problem and present a roadmap for carrying out CTPA at an appropriate level of quality within the process of investigating CTEPH. This roadmap is a compilation of guidelines to help train medical radiology teams in the assessment of this disease.

Key words: Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension, Computed Tomography Pulmonary Angiography, quality, script, road map, report template, radiology, training, coaching, CTEPH, CTPA.

LISTA DE ABREVIATURAS:

AP: Artéria pulmonar

APB: Angioplastia pulmonar por balão

APTC: Angiografia pulmonar por tomografia computadorizada

CCD: Cateterismo cardíaco direito

CKDEPI: Colaboração de epidemiologia de doença renal crônica

ECG: Eletrocardiograma

G: Gauge

HAP: Hipertensão arterial pulmonar

HP: Hipertensão pulmonar

HPTEC: Hipertensão pulmonar tromboembólica crônica

MIP: Projeção de intensidade máxima

mPAP: Pressão média de artéria pulmonar

PET-CT: Tomografia por emissão de pósitrons

POP: Procedimento operacional padrão

PSI: Libra-força por polegada quadrada

SPECT: Tomografia computadorizada por emissão de fóton único

SPECT-CT: Tomografia computadorizada por emissão de fóton único associada a um tomógrafo convencional

TEA: tromboendarterectomia pulmonar

TEC: Tromboembolismo crônico

UH: Unidades Hounsfield

¹⁸F-FDG: ¹⁸F-Fluorodesoxiglicose

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Tratamentos para a Hipertensão Pulmonar Tromboembólica crônica.....	11
1.2	Abordagens para o diagnóstico da HPTEC.....	15
1.2.1	Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada.....	17
1.2.2	Cateterismo Cardíaco Direito e Angiografia Pulmonar.....	24
1.2.3	Outros métodos propedêuticos para investigação de HPTEC.....	24
2	OBJETIVOS.....	26
3	DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	Parâmetros relacionados à aquisição das imagens do exame de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada para avaliação de HPTEC.....	32
4.1.1	Especificações recomendadas do aparelho de Tomografia Computadorizada.....	32
4.1.2	Etapas do exame de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada para avaliação de HPTEC.....	32
4.1.3	Protocolo de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada para avaliação de HPTEC.....	34
4.2	Manual para análise de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada.....	37
4.3	Sugestão de Modelo de Laudo.....	42
5	CONCLUSÕES.....	45
6	REFERÊNCIAS.....	46
7	ANEXOS.....	50

1 INTRODUÇÃO

A Hipertensão Pulmonar (HP) é uma patologia que pode estar relacionada a diversas doenças cardiovasculares e respiratórias. A abordagem dos pacientes com HP é complexa, cujos objetivos primários são levantar a suspeita precoce desta patologia e realizar o rápido encaminhamento a centros especializados em HP com equipe multidisciplinar. Os objetivos secundários são a investigação da causa de HP e a pesquisa de comorbidades, garantindo a classificação adequada e tratamento específico.

Fluxograma da abordagem de HP:

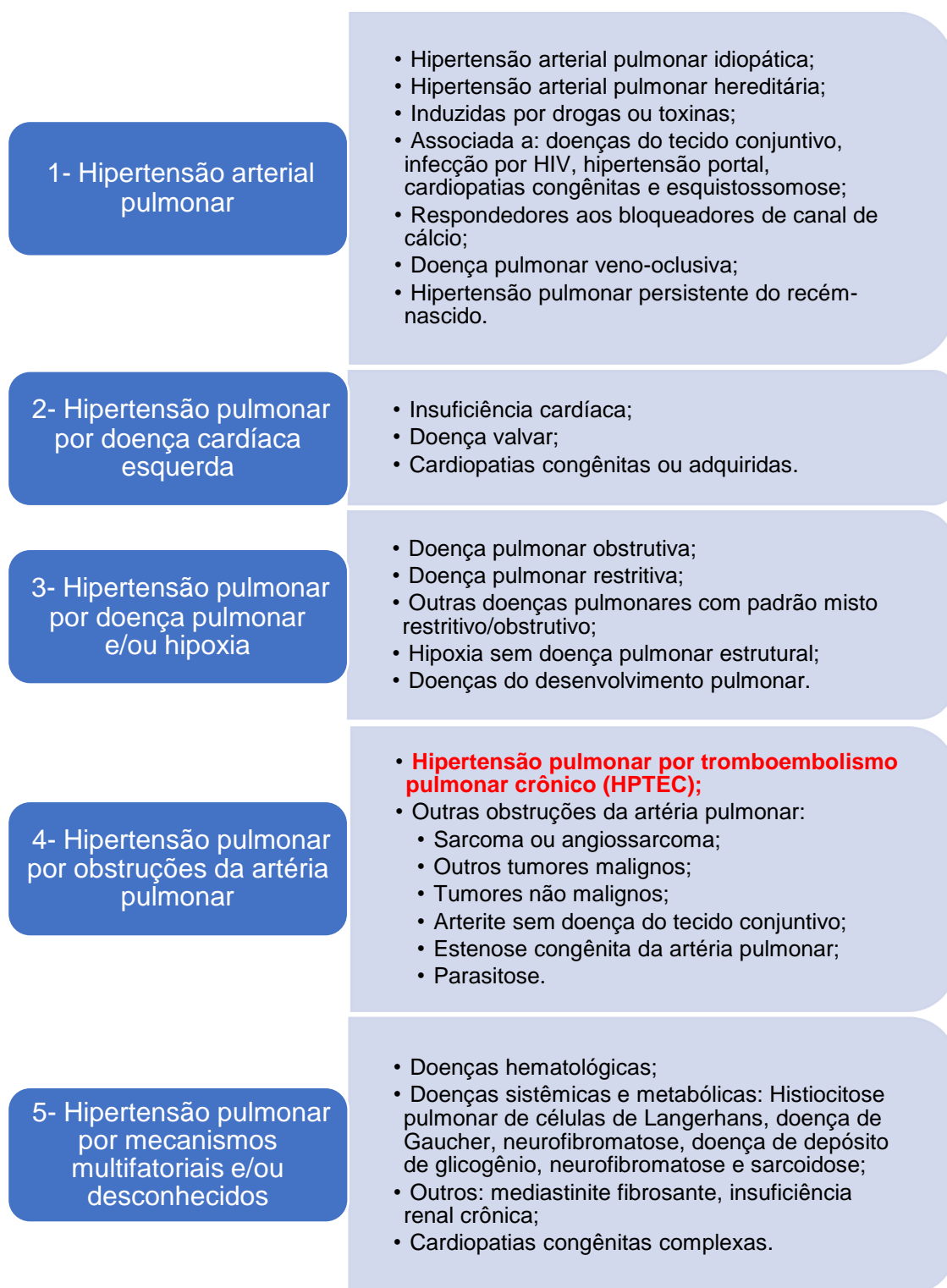


A agilidade e a assertividade no diagnóstico destes pacientes são determinantes em sua sobrevivência. As causas de HP são separadas em cinco grupos, conforme descrito na figura 1.

A Hipertensão Pulmonar Tromboembólica Crônica (HPTEC) é uma causa importante de HP, faz parte do grupo 4, onde está representada a hipertensão pulmonar por obstruções de artéria pulmonar e será objeto do nosso estudo. A HPTEC apresenta estratégia de manejo distinta das demais causas de HP, cujo diagnóstico em tempo hábil permanece um grande desafio. O intuito deste trabalho é fornecer ferramentas para auxiliar na detecção precoce e assertiva desta enfermidade.

HPTEC é uma rara complicação de tromboembolismo pulmonar agudo, com incidência estimada entre 2,8% a 4,8% dos pacientes sobreviventes de uma embolia pulmonar aguda (KLOK FA, 2016; FEDULLO P, 2011). No entanto, nem todos os pacientes portadores de HPTEC têm história de embolia pulmonar aguda.

Figura 1: Classificação de hipertensão pulmonar



Fonte: SIMONNEAU, 2019.

A hipertensão pulmonar tromboembólica crônica é por definição uma doença cujos sintomas possam ser atribuídos a obstruções por trombos organizados crônicos após tromboembolismo em artérias pulmonares. A hipertensão pulmonar neste contexto está relacionada à obstrução por material tromboembólico organizado e possivelmente devido à microvasculopatia associada. O termo HPTEC é preferencialmente utilizado para pacientes que apresentam hipertensão pulmonar, com pressão média de artéria pulmonar superior a 20 mmHg. O critério de doença crônica se refere a pelo menos 3 meses de anticoagulação plena (HUMBERT, 2022; FERNANDES, 2020).

Na fisiopatologia dessa doença ocorre oclusão das artérias pulmonares por trombos, com conseqüente remodelamento da microvasculatura pulmonar, aumentando a resistência vascular, determinando insuficiência cardíaca direita, resultando em perda de qualidade de vida e alta mortalidade (HUMBERT, 2022). Pacientes sem tratamento apresentam uma baixa sobrevida, estimada em 10%, em 5 anos, considerando-se o parâmetro de pressão média de artéria pulmonar (mPAP) acima de 50 mmHg (FEDULLO P, 2011). As lesões vasculares de HPTEC são classificadas em doença proximal e distal, caracterizando-se proximal a oclusão por trombos organizados em artérias pulmonares principais, lobares e segmentares, já o termo distal refere-se à oclusão em artérias subsegmentares ou distais (SIMONNEAU, 2017; DELCROIX, 2021).

1.1 Tratamentos para a Hipertensão Pulmonar Tromboembólica Crônica

Atualmente as alternativas disponíveis para o tratamento de HPTEC incluem cirurgia (tromboendarterectomia), angioplastia por balão, medicamentos e tratamento multimodal com a combinação destas modalidades terapêuticas (DELCROIX, 2021), conforme descrito abaixo.

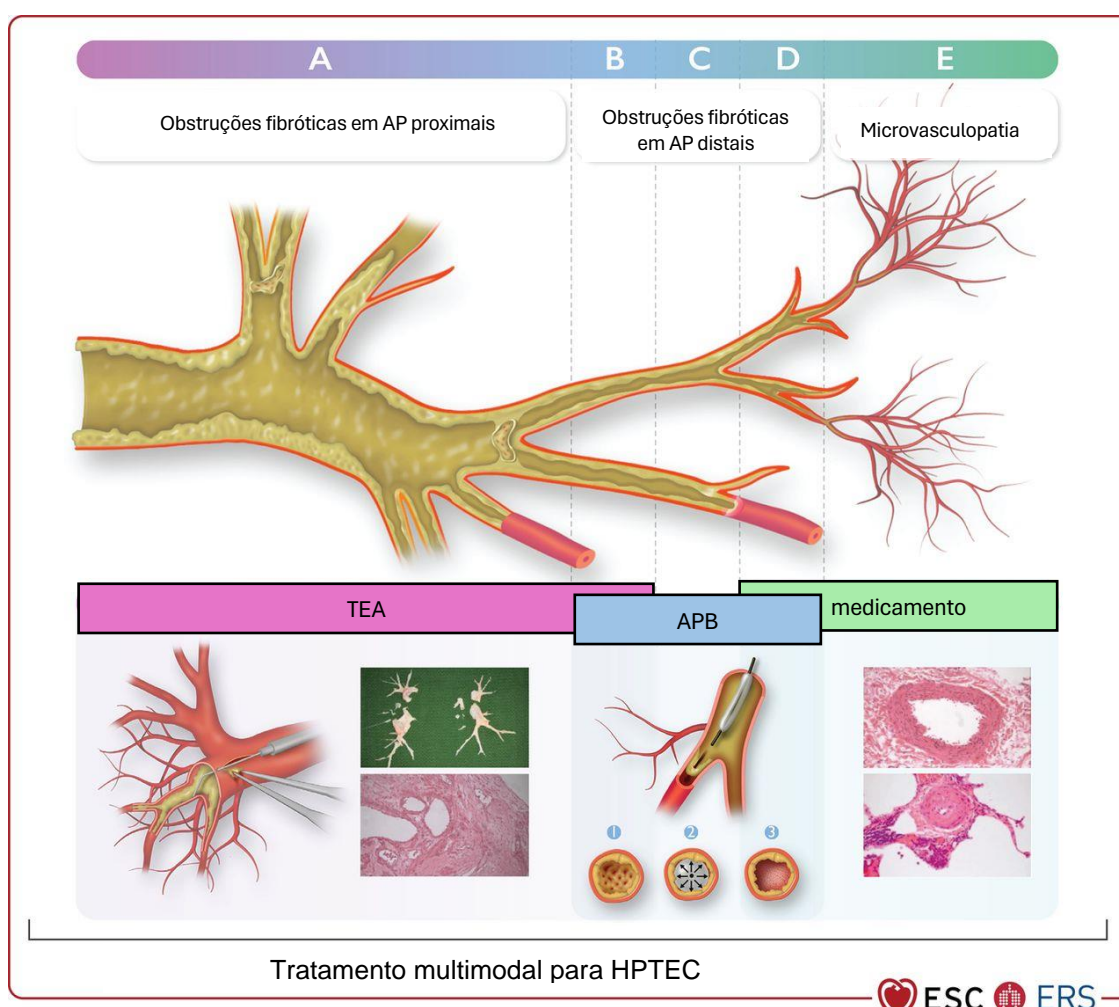
A cirurgia representa a opção mais eficaz, com possibilidade de cura, no entanto, alguns pacientes não são candidatos à mesma devido ao risco cirúrgico elevado ou por apresentarem trombos com localização distal.

A angioplastia pulmonar por balão (APB) tem se mostrado uma alternativa para os pacientes que apresentam contra-indicação ao tratamento cirúrgico, podendo ser considerada também como ferramenta auxiliar no tratamento para aqueles pacientes já submetidos à cirurgia, mas que ainda apresentam doença tromboembólica crônica residual (sem ou com hipertensão pulmonar).

O tratamento medicamentoso tem como alvo o componente microvascular de HPTEC, sendo utilizado em pacientes inoperáveis ou naqueles com hipertensão pulmonar persistente/recorrente após tratamento cirúrgico ou por angioplastia.

O tratamento multimodal utiliza a combinação de cirurgia, angioplastia por balão e terapia medicamentosa, tendo como objetivo tratar lesões anatômicas mistas (proximal, distal e microvasculopatia). As possibilidades terapêuticas de acordo com o nível arterial acometido, assim como a combinação do tratamento multimodal estão demonstradas na figura 2).

Figura 2: Sobreposição de abordagens do tratamento multimodal de hipertensão pulmonar tromboembólica crônica



Legenda complementar para figura 2:

TEA: tromboendarterectomia pulmonar, APB: angioplastia pulmonar por balão, AP: artéria pulmonar.

Nos painéis superiores da figura 2:

- (A) obstruções fibróticas em artérias pulmonares proximais;
- (B) obstrução fibrótica em artéria pulmonar segmentar e subsegmentar distal potencialmente adequada para TEA e APB;
- (C) obstruções fibróticas subsegmentares distais formando lesão em rede adequada para intervenções de APB;
- (D) obstruções fibróticas subsegmentares em artérias pulmonares formando lesões semelhantes a teias que podem estar associadas a microvasculopatia;
- (E) microvasculopatia tratada com tratamento medicamentoso.

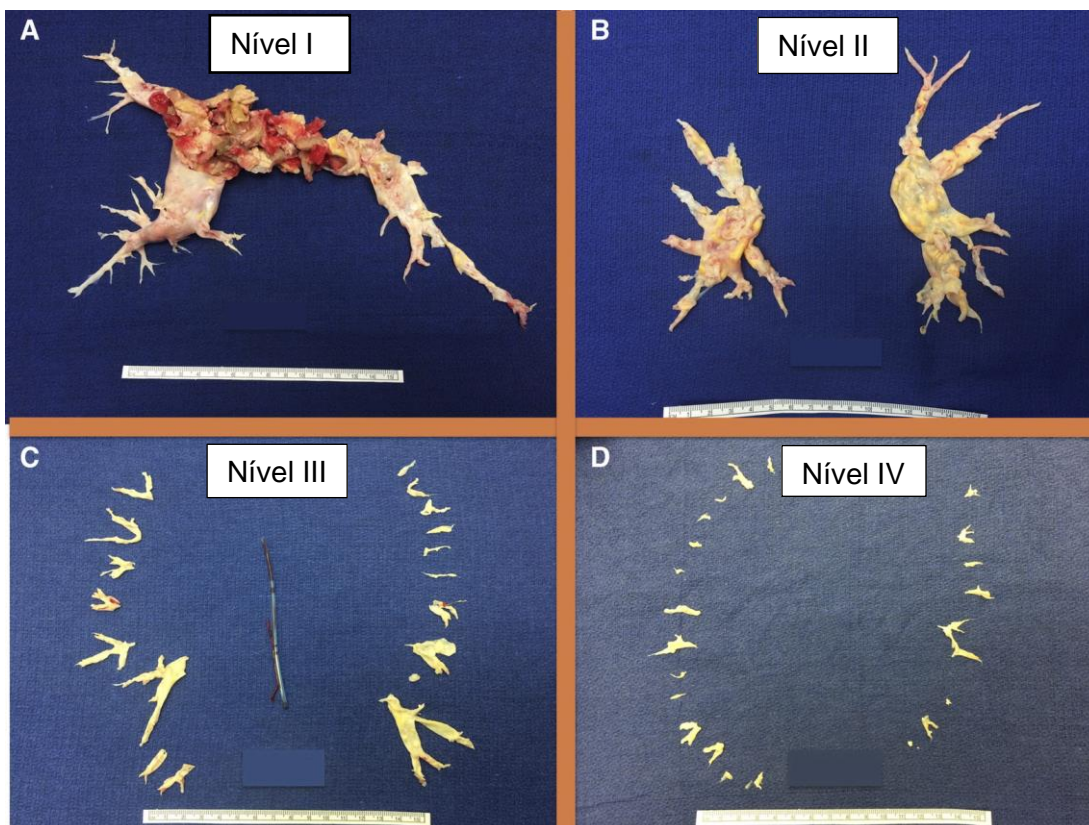
Nos painéis inferiores da figura 2:

- (A) artéria pulmonar direita aberta, dissector por sucção introduzido entre a parede arterial e a fibrose, revelando o material fibrótico da parede, com remoção do mesmo por pinças, peça cirúrgica, fotografia de análise microscópica em corte transversal de lesão trombótica dissecada;
- (B, C, D) demonstração de angioplastia por balão, o fio   introduzido entre o material fibrótico, em seguida o balão   insuflado levando a uma ruptura da teia.
- (E) ramo distal de artéria pulmonar exibindo fibrose intimal exc trica envolvendo espessamento e prolifera o intimal, alvo de tratamento medicamentoso.

Fonte: Adaptado de HUMBERT, 2022.

Em rela o ao nível arterial acometido pela doença podemos citar a classifica o da Universidade da Califórnia em San Diego, que se refere aos achados cirúrgicos, onde são individualizados quatro níveis de doença pulmonar oclusiva secundária a trombo organizado, conforme a figura 3. Com os avanços da técnica cirúrgica em centros especializados, a classifica o cirúrgica foi refinada, com intuito de ilustrar mais adequadamente a abordagem cirúrgica atual e o nível de revasculariza o, de acordo com o quadro 1 (KIM, 2019).

Figura 3: Peças cirúrgicas típicas classificadas com base no nível mais proximal de obstrução, níveis de I a IV



Fonte: MADANI, 2016.

Quadro 1: Classificação cirúrgica da Universidade da Califórnia em San Diego

Nível cirúrgico	Localização do tromboembolismo crônico (TEC)
Nível 0	Não há evidência de TEC em ambos os pulmões
Nível I	TEC iniciando-se em artérias principais
(Nível IC)	(Nível I com oclusão completa de uma artéria pulmonar principal por TEC)
Nível II	TEC iniciando-se no nível de artérias lobares ou na artéria pulmonar descendente
Nível III	TEC iniciando-se a partir do nível de artérias segmentares
Nível IV	TEC iniciando-se a partir do nível de artérias subsegmentares

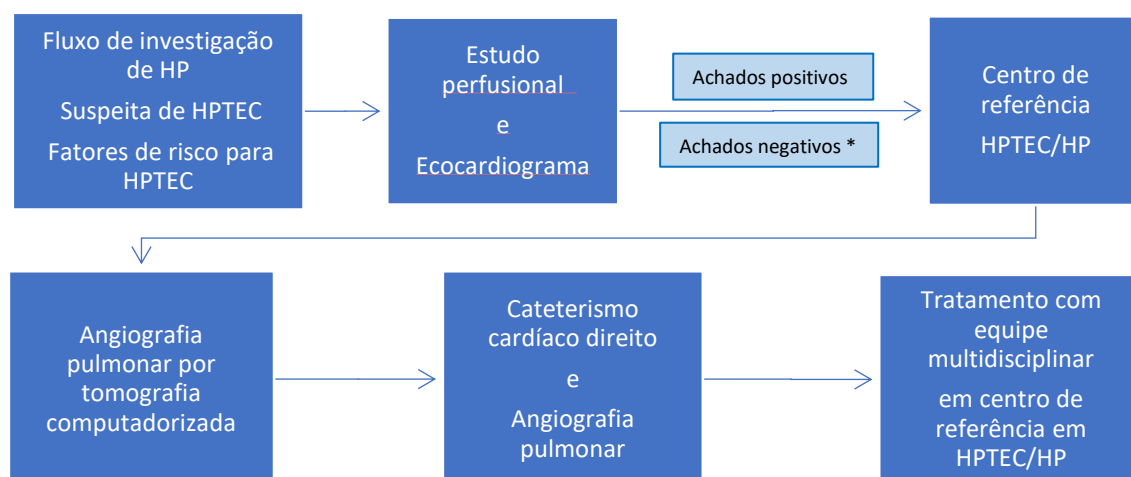
Fonte: Kim, 2019.

1.2 Abordagens para o diagnóstico da HPTEC

Considerando-se a gravidade desta patologia, a possibilidade de cura ou melhoria das condições clínicas, assim como redução da mortalidade, os métodos propedêuticos são de suma importância para o diagnóstico preciso e decisão terapêutica destes pacientes (NISHIYAMA, 2018).

Existem várias modalidades para investigação diagnóstica de HPTEC, algumas com maior relevância, cada uma delas com suas vantagens e desvantagens, cinco delas têm se destacado em algoritmos de diagnóstico e definição do tratamento: o ecocardiograma transtorácico, a cintilografia por ventilação e perfusão (cintilografia V/Q), a angiografia pulmonar por tomografia computadorizada (APTC), o cateterismo cardíaco direito e a angiografia pulmonar por subtração digital (HUMBERT, 2022; FERNANDES, 2020).

Figura 4: Algoritmo para o diagnóstico de HPTEC para pacientes sintomáticos adaptado



Fonte: Sociedade Europeia de Cardiologia, Sociedade Europeia de Pneumologia (HUMBERT, 2022) e Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (FERNANDES, 2020).

Legenda complementar para figura 4:

* Se estudo perfusional ou ecocardiograma negativos ➡ solicitar teste de exercício cardiopulmonar ou ecocardiograma de stress ➡ se sugestivos de doença pulmonar tromboembólica crônica (com ou sem HP) ➡ indicar para centro de referência em HPTEC/HP.

Os fatores de risco descritos para HPTEC são: dispositivos intravasculares permanentes (marca-passo, cateteres centrais de longa duração), doença inflamatória intestinal, trombocitemia essencial, policitemia vera, esplenectomia, síndrome antifosfolípide, reposição de hormônio tireoideano em altas doses e malignidade.

De acordo com as recomendações da Sociedade Europeia de Cardiologia e Sociedade Europeia de Pneumologia, o diagnóstico e o tratamento de HPTEC e de Hipertensão Pulmonar (HP) por outras causas devem ser conduzidos em centros de referência neste tipo de patologia e por equipes multidisciplinares compostas por: pneumologista e/ou cardiologista especialistas em HP, radiologista torácico especializado, cirurgião cardiovascular/torácico e especialista em hemodinâmica com atuação em angioplastia por balão. Esta equipe multidisciplinar pode ser estendida de acordo com as particularidades de cada serviço.

Prosseguindo com os métodos diagnósticos mais importantes do fluxograma de diagnóstico de HPTEC, podemos citar o ecocardiograma transtorácico, representando modalidade não invasiva amplamente disponível e muito valiosa na investigação inicial de hipertensão pulmonar, com potencial de fornecer informações sobre a morfologia cardíaca, estimar parâmetros hemodinâmicos, incluindo medição indireta da pressão da artéria pulmonar, detectar achados adicionais sugestivos de HP, podendo auxiliar na identificação da causa de HP, no entanto, isoladamente não é capaz de diagnosticar HPTEC (AL ABRI, 2021; LAMBERT, 2022).

Como método de triagem recomenda-se um estudo perfusional, habitualmente a cintilografia V/Q, que representa a mais efetiva ferramenta de rastreamento, devido à sua alta sensibilidade (KLIGERMAN, 2021; REMY-JARDIN, 2021). Uma cintilografia de perfusão normal é capaz de excluir HPTEC na ausência de doença pulmonar parenquimatosa (HE, 2012). Esta modalidade apresenta limitações na análise da vasculatura e do parênquima pulmonar e caso sejam identificadas alterações sugestivas de embolia pulmonar, está recomendada a confirmação do diagnóstico através de APTC (DELCROIX, 2021; HUMBERT, 2022; GUERIN L, 2014).

1.2.1 Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada

A Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada (APTC) representa atualmente um dos grandes pilares no diagnóstico e na decisão terapêutica dos pacientes portadores de HPTEC (HUMBERT, 2022; GUERIN L, 2014; WIRTH, 2014), conforme a algoritmo supracitado (figura 4).

Dentre as suas principais vantagens, podemos citar: alta sensibilidade e especificidade, ampla disponibilidade, rapidez de realização e fornecimento detalhado de informações estruturais através de um mapeamento das artérias acometidas, essencial em caso de abordagem cirúrgica ou por angioplastia (HUMBERT, 2022; MCINNIS, 2020; LEY, 2012).

A APTC representa ainda alternativa vantajosa em relação à angiografia pulmonar convencional (método padrão-ouro) (KIM, 2013), por representar modalidade não invasiva (REICHELDT, 2009). Podemos citar também entre os benefícios deste método sua excelente resolução espacial, capacidade de avaliar o parênquima pulmonar e câmaras cardíacas (apesar de haver limitações neste último quesito por tratar-se de protocolo não cardíaco). O estudo por APTC possui ainda capacidade para auxiliar na diferenciação entre HPTEC e outras doenças com achados radiológicos que mimetizam HPTEC (HAHN, 2022).

Além disso, a APTC também auxilia na detecção de outras causas de hipertensão pulmonar. A avaliação restrita de artérias subsegmentares representa sua principal limitação, motivo pelo qual um exame de APTC negativo não exclui completamente a possibilidade de HPTEC (DELCROIX, 2021).

Entre seus pontos negativos, podemos citar o uso de contraste iodado, que traz consigo alguns riscos, entres eles a reação alérgica e a nefropatia induzida pelo contraste (WANG, 2023). O uso de radiação ionizante e sua dose representam questões a serem consideradas neste método, ressaltando-se que existem protocolos de APTC com doses baixas de radiação (NISHIYAMA, 2018; KLIGERMAN, 2021).

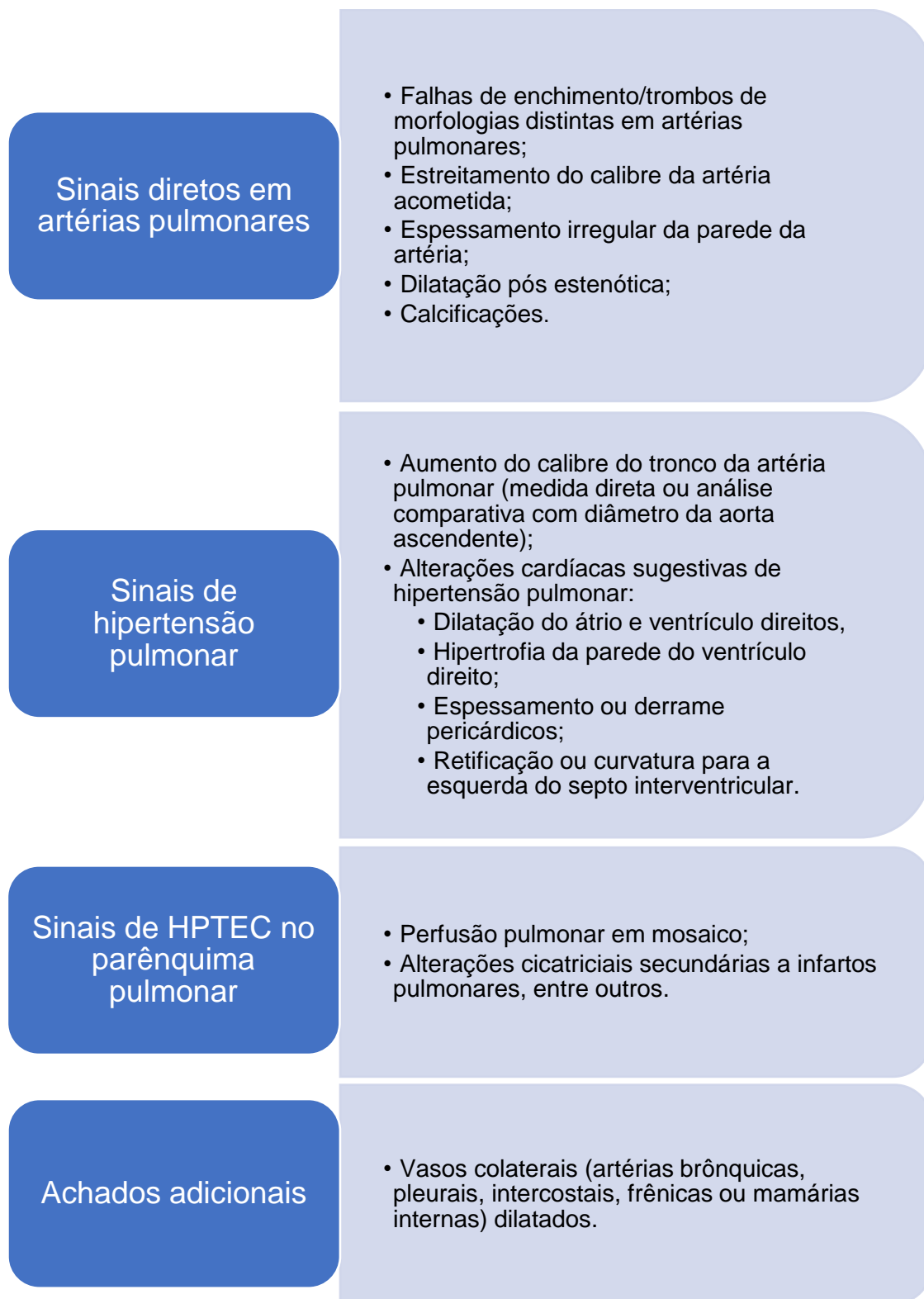
Uma meta-análise publicada em 2015 demonstrou que exames de APTC com padrão de qualidade elevado apresentaram sensibilidade de 99% e especificidade de 97% para a detecção de HPTEC, ressaltando a importância da qualidade destes exames na acurácia diagnóstica (DONG, 2015).

A utilização de APTC para o diagnóstico e planejamento cirúrgico de HPTEC, requer considerável conhecimento e treinamento da equipe médica (DELCROIX, 2021; GUERIN L, 2014; BOON, 2021; WIRTH, 2014). No entanto, considerando-se a raridade desta enfermidade, habitualmente existe uma lacuna de conhecimento entre radiologistas não especializados na interpretação de APTC neste contexto específico (HAHN, 2022). Por este motivo, são necessários programas de treinamento direcionados para médicos radiologistas e demais membros envolvidos das equipes de radiologia, assim como divulgação de recomendações específicas de protocolos de varredura de APTC com qualidade adequada para avaliação desta patologia (REMY-JARDIN, 2021). Dentre os principais membros da equipe de radiologia envolvidos na realização de APTC podemos citar: médico(a) radiologista, tecnólogo(a) ou técnico(a) em radiologia, técnico(a) de enfermagem e enfermeiro(a).

Os achados radiológicos típicos de HPTEC em exames de APTC variam de acordo com a quantidade de obstrução vascular e com a gravidade da hipertensão arterial pulmonar (HAP) e podem ser subdivididos em características vasculares e parenquimatosas pulmonares (NISHIYAMA, 2018), conforme descrito de forma sumária na figura 5 e alguns exemplificados nas figuras 8, 9, 10, 11 e 12. A investigação destes achados no estudo por APTC envolve a aquisição de imagens com condições ótimas, assim como o estudo detalhado das mesmas pelo médico radiologista.

Ressalta-se a importância da análise aprofundada dos exames de APTC, assim como descrição precisa das anormalidades encontradas, com ênfase ao levantamento das artérias acometidas e ao tipo de lesão identificado em cada uma delas. Estes achados são essenciais na decisão do melhor tratamento destes pacientes, exercendo o papel de um guia direcionador durante a cirurgia ou APB, assim como no planejamento prévio destes procedimentos. Existem cinco tipos de lesões (falhas de enchimento) nas artérias acometidas por tromboembolismo pulmonar crônico (figura 6), cada uma delas tem associação direta com o sucesso e o índice de complicações no tratamento cirúrgico ou por APB (quadro 2), motivo pelo qual torna-se de extrema relevância a descrição detalhada das lesões encontradas nos estudos de APTC (KAWAKAMI, 2016).

Figura 5: Achados típicos de HPTEC em exames de APTC

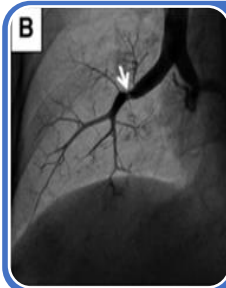


Fonte: SIRAJUDDIN, 2017; NISHIYAMA, 2018.

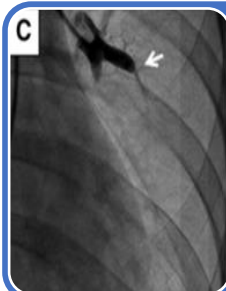
Figura 6: Tipos de lesões nas artérias acometidas por tromboembolismo pulmonar crônico em imagens de angiografia pulmonar



Tipo A: lesões tipo anel (*ring-like*)
Determinam estenose concêntrica.



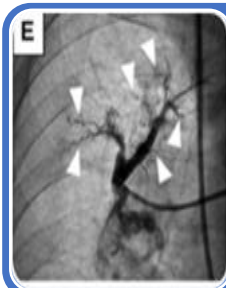
Tipo B: rede (*web*)
Pode se apresentar em configurações diferentes, com redes complexas ou falhas longitudinais.



Tipo C: oclusão subtotal contínua ou descontínua
Artérias quase completamente obstruídas, com fluxo sutil contínuo ou descontínuo distal à obstrução.



Tipo D: oclusão total
Tipo bolsa ou oclusão ostial.



Tipo E: lesões tortuosas
Oclusões em pequenos vasos (com diâmetro inferior a 2 mm) altamente tortuosos, distais às artérias subsegmentares.

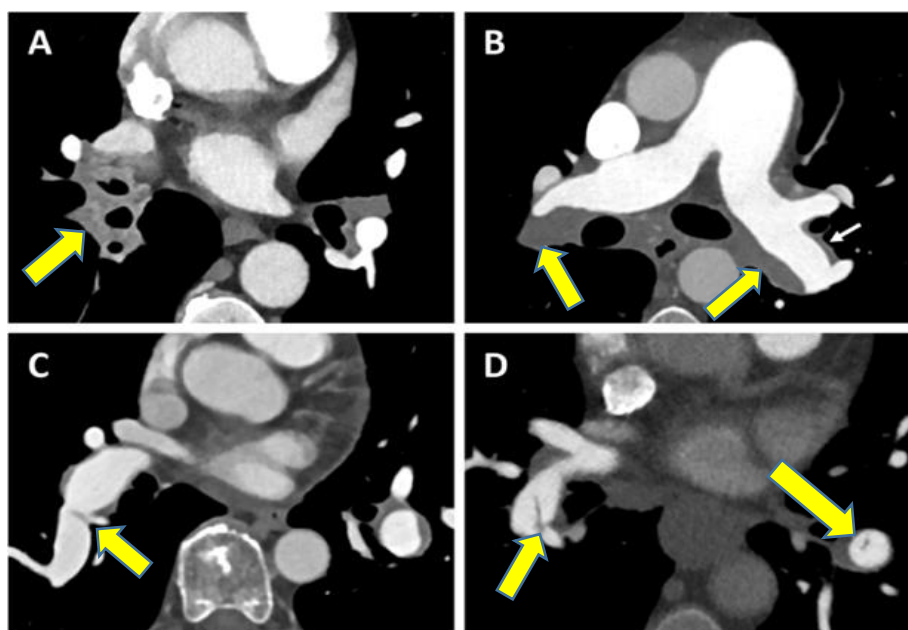
Fonte: KAWAKAMI, 2016.

Quadro 2: Descrição do índice de sucesso e de complicações em procedimentos por APB, de acordo com os diferentes tipos de lesões vasculares de tromboembolismo pulmonar crônico

Tipo de lesão	A	B	C	D	E
Descrição do tipo de lesão	Lesões tipo anel (<i>ring like</i>)	Rede (<i>web</i>)	Oclusão subtotal	Oclusão total	Tortuosas
Índice de sucesso em %	100	98,7	86,5	52,2	63,6
Índice de complicações em %	1,6	2,2	15,5	6,0	43,2

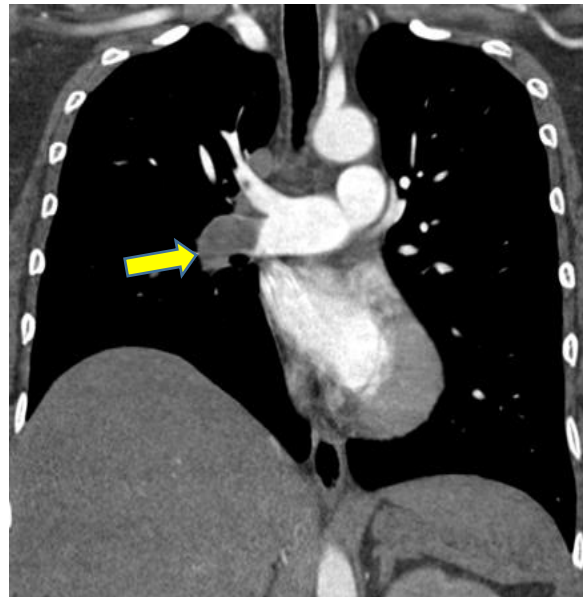
Fonte: KAWAKAMI, 2016.

Figura 7: Exame de APTC em pacientes com HPTEC. Legenda: A: oclusão total de um ramo lobar; B: lesões do tipo anel, junto à parede arterial; C: estenose e falha de enchimento tipo rede; D: falhas de enchimento tipo rede.



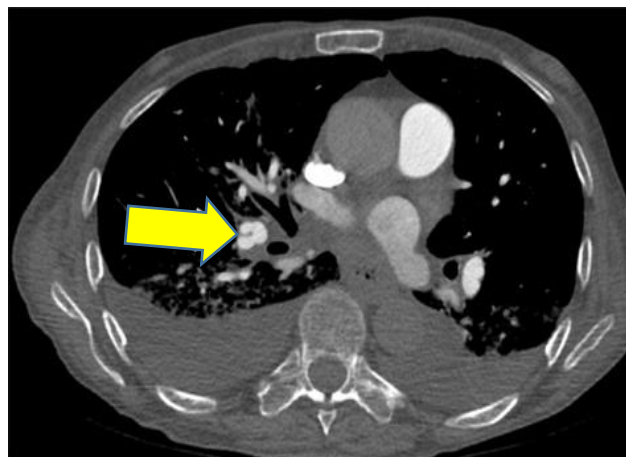
Fonte: LAMBERT, 2022.

Figura 8: Imagem de APTC no plano coronal caracterizando trombo na artéria interlobar, com oclusão total



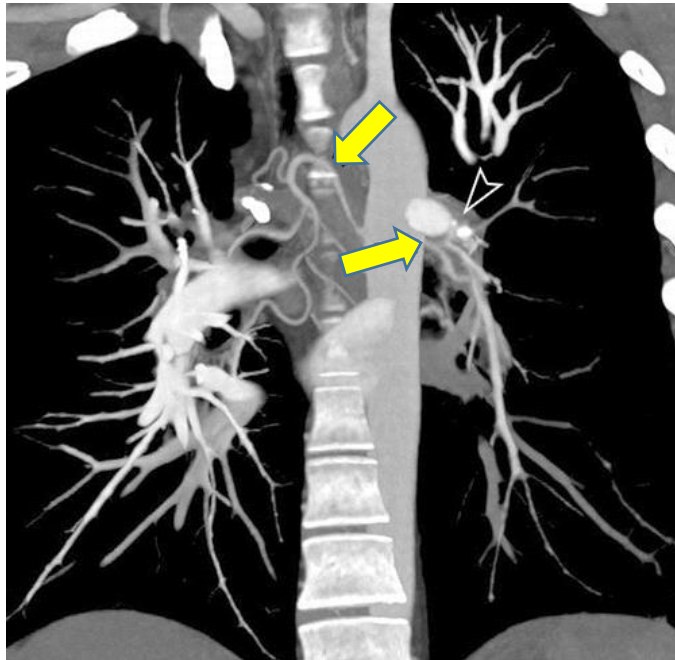
Fonte: NISHIYAMA, 2018.

Figura 9: Imagem de APTC no plano axial demonstrando falha de enchimento tipo rede na artéria lobar inferior direita



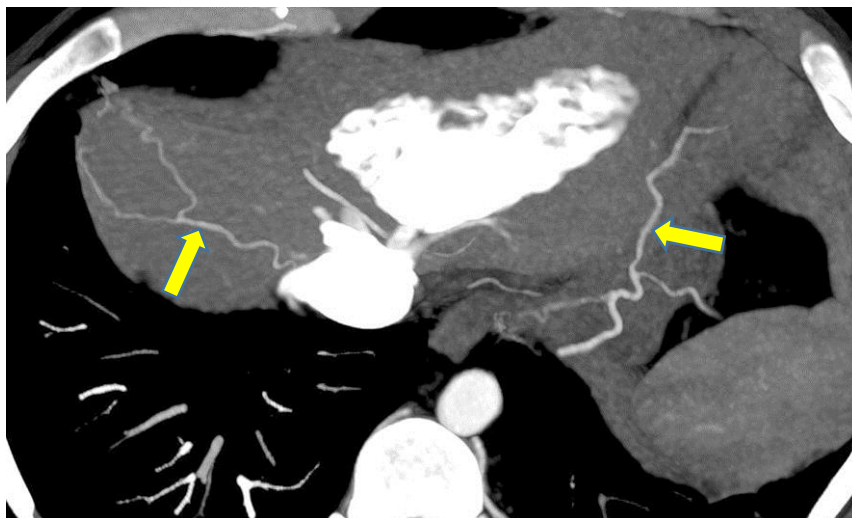
Fonte: COLAK, 2021.

Figura 10: Imagem de APTC no plano coronal em paciente com HPTEC, demonstrando artérias pulmonares com estenose grave (cabeça de seta) e suprimento colateral sistêmico de artérias brônquicas aumentadas (setas)



Fonte: REMY-JARDIN, 2021.

Figura 11: Imagem de APTC de paciente com HPTEC demonstrando colaterais frênicas inferiores



Fonte: REMY-JARDIN, 2021.

1.2.2 Cateterismo Cardíaco Direito e Angiografia Pulmonar

O cateterismo cardíaco direito (CCD) é um procedimento invasivo, com capacidade para avaliar a hemodinâmica cardiopulmonar, representando uma ferramenta obrigatória para confirmação do diagnóstico de hipertensão pulmonar (HUMBERT, 2022; SIRAJUDDIN, 2017), sendo utilizado após a realização dos exames não invasivos, fornecendo informações fundamentais sobre a resistência vascular pulmonar, incluindo a medida direta da pressão da artéria pulmonar.

A angiografia pulmonar por subtração digital representa a modalidade padrão-ouro para o diagnóstico de HPTEC, proporcionando confirmação das lesões vasculares e a avaliação da acessibilidade cirúrgica das mesmas (NISHIYAMA, 2018). Vários estudos já demonstraram que, com o advento dos aparelhos de tomografia com múltiplos detectores, a APTC é tão confiável quanto a angiografia convencional na avaliação de HPTEC (HUMBERT, 2022, GALIÈ, 2015; SIRAJUDDIN, 2017), por este motivo e por tratar-se de método invasivo, atualmente a angiografia convencional tem sido utilizada quase que exclusivamente para trombólise ou planejamento cirúrgico dos pacientes com HPTEC (SIRAJUDDIN, 2017). Este procedimento geralmente tem sido realizado em combinação com o cateterismo cardíaco direito.

1.2.3 Outros métodos propedêuticos para investigação de HPTEC

Dentre as outras modalidades descritas para a avaliação de HPTEC, podemos citar:

- O SPECT (tomografia computadorizada por emissão de fóton único), modalidade da Medicina Nuclear que pode substituir a cintilografia V/Q como método de triagem, por fornecer dados tridimensionais e apresentar maior sensibilidade (WANG, 2020), no entanto, possui menor disponibilidade. A transição do uso da cintilografia V/Q para o SPECT como ferramenta de triagem apresenta ainda limitação devido aos médicos ainda não estarem familiarizados com a anatomia tridimensional do método mais recente (DELCROIX, 2021). O SPECT-CT (tomografia computadorizada por emissão de fóton único associada a tomógrafo convencional) representa outra alternativa na Medicina Nuclear, apesar de ainda pouco acessível e necessitar maiores estudos para validação.

- A angiografia pulmonar por tomografia computadorizada com dupla energia, representa um método promissor por fornecer informações relacionadas à perfusão pulmonar e maior detalhamento em relação ao acometimento vascular periférico, porém ainda apresenta pouca disponibilidade e necessita maiores estudos para validação.
- A angiografia do tórax por ressonância magnética e o estudo perfusional por ressonância magnética também representam alternativas relevantes na avaliação destes pacientes, permitindo avaliação satisfatória de vasos pulmonares através de alta resolução espacial, com bom desempenho no diagnóstico de HPTEC, no entanto, estas modalidades não estão completamente integradas aos algoritmos de diagnóstico de HPTEC (DELCROIX, 2021), principalmente devido a menor disponibilidade, custo elevado, maior tempo de aquisição e por necessitar de maior aprimoramento da equipe médica (NISHIYAMA, 2018).
- Ressonância magnética cardíaca: habitualmente considerada o padrão de referência para imagens cardíacas por fornecer imagens tridimensionais de alta resolução, permitir quantificação confiável de volumes de câmaras, massa muscular e fluxos sanguíneos, bem como avaliação funcional do coração. Esta modalidade permite avaliar de forma não invasiva a pressão média da artéria pulmonar, apresentando grande utilidade na avaliação da morfologia e função do ventrículo direito (SIRAJUDDIN, 2017).
- O PET-CT com ^{18}F -FDG (tomografia por emissão de pósitrons com ^{18}F -Fluorodesoxiglicose) é utilizado quando há suspeita de outras causas de obstrução da artéria pulmonar, entre elas: sarcoma da artéria pulmonar, outros tipos de tumor, estenoses congênitas ou adquiridas, parasitas ou corpo estranho, porém apresenta alto custo e pouca disponibilidade.

Existem ainda novas tecnologias em estudo, entre elas a tomografia computadorizada com feixe cônico, com melhor capacidade para avaliar ramos distais, o que tem se mostrado útil para guiar procedimento de angioplastia por balão, no entanto, trata-se de método invasivo e necessita de validação com estudos prospectivos.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é a elaboração de um conjunto de recomendações, no formato de um roteiro, para a execução do exame de APTC com ênfase na patologia HPTEC. Este documento irá fornecer informações detalhadas para a realização deste método diagnóstico por meio de um protocolo padronizado, tendo como propósito a obtenção de APTC com alta qualidade.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Discriminação dos parâmetros relacionados à aquisição das imagens de APTC, organizados da seguinte forma: especificação do equipamento de tomografia computadorizada, detalhamento das etapas deste método propedêutico e descrição do protocolo de exame elaborado em um serviço com experiência na investigação de HPTEC, contendo orientações técnicas e fatores relacionados aos pacientes com possível impacto na qualidade do exame;
- Fornecer um manual para orientar o médico radiologista na análise do exame de APTC e confecção do laudo direcionado para pesquisa da patologia HPTEC;
- Elaboração de uma sugestão de modelo de laudo médico para APTC tendo como propósito a descrição padronizada dos achados relevantes na conjuntura de HPTEC, com potencial de otimizar a qualidade, a precisão e a reprodutibilidade dos relatórios médicos, assim como proporcionar uniformização de dados para coleta futura;
- Formulação, implantação e divulgação de um Procedimento Operacional Padrão (POP) contendo o roteiro para a execução do exame de APTC com ênfase na avaliação de HPTEC, podendo ser adaptado de acordo com cada serviço de saúde.

3 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Para o nosso estudo foi realizada uma pesquisa da literatura tendo como base de dados as plataformas PubMed/MEDLINE, Web of Science, Google Scholar e Cochrane Library. Durante o estudo da literatura foram investigados os critérios de diagnóstico desta enfermidade e selecionados os principais indicadores necessários para aquisição adequada e análise especializada das imagens de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada no contexto de HPTEC, assim como a descrição apropriada dos achados radiológicos no relatório médico.

Foi realizada pesquisa bibliográfica em relação às especificações mínimas do equipamento de tomografia computadorizada recomendadas, assim como os parâmetros técnicos para aquisição de imagens, com o intuito de orientar em relação à parametrização necessária para obtenção de um exame de APTC tecnicamente adequado na circunstância da patologia em questão. Foram investigados ainda fatores relacionados às condições clínicas dos pacientes com possível impacto na qualidade das imagens obtidas.

Durante o estudo também foram realizadas pesquisas dos descritores relevantes a serem incluídos no laudo médico nesta patologia, entre eles: descrição da qualidade técnica do exame, avaliação de artérias pulmonares e detalhamento anatômico das lesões, sinais de hipertensão pulmonar, avaliação do parênquima pulmonar e outros critérios descritos com mais detalhes no modelo de laudo sugerido.

As informações obtidas neste estudo foram organizadas na forma de um roteiro direcionado para a realização de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada, estratificando os critérios identificados como de maior impacto na qualidade dos exames de APTC. Foram segmentados três pilares fundamentais para a obtenção de um estudo com qualidade apropriada para a avaliação de HPTEC, organizados na forma de tópicos, assim descritos:

- Parâmetros relacionados à aquisição das imagens de APTC, incluindo: equipamentos, etapas, protocolo de exame e particularidades relacionadas aos pacientes;
- Habilitação do médico radiologista para análise direcionada e especializada das imagens de APTC na investigação de HPTEC;
- Laudo médico assertivo com descrição apropriada dos achados imaginológicos associados à patologia em questão.

Estes tópicos em conjunto irão fornecer dados para treinamento de equipes médicas de radiologia para realização de exames de APTC no âmbito de HPTEC.

Este trabalho não utilizará dados ou imagens de pacientes, serão utilizadas apenas imagens da literatura.

Materiais utilizados:

- Aparelho de tomografia computadorizada (no caso deste estudo: *Canon Aquilion 128 canais*);
- Bomba de injeção automática de contraste com seringa dupla (neste estudo foi utilizada: *Bayer Medrad Stellant*);
- Contraste iodado não iônico;
- Soro fisiológico a 0,9%;
- Oxímetro;
- Estação de trabalho para médico radiologista;
- Visualizador de imagens *Dicom*.

Figura 12: Aparelho de tomografia computadorizada *Canon Aquilion 128 canais*



Fonte: Autora deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi desenvolvido um roteiro direcionado para treinamento de equipes médicas de radiologia, com o propósito de auxiliar na obtenção de APTC com alta qualidade no âmbito de HPTEC.

A qualidade do exame de APTC aumenta a probabilidade de obtenção de diagnóstico, no entanto, este critério é complexo, com várias variáveis envolvidas. Foram estratificados os parâmetros com maior relevância no resultado final desta modalidade e organizados nos seguintes grupos: equipamento de tomografia computadorizada, descrição das etapas, protocolo de realização do exame (incluindo particularidades relacionadas aos pacientes) e habilitação da equipe médica.

Em relação à especificação do equipamento de tomografia, postula-se que aparelhos com 64 cortes ou superiores são capazes de produzir imagens com alta resolução espacial e alta qualidade. A espessura de corte também é um parâmetro de grande relevância, sendo a mínima recomendada 1 mm (HAHN, 2022). Ressalta-se a importância da manutenção periódica do equipamento de tomografia, assim como do programa de controle de qualidade da imagem. Destaca-se ainda a necessidade do programa de Proteção Radiológica, essencial para o controle e acompanhamento das doses ocupacionais dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos.

Estão descritas na literatura formas distintas de execução deste método. Não está no escopo deste trabalho contemplar todos os protocolos de realização de APTC, iremos descrever os parâmetros técnicos de um protocolo elaborado em um serviço com experiência na investigação de HPTEC.

O fundamento básico deste método propedêutico é adquirir um conjunto de dados volumétricos do tórax, sem movimento, durante o realce máximo da circulação arterial pulmonar com redução da contaminação venosa. Enfatizamos a importância da redução de artefatos de movimentos durante a aquisição das imagens, para esta finalidade, devemos buscar aquisições com alta resolução temporal, tendo como objetivo o estudo do tórax em toda sua extensão no menor tempo possível, o que apresenta ainda maior relevância nos pacientes dispneicos.

O controle por ECG durante o exame pode auxiliar na redução de artefatos de movimentos cardíacos, porém não é rotineiramente utilizado em protocolos de APTC padrão.

Outros critérios também devem ser incluídos na busca por exames de alta qualidade, entre eles: alta taxa de injeção de contraste (entre 4,5 e 6,0 ml/segundo) e contraste com maior concentração de iodo, com potencial de maior contrastação e melhor distinção entre o trombo e contraste intraluminal (Concentração de iodo no material de contraste geralmente varia entre 300 mg/ml a 350 mg/ml, podendo ser aumentada se houver disponibilidade, por exemplo 370 mg/ml) ((REMY-JARDIN, 2021; DELCROIX, 2021). O volume do meio de contraste deve ser ajustado de acordo com o peso do paciente, podendo também ser adaptado de acordo com especificações do aparelho de tomografia computadorizada e tempo de aquisição das imagens (SILVA, 2010).

Outro parâmetro que pode ser considerado é o nível de atenuação da artéria pulmonar, valores entre 300 e 350 UH são relatados como adequados (DELCROIX, 2021).

Em relação às fases do estudo de APTC, considera-se a aquisição de duas delas fundamental, sendo a primeira com ênfase na opacificação arterial pulmonar e a segunda com um pequeno atraso desde a injeção de meio de contraste, tendo como foco a contrastação de circulação colateral, considerando-se que artérias brônquicas dilatadas e outras colaterais (pleurais, intercostais, frênicas ou mamárias internas) são uma característica conhecida de HPTEC, representando colaterais entre a circulação arterial sistêmica e pulmonar (REMY-JARDIN, 2021).

A injeção de solução salina após a injeção de contraste, utilizando a mesma taxa de injeção tem o intuito de reduzir os artefatos estriados originários do contraste na veia cava inferior e veia inonimada.

Entre as condições relacionadas aos pacientes com relevância na obtenção do exame de APTC, podemos destacar: hábito corporal, acesso venoso, função cardíaca, função renal, dispneia, assim como ansiedade e síndrome do desfiladeiro torácico.

A função renal do paciente deve ser investigada previamente e caso necessário deve ser realizada a proteção renal (WANG, 2023). Recomenda-se considerar o preparo renal para pacientes com ritmo de filtração glomerular inferior a 30,0 ml/minuto/1,73m² (WANG, 2023), utilizando preferencialmente a fórmula desenvolvida pela Colaboração de Epidemiologia de Doença Renal Crônica (CKDEPI) (LEVEY, 2009).

As orientações aos pacientes previamente à aquisição das imagens também são importantes, sobretudo em relação a evitar a manobra de Valsalva durante a aquisição das imagens (influxo de sangue não opacificado na veia cava inferior).

Além dos critérios relacionados à aquisição das imagens de APTC e dos fatores relacionados aos pacientes, ressalta-se a importância do conhecimento profundo do médico radiologista na investigação de HPTEC através desta modalidade, assim como a elaboração de laudo médico apropriado no contexto desta enfermidade.

Considerando-se os múltiplos fatores envolvidos na obtenção de um exame de APTC de qualidade, foi elaborado um compilado de diretrizes organizado na forma de um roteiro, com intuito de contribuir para a execução adequada deste método propedêutico. Este roteiro será composto pelos seguintes tópicos:

- Tópico 4.1

Parâmetros relacionados à aquisição das imagens de APTC, contendo: especificações mínimas do equipamento de tomografia computadorizada, as etapas e a descrição de um protocolo de exame de APTC direcionado para avaliação de HPTEC, com detalhamento e segmentação do processo de realização desta modalidade, além da exposição de fatores relacionados aos pacientes com potencial impacto na qualidade deste estudo;

- Tópico 4.2

Manual contendo orientações para análise do exame e emissão do laudo de APTC pelo médico radiologista, na conjuntura desta patologia. Este manual poderá ser utilizado em associação com a sugestão de modelo de laudo de APTC para pesquisa de HPTEC desenvolvido neste trabalho;

- Tópico 4.3

Sugestão de modelo de laudo médico para APTC, tendo como propósito a descrição padronizada dos achados relevantes na conjuntura de HPTEC, com potencial de otimizar a qualidade, a precisão e a reprodutibilidade dos relatórios médicos, assim como proporcionar uniformização de dados para coleta futura.

Este roteiro também é composto por anexos com figuras ilustrativas e um compilado de referências mais importantes para esta avaliação.

4.1 Parâmetros relacionados à aquisição das imagens do exame de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada para avaliação de tromboembolismo pulmonar crônico com hipertensão pulmonar

4.1.1 Especificações recomendadas do aparelho de tomografia computadorizada

Aparelho de tomografia computadorizada com 64 cortes ou superior.

Espessura de corte entre 0,5 e 1,0 mm (REMY-JARDIN, 2021).

No caso deste estudo: aparelho de tomografia computadorizada de 128 canais (marca *Canon Aquilion*), utilizado 120 kV, modulação automática de dose e espessura de 0,5 mm.

4.1.2 Etapas do exame de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada para avaliação de tromboembolismo pulmonar crônico com hipertensão pulmonar

4.1.2.1 O paciente com suspeita clínica ou com diagnóstico de tromboembolismo pulmonar crônico com hipertensão pulmonar é encaminhado ao setor de radiologia para realização de APTC com protocolo dedicado para avaliação de HPTEC.

Exceção pode ocorrer em casos com esta patologia sem a suspeita clínica, o que acarretaria na realização de APTC sem protocolo direcionado, que apesar de apresentar menor sensibilidade, poderia em muitos casos ser capaz de fornecer o diagnóstico (inclusive por este motivo também se faz necessário treinamento das equipes médicas), e caso seja necessário planejamento cirúrgico, poderá ser realizada nova APTC com protocolo dedicado para HPTEC;

4.1.2.2 O paciente irá responder o termo de consentimento livre e esclarecido para autorizar a realização do exame de APTC. O médico radiologista deverá analisar previamente ao exame o risco alérgico do paciente, assim como a função renal e, se necessário, irá providenciar preparo anti-alérgico e/ou preparo renal conforme referências na literatura (WANG, 2023).

4.1.2.3 Obtenção de acesso venoso do paciente, preferencialmente periférico (evitando extremidades como punho e mão), sendo recomendado cateter intravenoso (jelco) com calibre mínimo de 18 G. Sugere-se acesso venoso com no máximo 24 horas de sua punção.

Em caso de significativa dificuldade de acesso venoso periférico, poderá ser utilizado acesso venoso central, devendo-se certificar junto ao fabricante do dispositivo, a compatibilidade do mesmo para uso de bomba injetora de contraste e realizar ajustes na bomba (quadro 3), conforme descrito:

- redução da velocidade do fluxo de injeção, estabelecendo limite máximo de 3,5 ml/s;
- redução do limite de pressão na bomba injetora, com máximo de 150 PSI;

4.1.2.4 O paciente é posicionado para realização do exame e orientado, com ênfase em relação a pausa suave na respiração durante a aquisição das imagens (sem fazer inspiração exagerada, evitando manobra de Valsalva). Outros esclarecimentos ao paciente também são recomendados, entre eles: relatar a importância de ficar imóvel durante a aquisição das imagens, informar a duração do procedimento e os potenciais efeitos adversos ao contraste iodado endovenoso;

4.1.2.5 O exame é adquirido com protocolo específico para avaliação de HPTEC (item 4.1.3). O paciente deve ser monitorizado durante a realização do exame com oxímetro, avaliando frequência cardíaca e saturação de oxigênio;

4.1.2.6 O paciente deverá permanecer em observação no setor de radiologia por pelo menos 15 minutos, mantendo acesso venoso para atendimento em caso de intercorrências após o exame. O acesso venoso deverá ser retirado após este tempo se não houver eventos adversos e o paciente será liberado para o local de origem.

4.1.3 Protocolo de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada para avaliação de tromboembolismo pulmonar crônico com hipertensão pulmonar

Neste protocolo estão descritos parâmetros técnicos e fatores relacionados aos pacientes, incluído parâmetros em relação ao uso de contraste iodado, que deverão ser ajustados no estudo por APTC direcionado para avaliação de HPTEC.

4.1.3.1 Parâmetros a serem considerados em relação ao contraste iodado:

a) concentração de iodo do contraste iodado: utilizar contraste iodado não iônico com maior concentração de iodo. A concentração de iodo no material de contraste geralmente varia entre 300 mg/ml a 350 mg/ml, podendo ser aumentada se houver disponibilidade, por exemplo 370 mg/ml;

b) taxa de injeção do contraste: alto fluxo de injeção (entre 4,5 e 6,0 ml/segundo), ajustado de acordo com biotipo e acesso venoso do paciente. Ressalta-se que o fluxo deve ser reduzido em caso de acesso venoso com calibre inferior a 18 G (esta opção pode prejudicar significativamente a qualidade do exame e deve ser evitada) ou quando for utilizado acesso venoso central (quadro 3);

c) volume do meio de contraste: ajustado de acordo com o peso do paciente, com doses habituais entre 60 e 65 ml (quadro 4), podendo também ser adaptado de acordo com especificações de aparelho de tomografia computadorizada e tempo de aquisição das imagens (SILVA, 2010).

4.1.3.2 Aquisição das imagens

a) utilizar protocolo específico elaborado no aparelho de tomografia computadorizada, de acordo com os critérios do quadro 4;

b) dose de radiação: exame realizado com modulação automática de dose, lembrando de ajustes em caso de obesidade;

c) valor do disparo automático do exame: para a execução do exame é realizada a monitorização da densidade na artéria pulmonar durante a injeção de contraste (*bolus tracking*). O exame é iniciado automaticamente ao atingir o valor definido, com parâmetros na faixa de 110 UH a 130 UH (unidades Hounsfield), de acordo com o biotipo do paciente, conforme quadro 4;

d) espessura de corte do estudo: preferencialmente entre 0,5 e 1,0 mm (REMY-JARDIN, 2021);

e) fases do estudo: realizar pelo menos duas aquisições:

- Primeira fase: foco na circulação pulmonar, com detector automático de disparo (*bolus tracking*) posicionado no tronco da artéria pulmonar (valor de disparo entre 110 e 130 unidades Hounsfield), conforme quadro 4, sendo seu direcionamento no sentido caudo-cranial;
- Segunda fase: deverá ser realizada imediatamente após a primeira, devendo ser observada a contrastação da aorta, indicando que se trata de fase adequada para investigação de vasos colaterais, devendo seu direcionamento ser no sentido crânio-caudal.

Uma terceira fase opcional em expiração pode auxiliar na pesquisa de aprisionamento aéreo, no entanto, devido à exposição à radiação, não recomendamos de forma rotineira a terceira aquisição;

f) utilizar bomba de injeção automática de contraste com seringa dupla, permitindo a injeção de contraste iodado, seguida por injeção de soro fisiológico a 0,9%. Volume recomendado de soro fisiológico a 0,9%: 30 ml.

Quadro 3: Fluxo de contraste por peso do paciente em exames de angiografia pulmonar por tomografia computadorizada

Peso em Kg	Fluxo em ml/s
50 a 89	4,5
90 a 110	5,0
Acima de 110	5,5 a 6,0
Acesso venoso central (não considerar peso) *	3,5

* Ajustar limite máximo da pressão da bomba injetora em casos de acesso venoso central para 150 PSI.

Fonte: Adaptado de SILVA, 2010.

Quadro 4: Parâmetros de angiografia pulmonar por tomografia computadorizada, considerando-se o biotipo

Biotipo	Volume de contraste (em ml)	Valor do disparo (em unidades Hounsfield)	Acesso venoso	Dose de radiação	Número de aquisições
Eutrófico ou sobrepeso	60	110	18 G	Padrão	2
Obesidade grau I e II	65	120	18 G	Ajuste para biotipo*	2
Obesidade grau III (mórbida)	65	130	18 G	Ajuste máximo para biotipo*	2

* Aparelhos de tomografia computadorizada com modulação automática de dose possuem protocolos adicionais direcionados para pacientes com obesidade, com aumento mínimo da dose de radiação necessário para aquisição de imagens adequadas para o diagnóstico.

Fonte: Adaptado de SILVA, 2010.

4.2 Manual para análise de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada

Manual para auxiliar no direcionamento do médico radiologista na análise do exame de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada e elaborar laudo especializado para avaliação de hipertensão pulmonar tromboembólica crônica:

4.2.1 Revisão da história clínica do paciente (acessar prontuário se possível);

4.2.2 Ajuste da largura e níveis da janela de exibição durante o estudo das imagens para otimizar a visualização das alterações (três níveis distintos direcionados para avaliação pulmonar, mediastinal/cardíaca e vascular/pesquisa de embolia pulmonar). Optamos pela sugestão abaixo (WITTRAM, 2007; DELCROIX, 2021), no entanto, ajustes pessoais são possíveis:

- análise pulmonar: largura 1.500 UH; nível -800 a -600 UH;
- análise mediastinal/cardíaca: largura 350 UH; nível 40 UH;
- análise vascular/pesquisa de embolia pulmonar: largura 700 UH; nível 100 UH.

4.2.3 Análise e descrição dos achados do exame, utilizando preferencialmente modelo de laudo específico para esta patologia (tópico 4.3). Destacando-se alguns dos seguintes parâmetros:

4.2.3.1 Análise da qualidade técnica do exame, com ênfase na contrastação adequada de artérias pulmonares. Em caso de técnica inadequada, com contrastação insatisfatória, recomenda-se descrever até qual nível arterial foi possível avaliar adequadamente (artérias principais, lobares, segmentares ou subsegmentares) e avaliar a possível causa da limitação na qualidade técnica, podendo-se considerar inicialmente as seguintes possibilidades: dificuldade de acesso venoso, biotipo, síndrome do desfiladeiro torácico, manobra de Valsalva, cardiopatia grave ou dispneia);

4.2.3.2 Estudo de todas as artérias pulmonares individualmente, sendo importante o conhecimento detalhado da anatomia destas artérias, assim como das possíveis variações anatômicas, destacando-se o lobo superior esquerdo com maior variabilidade, podendo apresentar entre dois e sete ramos arteriais (LANG, 2023).

Recomendamos inicialmente o uso de referência anatômica da literatura, conforme anexos neste estudo, havendo duas formas de descrição da vasculatura pulmonar, uma delas utilizando nomenclatura baseada na localização anatômica dos segmentos pulmonares (anexo 1) e outra utilizando numeração baseada na rotulagem da árvore brônquica (anexo 2) (LANG, 2023), sendo a preferência variável de acordo com cada instituição.

Durante a análise das imagens, sugere-se a avaliação de cada artéria individualmente em toda sua extensão, até suas ramificações mais distais, repetindo esta etapa até a verificação de todas as artérias pulmonares. As imagens devem ser analisadas nos planos, axial, coronal e sagital, podendo ainda ser utilizadas reconstruções oblíquas com orientação direcionada ao eixo longitudinal da artéria. As reformatações multiplanares devem ser utilizadas para auxiliar na confirmação das lesões e diferenciação de outros achados que podem mimetizar embolia pulmonar (WITTRAM, 2007). A ferramenta de projeção de intensidade máxima (MIP) deve ser utilizada com espessuras variáveis, podendo contribuir para mapeamento das artérias. A avaliação das artérias pulmonares neste roteiro está direcionada para a investigação de lesões intravasculares relacionadas a tromboembolismo pulmonar crônico, no entanto, atenção também deve ser dada aos possíveis diagnósticos diferenciais de outras causas de obstruções em artérias pulmonares (NISHIYAMA, 2018; SIMONNEAU, 2019; HAHN, 2022), entre elas podemos citar:

- Embolia pulmonar aguda (quadro 5 em anexo com resumo da diferenciação entre embolia pulmonar aguda e crônica);
- Trombo *in situ* como complicação de hipertensão arterial pulmonar, lembrando ainda do trombo *in situ* secundário à esquistossomose pulmonar;
- Sarcoma ou angiossarcoma de artéria pulmonar;

- Outros tumores malignos: carcinoma renal, uterino, tumores de células germinativas do testículo;
- Tumores não malignos: leiomioma uterino;
- Vasculite;
- Estenoses congênitas da artéria pulmonar;
- Parasitose: hidatidose;
- Mediastinite fibrosante.

4.2.3.3 Descrição de todas as lesões vasculares identificadas, incluindo a localização anatômica, podendo ser realizada uma lista com as artérias comprometidas, assim como a caracterização da morfologia da falha de enchimento (anexo 3) (KAWAKAMI, 2016; AN, 2022; LANG, 2023):

- Tipo A: lesões tipo anel, determinando estenose concêntrica;
- Tipo B: rede: pode se apresentar em configurações diferentes, com redes complexas ou falhas longitudinais;
- Tipo C: oclusão subtotal: contínua ou descontínua;
- Tipo D: oclusão total: tipo bolsa ou oclusão ostial;
- Tipo E: lesões tortuosas: oclusões em pequenos vasos (com diâmetro inferior a 2 mm) altamente tortuosos, distais às artérias subsegmentares (para lesões tipo E, a APTC apresenta baixa sensibilidade).

Achados adicionais devem ser descritos, entre eles: estreitamento do calibre da artéria acometida, dilatação pós estenótica, espessamento irregular da parede arterial ou calcificações (NISHIYAMA, 2018);

4.2.3.4 Pesquisa de sinais de hipertensão pulmonar, destacando-se a medida do calibre do tronco da artéria pulmonar (valor de referência: normal até 29 mm).

Uma alternativa à esta medida pode ser a comparação do calibre do tronco da artéria pulmonar com o calibre da aorta ascendente, devendo-se considerar alterado quando o calibre do tronco da artéria pulmonar estiver superior ao da aorta ascendente, indicando a possibilidade de hipertensão pulmonar (anexo 6) (NISHIYAMA, 2018; RAJARAM, 2015);

4.2.3.5 Avaliação cardíaca: pesquisa de sinais indicadores de hipertensão pulmonar (AN, 2022; JUNG, 2022; BOON, 2021; FATHALA; ALDURABI, 2021; NISHIYAMA, 2018; BAQUE-JUSTON MC, 1999; SWIFT, 2020; LIU, 2023). A análise deve ser direcionada para avaliação dos seguintes itens:

a) Dimensões cardíacas:

- Átrio direito aumentado: avaliação visual através da comparação com átrio esquerdo;
- Ventrículo direito aumentado: mensuração da relação VD/VE (ventrículo direito/ventrículo esquerdo): valor maior que 1 indica alteração. Imagens demonstrativas no anexo 4.
- Hipertrofia de ventrículo direito: parede livre com espessura igual ou superior a 6 mm;

b) Pericárdio: avaliar a presença de derrame ou espessamento pericárdico;

c) Septo interventricular: a retificação ou curvatura para esquerda do septo representam achados indicativos de hipertensão pulmonar. Imagens demonstrativas no anexo 5;

Observação: os dados fornecidos pelo método não incluem detalhamento para investigação de todas as patologias cardíacas (para avaliação cardíaca específica deve ser realizado estudo direcionado, habitualmente ressonância magnética cardíaca);

4.2.3.6 Análise do parênquima pulmonar, destacando-se a pesquisa de achados relacionados a hipertensão pulmonar e tromboembolismo pulmonar crônico: o principal sinal é a perfusão pulmonar em mosaico. Outras alterações também podem ser secundárias à HPTEC, entre elas: cicatrizes devido a infartos pulmonares, representadas principalmente por bandas parenquimatosas e opacidades em cunha (DOĞAN, 2015; FATHALA; ALDURABI, 2021; NISHIYAMA, 2018). Entre as alterações pulmonares associadas à hipertensão pulmonar de forma inespecífica, podemos citar: micronódulos centrolobulares, neovascularização periférica e áreas lobulares de atenuação em vidro fosco (REMY-JARDIN, 2021);

4.2.3.7 Investigação de vasos colaterais: artérias brônquicas dilatadas (diâmetro superior a 2 mm) e tortuosas ou artérias não brônquicas (pleurais, intercostais, frênicas ou mamárias internas) (DOĞAN, 2015; BOON, 2021; NISHIYAMA, 2018).

4.3 Sugestão de Modelo de Laudo

Sugestão de modelo de laudo de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada para pesquisa de tromboembolismo pulmonar crônico com hipertensão pulmonar (os destaques em vermelho serão de preenchimento pelo médico):

ANGIOGRAFIA PULMONAR POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

A Indicação clínica:

Preenchimento pelo médico.

B Considerações técnicas:

1 Foram realizados cortes axiais de ... mm de espessura em aparelho de múltiplos detectores (... canais), durante e após a injeção venosa de contraste iodado não-iônico através de bomba injetora.

2 O estudo é tecnicamente (adequado ou inadequado*) para avaliação das artérias pulmonares.

* Se tecnicamente inadequado:

- Descrever até qual nível de artérias foi possível analisar:

Foi possível avaliar adequadamente até o nível de artérias pulmonares: principais/lobares/segmentares / subsegmentares.

- Descrever o motivo, caso possível (exemplos: dificuldade de acesso venoso, biotipo, síndrome do desfiladeiro torácico, manobra de Valsalva, cardiopatia grave).

C Aspectos observados:

3 ARTÉRIAS PULMONARES:

3.1 A artéria pulmonar principal mede ... mm (valor de referência normal até 29 mm ou diâmetro inferior à aorta ascendente).

3.2 Tronco da artéria pulmonar, artérias pulmonares principais, lobares e ramos segmentares avaliados sem evidências tomográficas de defeitos de enchimento.

3.3 Se houver defeitos de enchimento:

- Descrever a localização anatômica: **tronco da artéria pulmonar, artéria pulmonar direita ou esquerda, interlobar, lobar, segmentar ou subsegmentar**. Os anexos 1 e 2 são recomendados como referência da descrição anatômica.

- Descrever a característica do trombo, conforme ilustrado no anexo 3:

- **Tipo A: lesões tipo anel, excêntricas;**
- **Tipo B: rede;**
- **Tipo C: oclusão subtotal;**
- **Tipo D: oclusão total;**
- **Tipo E: lesões tortuosas (pequenos vasos distais às artérias subsegmentares).**

- Descrever achados adicionais: características dos vasos pulmonares (estreitamento, dilatação pós estenótica, calcificações associadas).

4 CORAÇÃO:

4.1 Dimensão cardíaca:

- Átrio direito aumentado (avaliação visual): **sim ou não;**
- Ventrículo direito aumentado (relação VD/VE maior que 1): **sim ou não;**
- Hipertrofia de ventrículo direito (parede livre com espessura igual ou superior a 6 mm): **sim ou não;**

4.2 Derrame ou espessamento pericárdico: **sim ou não;**

4.3 Retificação ou curvatura para esquerda do septo interventricular: **sim ou não.**

5 PULMÃO:

5.1 Perfusão em mosaico: **descrever se estiver presente;**

5.2 Outros achados: descrever.

6 TRAQUEIA E BRÔNQUIOS PRINCIPAIS:

6.1 Pérvios.

7 ESPAÇO PLEURAL:

7.1 Ausência de derrame pleural.

8 LINFONODOS:

8.1 Ausência de linfonodomegalias mediastinais.

9 ACHADOS ADICIONAIS:

9.1 Descrição de vasos colaterais se estiverem presentes: dilatação de artérias brônquicas ou não brônquicas (melhor avaliadas na fase em que há contraste na aorta);

9.2 Outros achados: descrever.

D Conclusão

10 Ausência de sinais de tromboembolismo pulmonar.

11 Achados compatíveis com tromboembolismo pulmonar crônico com hipertensão pulmonar.

12 Achados compatíveis com tromboembolismo pulmonar crônico sem sinais de hipertensão pulmonar.

13 Achados compatíveis com tromboembolismo pulmonar agudo.

14 Concluir livremente outros achados.

5 CONCLUSÕES

As diretrizes internacionais atuais reforçam a importância do exame de Angiografia Pulmonar por Tomografia Computadorizada na investigação de HPTEC, assim como sua relevância na decisão terapêutica e planejamento cirúrgico destes pacientes. A excelência dos estudos de APTC é determinante no diagnóstico desta patologia e na busca por este objetivo, ressalta-se a necessidade do treinamento de equipe médicas de radiologia na aquisição e análise das imagens, assim como na elaboração do relatório médico.

O estudo desenvolvido neste mestrado profissional fornece recomendações para a realização de APTC de forma detalhada, seguindo as mesmas, haverá um aumento da probabilidade de obtenção de exames de alta acurácia diagnóstica no contexto de hipertensão pulmonar tromboembólica crônica.

Próximas etapas:

- Divulgação do Roteiro em hospitais referência no atendimento de HPTEC, tendo como intuito treinar as equipes médicas de radiologia;
- Implantação de um POP, que irá incluir: os parâmetros relacionados à aquisição das imagens de APTC para avaliação de HPTEC, o manual para o médico radiologista analisar o exame e a sugestão de modelo de laudo de APTC com ênfase na avaliação de HPTEC. Este POP será inicialmente implantado no Hospital Julia Kubitschek em Belo Horizonte - MG, integrante da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (FHEMIG), considerando-se que este possui ambulatório especializado em doenças pulmonares graves com atendimento de pacientes com HPTEC. A possibilidade de implantação deste POP em outros serviços com atendimento de doenças pulmonares graves no estado de Minas Gerais será considerada.

6 REFERÊNCIAS

- AL ABRI, Q. E. A. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a comprehensive review and multidisciplinary approach to surgical treatment. **Methodist DeBakey Cardiovascular Journal**, Houston, Texas, 1 Jul 2021. e18-e28.
- AN, J. E. A. Acute Pulmonary Embolism and Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Clinical and Serial CT Pulmonary Angiographic Features. **Journal of Korean Medical Science**, 2022.
- BAQUE-JUSTON MC, E. A. Pericardial thickening or effusion in patients with pulmonary arterial hypertension: CT study. **Am J Roentgenol.** , 1999.
- BOON, G. J. E. A. Identification of chronic thromboembolic pulmonary hypertension on CTPAs performed for diagnosing acute pulmonary embolism depending on level of expertise. **European Journal of Internal Medicine**, November 2021. 64-70.
- COLAK, E. E. A. The RSNA pulmonary embolism CT dataset. . **Radiology: Artificial Intelligence**, 20 January 2021. e200254.
- DELCROIX, M. E. A. ERS statement on chronic thromboembolic pulmonary hypertension. **European Respiratory Journal**, 2021.
- DOĞAN, H. E. A. The role of computed tomography in the diagnosis of acute and chronic pulmonary embolism. **Diagnostic and Interventional Radiology**, 1 July 2015. 307.
- DONG, C. E. A. Diagnostic accuracy of computed tomography for chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a systematic review and meta-analysis. **PLoS One**, 2015. e0126985.
- FATHALA, A.; ALDURABI, A. Frequency of computed tomography abnormalities in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a comparative study between lung perfusion scan and computed tomography pulmonary angiography. **Multidisciplinary Respiratory Medicine**, 2021.
- FEDULLO P, K. K. K. N. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. **American journal of respiratory and critical care medicine**, 2011. 1605-1613.
- FERNANDES, C. J. C. D. S. E. A. Recomendações para o diagnóstico e tratamento da hipertensão pulmonar tromboembólica crônica da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia . **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, 2020.
- GALIÈ, N. E. A. 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): endor. **European heart journal**, 2015.
- GUERIN L, C. F. P. F. E. A. Prevalence of chronic thromboembolic pulmonary hypertension after acute pulmonary embolism. **Thromb Haemost**, 2014. 598-605.

HAHN, L. D. E. A. Multidisciplinary Approach to Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Role of Radiologists. **RadioGraphics**, 2022.

HE, J. E. A. Diagnosis of chronic thromboembolic pulmonary hypertension: comparison of ventilation/perfusion scanning and multidetector computed tomography pulmonary angiography with pulmonary angiography. **Nuclear medicine communications**, 2012.

HUMBERT, M. E. A. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: Developed by the task force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS). **European heart journal**, 2022. 3618-3731.

JUNG, M.-H. E. A. Clinical Presentations and Multimodal Imaging Diagnosis in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. **Journal of Clinical Medicine**, 2022. 6678.

KANDATHIL, A.; CHAMARTHY, M. Pulmonary vascular anatomy & anatomical variants. **Cardiovascular diagnosis and therapy**, 2018. 201.

KAWAKAMI, T. E. A. Novel angiographic classification of each vascular lesion in chronic thromboembolic pulmonary hypertension based on selective angiogram and results of balloon pulmonary angioplasty. **Circulation: Cardiovascular Interventions**, 2016.

KIM, N. H. . M. D. E. A. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. **Journal of the American College of Cardiology**, 2019.

KIM, N. H. E. A. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. **Journal of the American College of Cardiology**, 2013. D92-D99.

KLIGERMAN, E. A. Optimizing the diagnosis and assessment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension with advancing imaging modalities. **Pulmonary circulation**, La Jolla, CA, USA, 24 MAY 2021. 20458940211007375.

KLOK FA, D.-D. O. K. M. A. Derivation of a clinical prediction score for chronic thromboembolic pulmonary hypertension after acute pulmonary embolism. **J Thromb Haemost**, 2016. 121-128.

LAMBERT, E. A. The diagnostic performance of CT pulmonary angiography in the detection of chronic thromboembolic pulmonary hypertension—systematic review and meta-analysis. **European Radiology**, 2022. 7927-7935.

LANG, I. M. E. A. Balloon pulmonary angioplasty for chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a clinical consensus statement of the ESC working group on pulmonary circulation and right ventricular function. **European heart journal**, 2023. 2659-2671.

LEVEY, A. S. E. A. A new equation to estimate glomerular filtration rate. **Annals of internal medicine**, 2009. 604-612.

LEY, S. E. A. Diagnostic performance of state-of-the-art imaging techniques for morphological assessment of vascular abnormalities in patients with chronic

thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). **European radiology**, 2012. 607-616.

LIU, A. E. A. Cardiovascular metrics on CT pulmonary angiography in patients with pulmonary hypertension—re-evaluation under the updated guidelines of pulmonary hypertension. **Insights into Imaging**, 2023.

MADANI, M. E. A. Pulmonary endarterectomy. Patient selection, technical challenges, and outcomes. **Annals of the American Thoracic Society**, 2016.

MCINNIS, M. C. E. A. Importance of computed tomography in defining segmental disease in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. **ERJ Open Research**, 2020.

NISHIYAMA, K. H. E. A. Chronic pulmonary embolism: diagnosis. **Cardiovascular diagnosis and therapy**, 8 Jun 2018. 253–271.

RAJARAM, S. E. A. CT features of pulmonary arterial hypertension and its major subtypes: a systematic CT evaluation of 292 patients from the ASPIRE Registry. **Thorax**, 2015. 382-387.

REICHEL, A. E. A. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: evaluation with 64-detector row CT versus digital subtraction angiography. **European journal of radiology**, 2009.

REMY-JARDIN, M. E. A. Imaging of pulmonary hypertension in adults: a position paper from the Fleischner Society. **Radiology**, 2021. 531-549.

SILVA, C. I. S. **Tórax série colégio brasileiro de radiologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SIMONNEAU, G. E. A. Haemodynamic definitions and updated clinical classification of pulmonary hypertension. **European respiratory journal**, 2019.

SIRAJUDDIN, A. E. A. ACR Appropriateness Criteria® suspected pulmonary hypertension. **Journal of the American College of Radiology**, 2017.

SWIFT, A. J. E. A. Diagnostic accuracy of CT pulmonary angiography in suspected pulmonary hypertension. **European radiology**, 2020.

WANG, C. E. E. **ACR Manual on Contrast Media 2023**. [S.l.]: American College of Radiology, 2023.

WANG, M. E. A. Comparison of V/Q SPECT and CT angiography for the diagnosis of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. **Radiology**, 2020. 420-429.

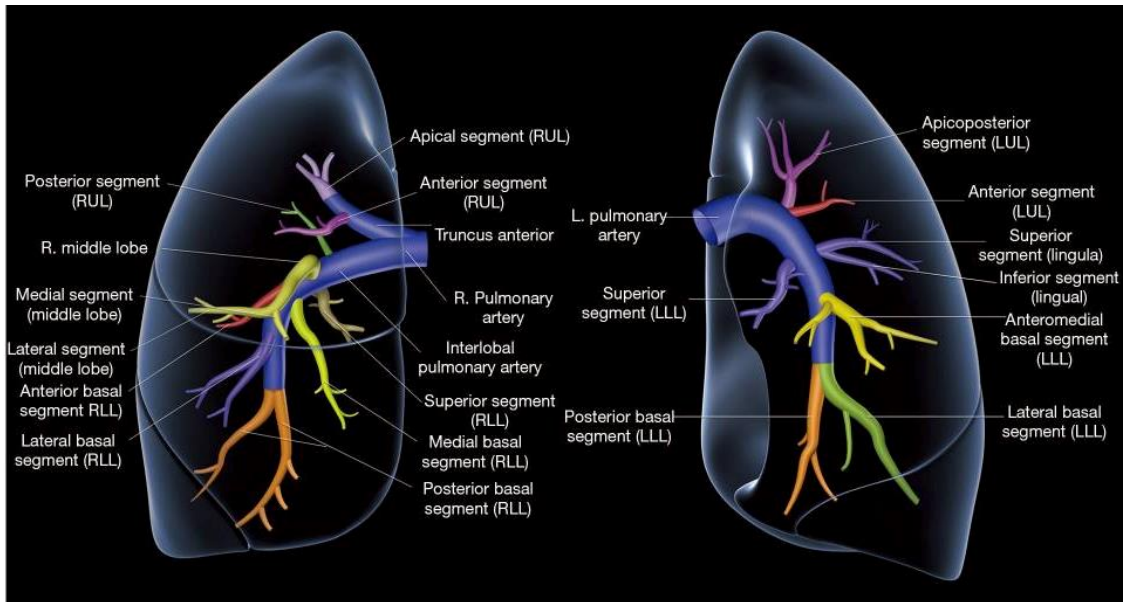
WIRTH, G. E. A. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH)—potential role of multidetector-row CT (MD-CT) and MR imaging in the diagnosis and differential diagnosis of the disease. **RöFo-Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren**, 2014. 751-761.

WITTRAM, C. How I do it: CT pulmonary angiography. **AJR Am J Roentgenol**, 2007. 1255-1261.

7 ANEXOS

Anexo 1

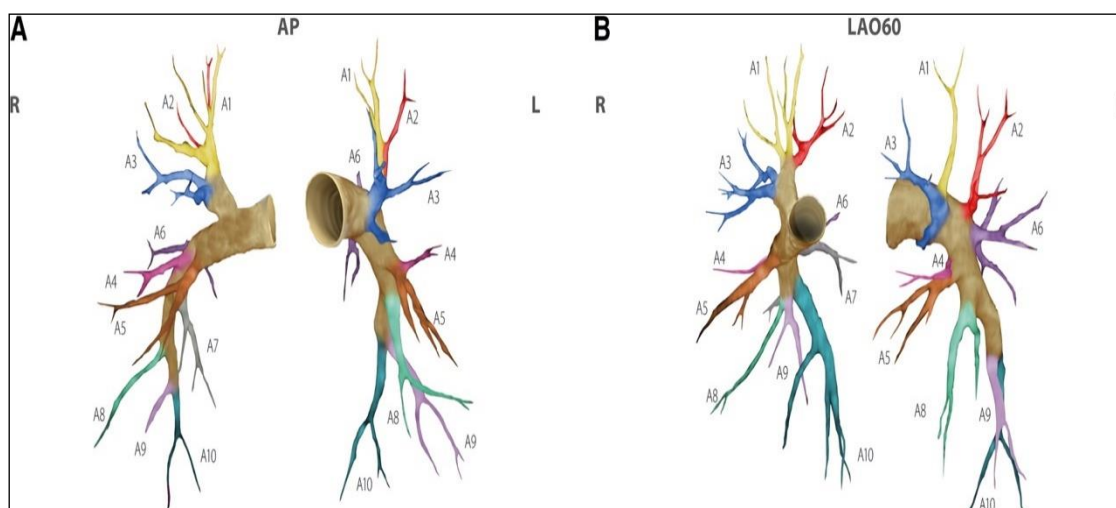
Figura 13: Desenho das artérias pulmonares com nomenclatura anatômica



Fonte: KANDATHIL e CHAMARTHY, 2018 ([10.21037/cdt.2018.01.04](https://doi.org/10.21037/cdt.2018.01.04)).

Anexo 2

Figura 14: Classificação anatômica da árvore vascular pulmonar e nomes dos segmentos. Desenho com a classificação anatômica de artérias pulmonares baseada na rotulagem da árvore brônquica, utilizando a letra A e números



Legenda complementar para figura 14:

Anatomia de acordo com tomografia computadorizada de um voluntário saudável.

Os segmentos são codificados por cores:

A: projeção anteroposterior;

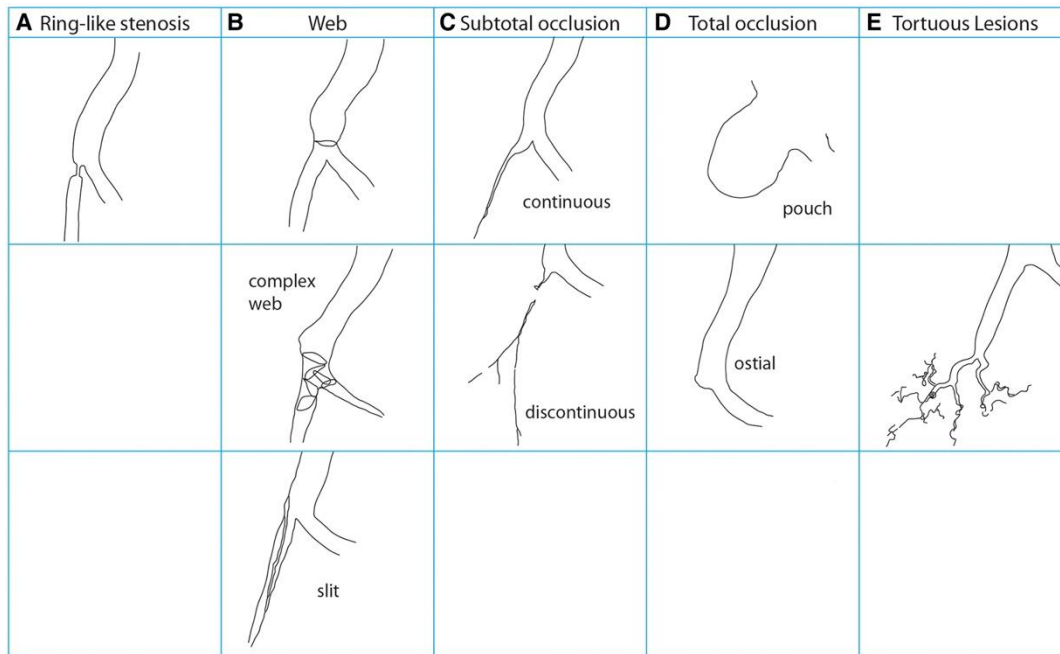
B: projeção oblíqua anterior esquerda (OAE) de 60°.

O segmento A7 do lado esquerdo é variável, se presente, ocorre tipicamente em um ramo comum com A8.

Fonte: LANG, 2023 (<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad413>).

Anexo 3

Figura 15: Lesões vasculares de HPTEC



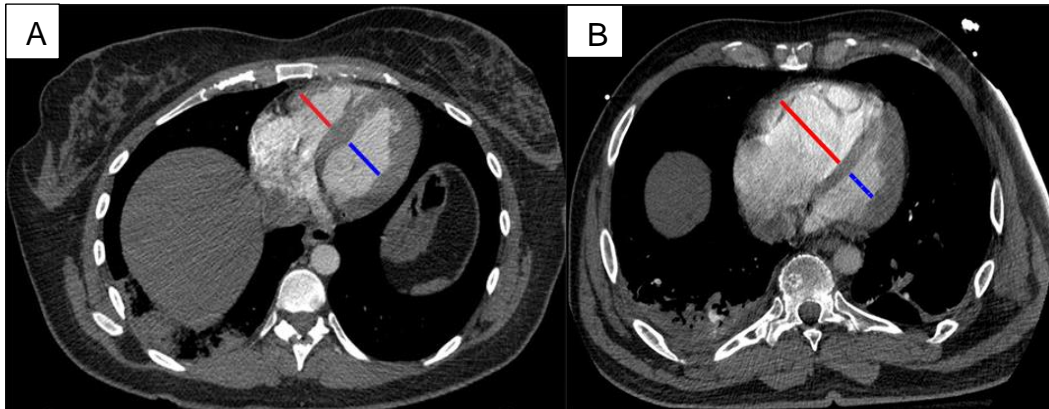
Fonte: LANG, 2023 (<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad413>).

Anexo 4

Figura 16: Imagens de APTC demonstrando relação ventrículo direito e ventrículo esquerdo

A: Relação ventrículo direito/ ventrículo esquerdo normal ($VD/VE < 1$);

B: Relação ventrículo direito e esquerdo anormal ($VD/VE \geq 1$), indicando sobrecarga do ventrículo direito



Fonte: COLAK, 2021.

Anexo 5

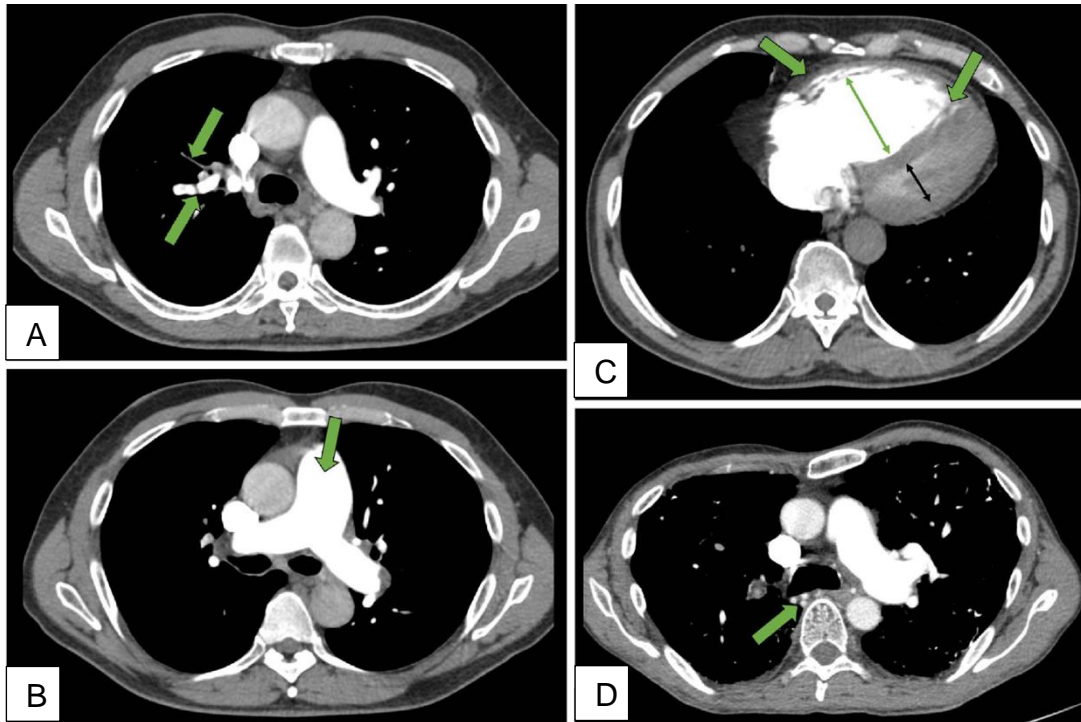
Figura 17: Imagens de APTC no contexto de HPTEC

A: rede intraluminal e retração arterial;

B: dilatação da artéria pulmonar;

C: achatamento do septo interventricular, hipertrofia de VD e relação VD/VE >1;

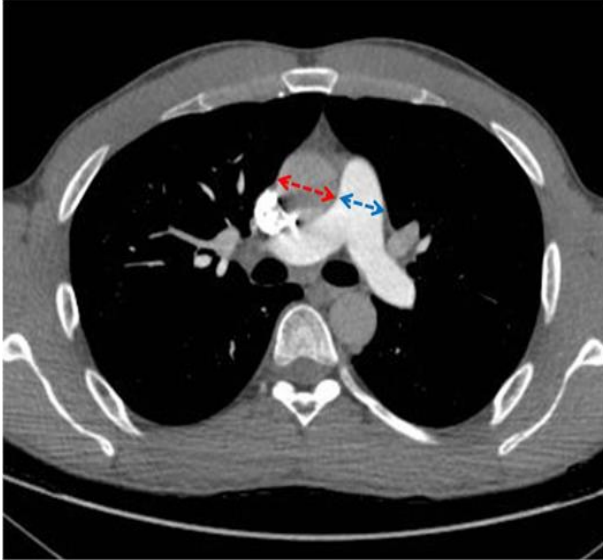
D: artérias brônquicas dilatadas



Fonte: BOON, 2021.

Anexo 6

Figura 18: Imagem de APTC com demonstração da medida da proporção entre o diâmetro transverso da artéria pulmonar (azul) e da aorta ascendente (vermelho)



Fonte: RAJARAM, 2015.

Anexo 7

Quadro 5: Diferenciação entre tromboembolismo pulmonar agudo e crônico: achados em angiografia pulmonar por tomografia computadorizada

Achados de APTC	Agudo	Crônico
Sinais vasculares	Falha de enchimento central ou excêntrica, calibre preservado da artéria ou expandido	Falhas de enchimento em forma de anel, teia/banda, amputação ou estreitamento do calibre do vaso, trombo calcificado
Vasos colaterais	Ausentes	Dilatação de artérias sistêmicas brônquicas ou não brônquicas
Sinais de hipertensão pulmonar	Podem estar presentes, no entanto, sem hipertrofia ventricular direita	Habitualmente presentes
Alterações parenquimatosas	Infarto pulmonar (sinal do halo invertido)	Atenuação pulmonar em mosaico, cicatrizes pulmonares de infartos prévios

Fonte: NISHIYAMA, 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone (11) 2810-1570 ou (11) 2810-1572
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://mprofissional.ipen.br>

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Governo do Estado de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) do Governo Federal.
