

# Irregularidades vasculares na COVID-19: achados na angiotomografia computadorizada pulmonar

*Vascular irregularities in COVID-19: findings on computed tomography pulmonary angiography*

Luiz Felipe Nobre<sup>1,a</sup>, Sérgio Ferreira Alves Júnior<sup>2,b</sup>, Elazir Barbosa Di Puglia<sup>2,c</sup>, Rosana Rodrigues<sup>2,3,d</sup>, Gláucia Zanetti<sup>2,e</sup>, Edson Marchiori<sup>2,f</sup>

1. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil. 2. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 3. Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Correspondência: Dr. Edson Marchiori. Rua Thomaz Cameron, 438, Valparaíso. Petrópolis, RJ, Brasil, 25685-120. E-mail: edmarchiori@gmail.com.

a. <https://orcid.org/0000-0002-1878-1170>; b. <https://orcid.org/0000-0002-3284-684X>; c. <https://orcid.org/0000-0003-3683-697X>;

d. <https://orcid.org/0000-0002-9952-3834>; e. <https://orcid.org/0000-0003-0261-1860>; f. <https://orcid.org/0000-0001-8797-7380>.

Submetido em 3/6/2024. Revisado em 12/8/2024. Aceito em 26/8/2024.

Como citar este artigo:

Nobre LF, Alves Júnior SF, Di Puglia EB, Rodrigues R, Zanetti G, Marchiori E. Irregularidades vasculares na COVID-19: achados na angiotomografia computadorizada pulmonar. Radiol Bras. 2024;57:e20240054.

**Resumo Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar as características e o significado do sinal das irregularidades parietais vasculares observado nas angiotomografias computadorizadas de artérias pulmonares de pacientes com pneumonia por COVID-19.

**Materiais e Métodos:** Foram revisados, retrospectivamente, os achados angiotomográficos de 65 pacientes com diagnóstico de COVID-19. A amostra incluiu 27 mulheres e 38 homens, com idade entre 20 e 86 anos (mediana de 52 anos). O diagnóstico de COVID-19 foi estabelecido por meio de teste molecular RT-PCR para SARS-CoV-2.

**Resultados:** O sinal das irregularidades parietais vasculares foi observado em 50 dos 65 pacientes com COVID-19 (76,9%), sendo predominantemente misto (arterial e venoso) (n = 43/50; 86%), subsegmentar (n = 50/50; 100%) e segmentar (n = 13/50; 26%), bilateral (n = 46/50; 92%), comprometendo de 4 ou 5 lobos (n = 35/50; 70%) e, principalmente, encontrado no lobo inferior direito (n = 46/50; 92%), seguido do lobo inferior esquerdo (n = 44/50; 88%).

**Conclusão:** O sinal das irregularidades parietais vasculares é um sinal bastante frequente de comprometimento vascular em pacientes com COVID-19.

**Unitermos:** COVID-19; Vírus; Doenças vasculares; Tomografia computadorizada por raios X.

**Abstract Objective:** The purpose of this study was to evaluate the characteristics and meaning of the vessel wall irregularities sign, observed on computed tomography angiography of the pulmonary arteries of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia.

**Materials and Methods:** This retrospective study of the computed tomography pulmonary angiography findings of 65 patients diagnosed with COVID-19 included 27 women and 38 men, with a median age of 52 years (range, 20–86 years). The diagnosis of COVID-19 was established through reverse transcription-polymerase chain reaction for infection with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2.

**Results:** The vessel wall irregularities sign was observed in 50 (76.9%) of the 65 patients with COVID-19. Among those 50 patients, the vascular involvement was predominantly mixed (arterial and venous) in 43 (86%), subsegmental in all 50 (100%), segmental in 13 (26%), bilateral in 46 (92%), affecting 4–5 lobes in 35 (70%), mainly in the right lower lobe in 46 (92%), and mainly in the left lower lobe in 44 (88%).

**Conclusion:** The vessel wall irregularities is a prevalent sign of vascular involvement in patients with COVID-19.

**Keywords:** COVID-19; Virus diseases; Vascular diseases; Tomography, X-ray computed.

## INTRODUÇÃO

Desde o início da pandemia causada pelo coronavírus de 2019 (COVID-19), inúmeros estudos foram conduzidos para avaliar os achados de imagem na infecção pulmonar causada pelo vírus, mais especificamente com a tomografia computadorizada do tórax. As opacidades em vidro fosco bilaterais, o padrão de pavimentação em mosaico e as consolidações de espaço aéreo com distribuição periférica e basal predominante foram assim estabelecidos como os padrões mais comumente encontrados em pacientes com o diagnóstico de pneumonia na COVID-19<sup>(1-4)</sup>.

Além do aspecto pneumônico causado pelo SARS-CoV-2, corre em paralelo um segundo âmbito de interesse e foco de pesquisa ainda não completamente definido: o

estado pró-trombótico da coagulopatia presente na COVID-19<sup>(5)</sup>. Diversos relatos de caso e algumas análises retrospectivas reportaram as complicações trombóticas na COVID-19, a maioria das quais do tipo embolia pulmonar, em um número considerável de pacientes<sup>(6,7)</sup>. A partir disso, a associação entre infecção pelo SARS-CoV-2 e embolia pulmonar, trombose microvascular pulmonar, coagulação intravascular disseminada, níveis elevados de D-dímero e trombose venosa profunda vem sendo pauta de investigação e debate<sup>(6,8)</sup>. Especula-se que a inflamação endotelial e a vasoconstrição pulmonar hipóxica sejam os promotores da trombose pulmonar<sup>(5,9,10)</sup>. O mecanismo patológico causador da embolia/trombose pulmonar na COVID-19 permanece, contudo, obscuro.

Mesmo diante da importância dessa doença de dimensão pandêmica, relatos detalhados dos achados morfológicos vasculares pulmonares na COVID-19 observados na angiotomografia computadorizada pulmonar (ATCP) ainda são escassos na literatura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características e o significado de uma das alterações na vascularização pulmonar observada em pacientes com pneumonia por COVID-19: as irregularidades nas paredes dos vasos mais periféricos, tanto arteriais como venosos, que denominamos sinal das irregularidades parietais vasculares (SIPV), e definir se há diferença entre as características deste sinal na COVID-19, em comparação com pacientes com tromboembolismo pulmonar (TEP) sem infecção pelo SARS-CoV-2.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado estudo de coorte, observacional e retrospectivo, das imagens de ATCP de 172 pacientes com suspeita de TEP, tendo sido avaliados 94 exames de pacientes diagnosticados com COVID-19 e 78 exames de pacientes com diagnóstico de TEP sem COVID-19. Os pacientes foram estudados nos hospitais da Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Federal do Rio de Janeiro (coorte com COVID) e no centro de imagem da Rede D'Or (RJ) (coorte TEP sem COVID), com protocolo específico para TEP. Esta pesquisa seguiu as normas éticas de pesquisa em seres humanos vigentes, sendo garantida a confidencialidade e o sigilo dos dados dos participantes. Este projeto foi aprovado pelo sistema CEP-CONEP com CAAE No 29496920.8.0000.5262.

A qualidade técnica dos exames de ambos os grupos foi considerada para a seleção dos exames adequados para avaliação, sendo excluídos os exames que apresentaram: ausência de boa coluna de contraste (média de 250 UH no tronco da artéria pulmonar); presença de artefatos de movimento ou respiração; não inclusão de todo o campo pulmonar nas imagens DICOM.

As 94 ATCPs dos pacientes com COVID-19 foram realizadas durante a primeira onda da infecção, período correspondente de fevereiro de 2020 a novembro de 2020. Das 94 ATCPs do grupo de pacientes com COVID-19, 29 foram excluídas do estudo por qualidade técnica insatisfatória. Das 78 ATCPs do grupo sem COVID-19, 15 foram excluídas pelo mesmo motivo. Assim, finalizamos e calculamos os resultados estatísticos com 65 ATCPs com COVID-19 (coorte COVID+) e 63 ATCPs com TEP sem COVID-19 (coorte COVID-/TEP+).

O diagnóstico de TEP foi baseado nos critérios de imagem observados na ATCP, já consolidados e estabelecidos na literatura radiológica<sup>(11)</sup>. O diagnóstico de COVID-19 foi baseado na história clínica e confirmação pelo teste molecular RT-PCR para SARS-CoV-2, em conformidade com as diretrizes existentes<sup>(12-14)</sup>.

Os exames foram realizados em três tomógrafos multidetectores Activion de 16 canais (Toshiba, Tokio, Japão),

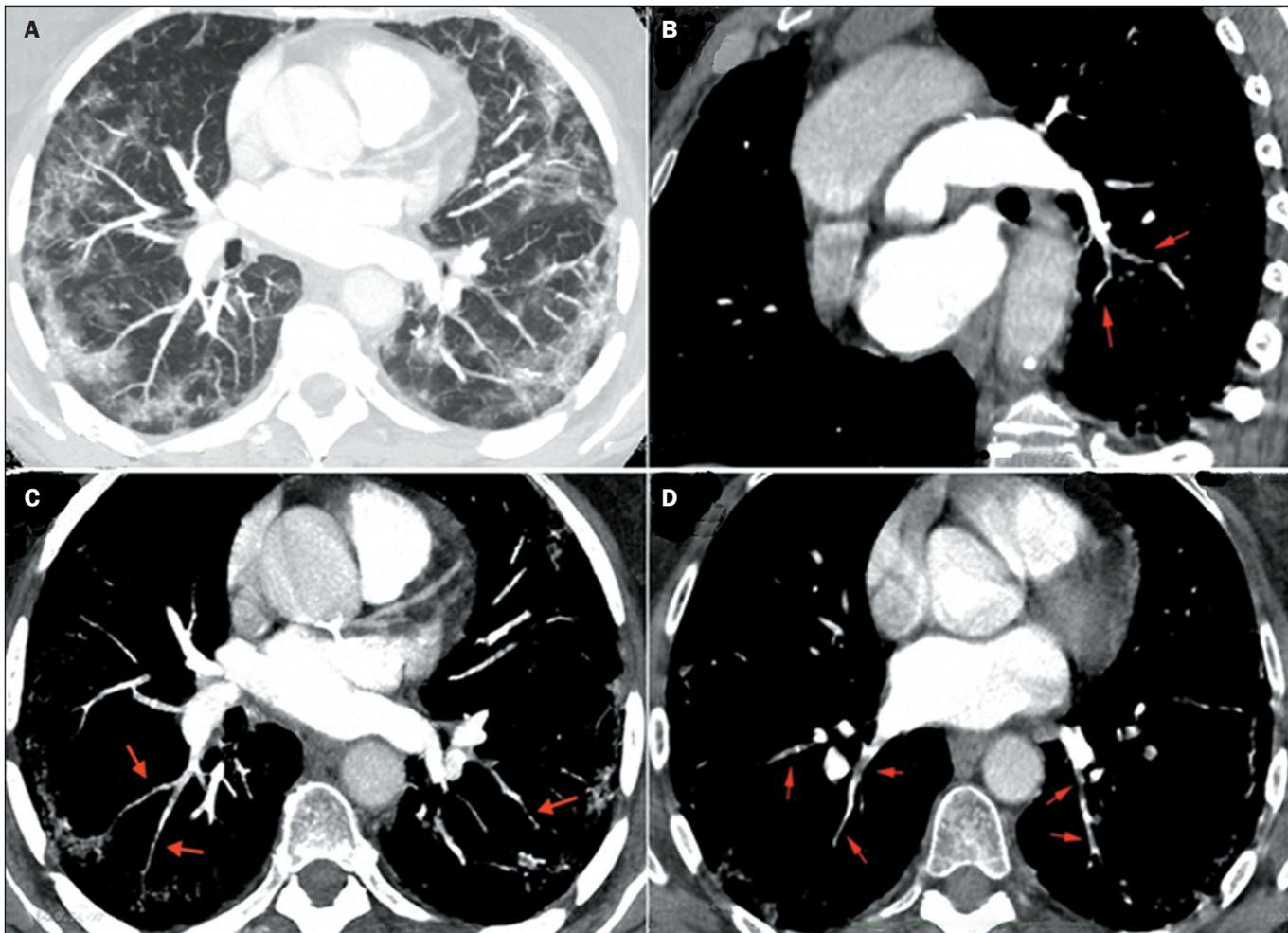
tensão de 120 kV, carga com modulação automática de corrente, *spiral pitch* de 0,828, espessura de corte de 1,0 mm, intervalo entre cortes de 0,8 mm, rotação de tubo em 0,5 s, filtro *standard*, disparo automático programado para leitura do contraste com valor de 80 HU no tronco da artéria pulmonar e varredura no sentido caudocranial com os pacientes em apneia em inspiração profunda. Foi feita infusão intravenosa de contraste iodado não iônico de baixa osmolaridade Omnipaque 300 (GE Healthcare, Chicago, EUA), por bomba injetora de contraste Stellant D (Medrad, Warrendale, EUA), com fluxo de 3 a 5 mL/s e volume total infundido de 70 a 100 mL, se possível no braço direito. Além das sequências convencionais, foram realizadas reformatações multiplanares coronais e sagitais, tendo sido todas as ATCPs avaliadas com projeção de intensidade máxima (MIP) entre 30 e 40 mm. Um limiar de contrastação de artéria pulmonar de pelo menos 250 UH foi considerado como ideal para avaliação dos casos.

Foram estudados a presença do SIPV, o setor vascular acometido (arterial, venoso, misto [arterial e venoso]), o local do SIPV (central, lobar, segmentar, subsegmentar) e sua lateralidade (bilateral, só à direita ou só à esquerda) e a quantidade de lobos acometidos (1; 2 ou 3; 4 ou 5).

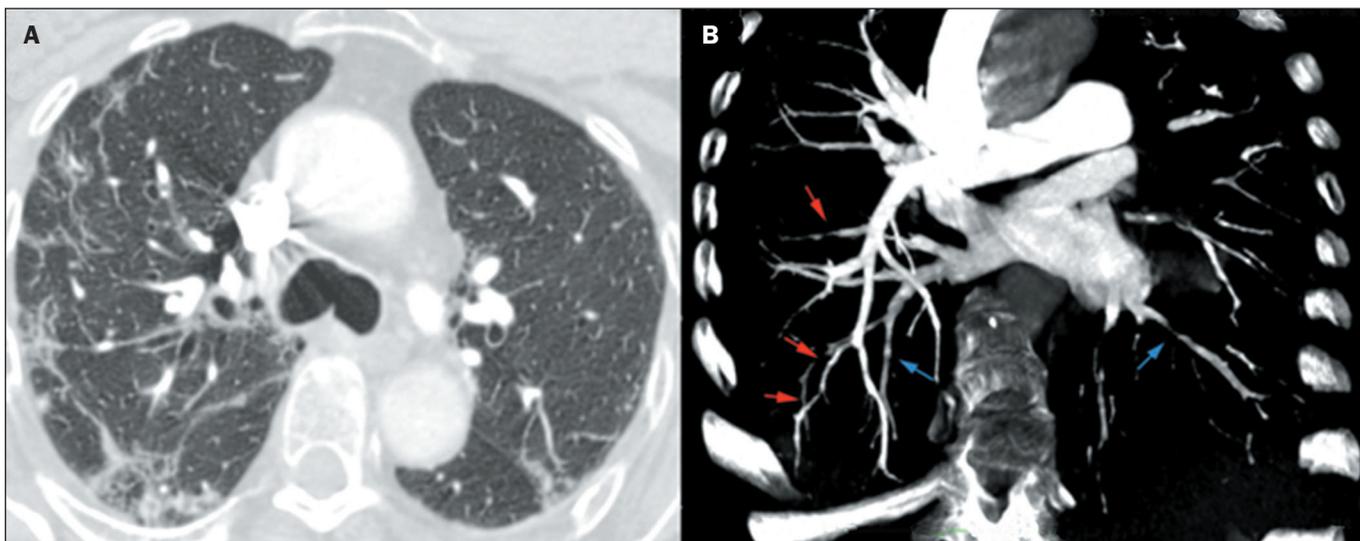
O SIPV é um novo descritor de imagem proposto neste estudo para diferenciação entre manifestações vasculares causadas por COVID-19 e manifestações causadas por TEP sem COVID-19, definido como irregularidade parietal vascular, tanto arterial como venosa (Figuras 1 e 2), com o vaso apresentando segmentos estenosados, únicos ou múltiplos, proximais a segmentos de calibre normal ou levemente aumentados (Figuras 3 e 4), e comumente associados a consolidações subpleurais com características de infarto pulmonar (Figuras 4 a 6). O envolvimento segmentar e/ou subsegmentar de primeira e segunda ordens foi considerado distal e o envolvimento central e/ou lobar foi considerado proximal. É importante ressaltar que o sinal deve ser avaliado necessariamente pela reformatação em MIP em estação de trabalho computadorizada. Apenas a avaliação das imagens axiais originais não permite o estudo adequado de irregularidades do calibre vascular, sobretudo de pequenos vasos periféricos, e é exatamente a falta desse cuidado que faz essa situação da trombose de pequenos vasos periféricos ser subdiagnosticada na COVID-19. Portanto, é recomendado que a reconstrução em MIP deva ser rotina na análise desses pacientes, uma vez que os programas de visualização de imagem e as estações de trabalho, atualmente, permitem realizar essa reformatação.

Com a finalidade de aumentar a especificidade do achado, a presença do SIPV foi considerada inequívoca e valorizada para avaliação estatística apenas se permanesse ao fechar a janela de mediastino (variação da janela de 300 a 400 UH e nível de centro entre 100 e 150 UH).

Os resultados foram apresentados como frequência e porcentagens para variáveis categóricas e como mediana (mínimo-máximo) para variáveis numéricas. As variáveis



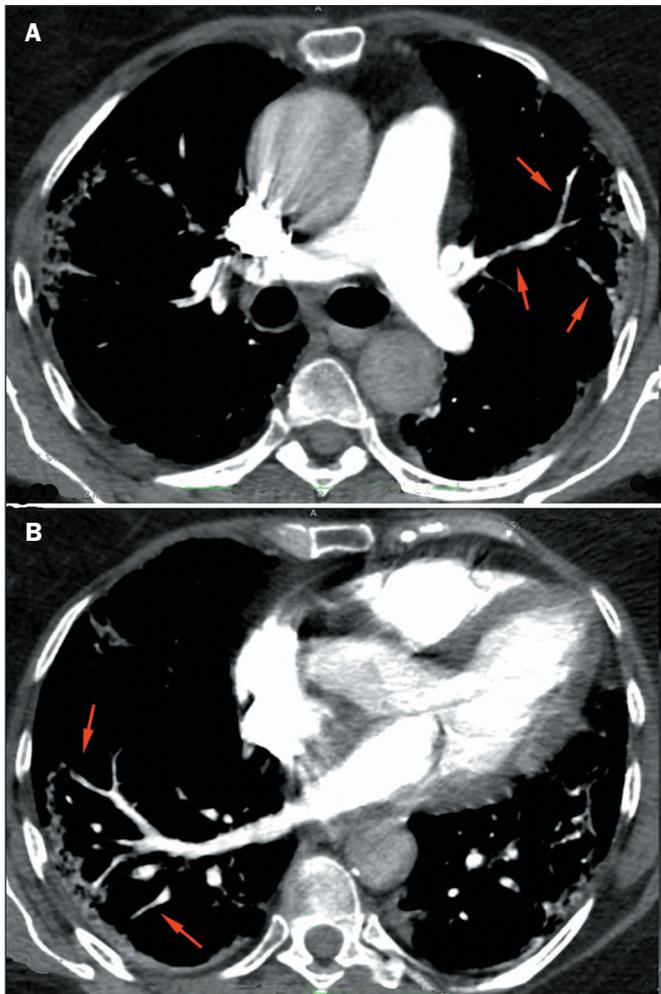
**Figura 1.** COVID-19 e sinais de trombose arterial e venosa periférica. **A:** Opacidades em vidro fosco periféricas. **B:** Falhas de enchimento em ramos arteriais lobares. **C:** Falhas de enchimento caracterizando o SIPV em pequenos ramos arteriais em áreas segmentar e subsegmentar. **D:** Falhas de enchimento e irregularidades parietais também observadas em pequenas veias pulmonares, em seu trajeto para o átrio esquerdo.



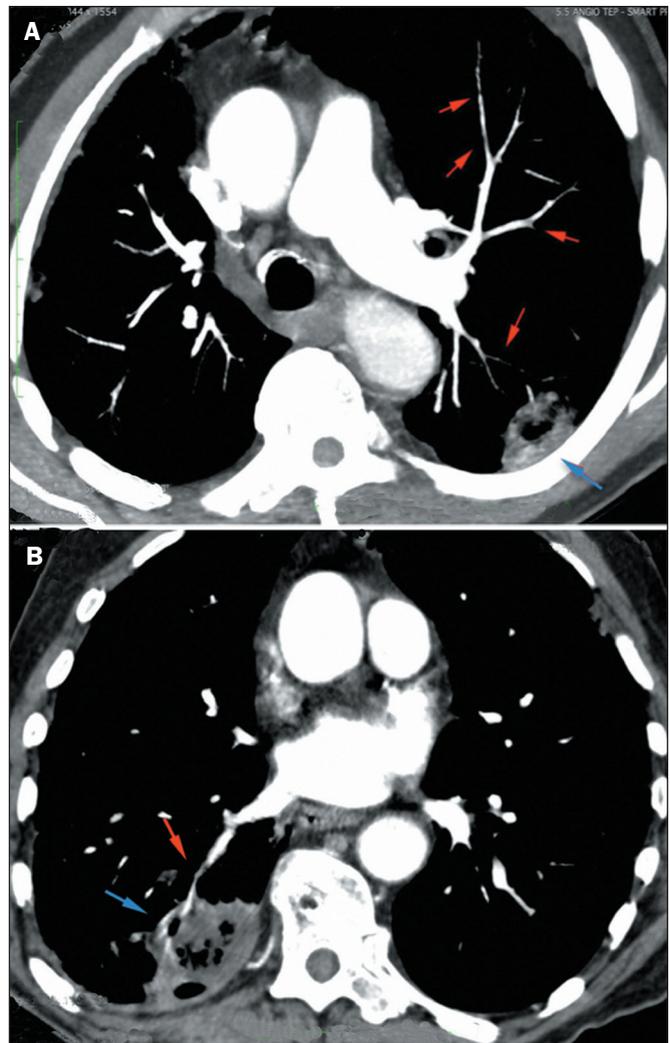
**Figura 2.** COVID-19. **A:** Consolidações e opacidades em vidro fosco periféricas e perilobulares. **B:** Falhas de enchimento em artérias segmentares e subsegmentares (setas vermelhas), caracterizando o SIPV, observado também em veias periféricas nos lobos inferiores (setas azuis).

categóricas foram comparadas pelo teste exato de Fisher ou pelo teste qui-quadrado, conforme apropriado. As análises estatísticas de comparação dos achados foram realiza-

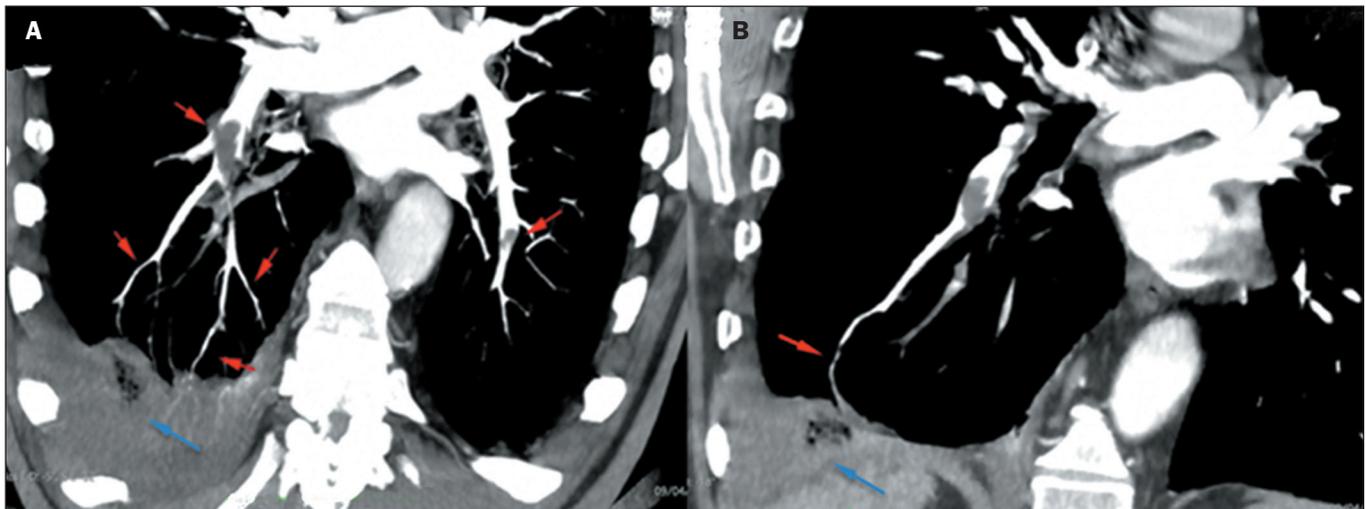
das utilizando o *software* SPSS v. 26 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA) e o Microsoft Excel 2019. Valor de  $p < 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo.



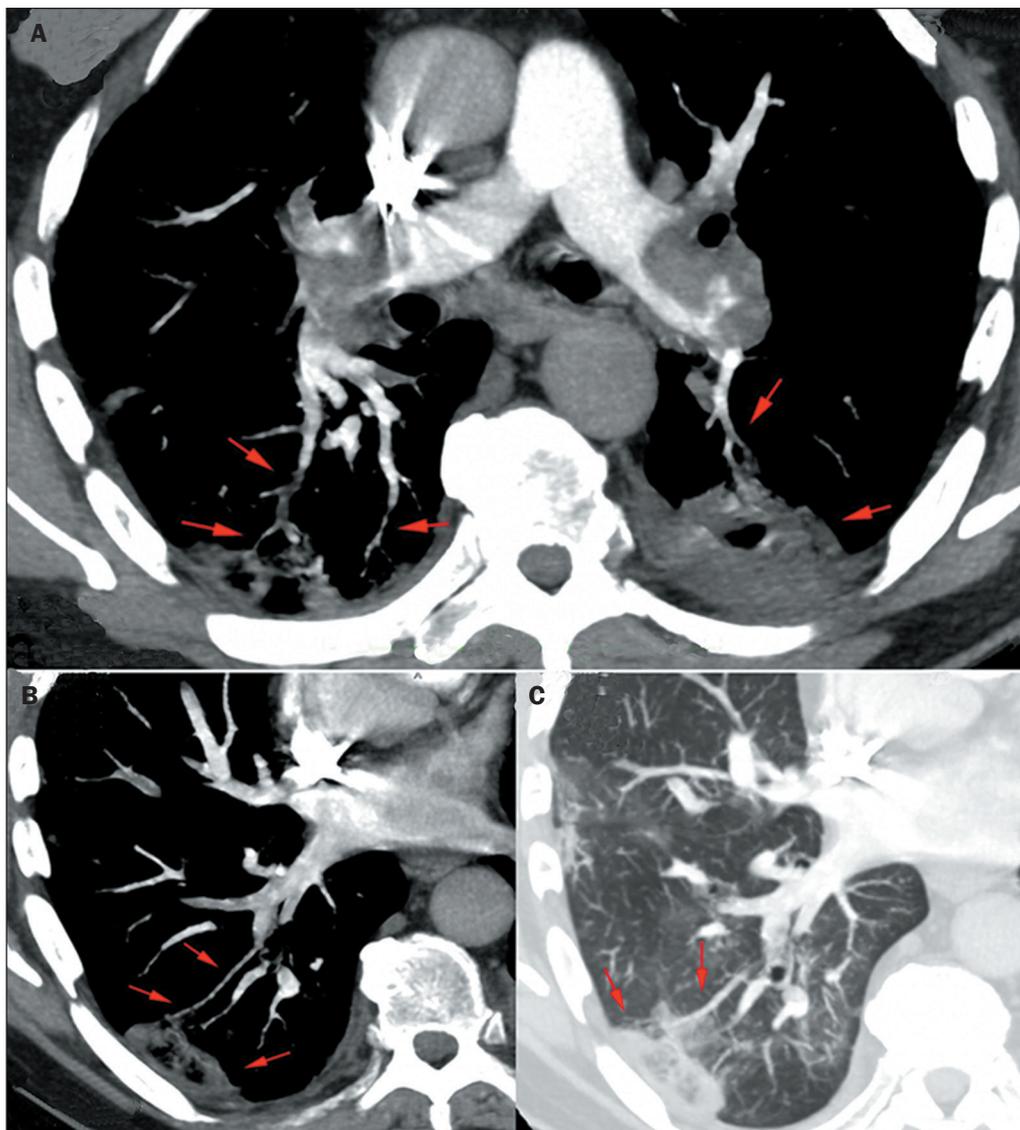
**Figura 3.** COVID-19. **A:** SIPV em artérias segmentares e subsegmentares (setas vermelhas), associado a opacidades pulmonares periféricas. **B:** As irregularidades vasculares são também observadas em veias periféricas nos lobos inferiores.



**Figura 4.** COVID-19. SIPV (setas vermelhas) em artérias segmentares e subsegmentares (**A**) e em veias periféricas (**B**), em diferentes segmentos de ambos os pulmões, associadas a consolidações periféricas escavadas (setas azuis), sugerindo infartos pulmonares.



**Figura 5.** COVID-19. **A:** Falhas de enchimento em artéria pulmonar direita e em pequenos ramos periféricos, segmentares e subsegmentares, caracterizando o SIPV (setas vermelhas). **B:** Falha de enchimento em pequeno ramo arterial periférico no lobo inferior direito (seta vermelha), em continuidade com consolidação periférica com sinal do halo invertido reticulado, caracterizando infarto pulmonar, além de derrame pleural (setas azuis).



**Figura 6.** COVID-19. **A:** Falhas de enchimento em artérias pulmonares centrais e SIPV em pequenos ramos periféricos, segmentares e subsegmentares (**B,C**), acompanhados por consolidações pulmonares periféricas em cunha, com sinal do halo invertido reticulado, caracterizando infartos pulmonares (**B,C**).

## RESULTADOS

Dos 65 pacientes com COVID-19, 27 (41,5%) eram do sexo feminino e 38 (58,5%) eram do sexo masculino. Quanto à faixa etária, as idades variaram entre 20 e 86 anos (mediana de 52 anos). O SIPV foi observado em 50/65 (76,9%) dos pacientes com COVID-19 de nossa amostra. Quanto ao setor vascular comprometido, 43 eram do tipo misto arterial e venoso ( $n = 43$ ; 86%); 5 eram apenas venosos ( $n = 5$ ; 10%) e 2 eram apenas arteriais ( $n = 2$ ; 4%). Em relação à localização, 13 casos eram segmentares ( $n = 13$ ; 26%) e 50 eram subsegmentares ( $n = 50$ ; 100%). Nenhum caso era central ou lobar. A soma dos valores é maior que 100% pois alguns casos ocorriam em mais de uma localização. Quanto à lateralidade, 46 eram bilaterais ( $n = 46$ ; 92%); 2 eram unilaterais à direita ( $n = 2$ ; 4%) e 2 eram unilaterais à esquerda ( $n = 2$ ; 4%). Em relação aos lobos acometidos, 3 casos ocorreram em 1 lobo ( $n = 3$ ; 6%), 12 em 2 ou 3 lobos ( $n = 12$ ; 24%) e 35 em 4 ou 5 lobos ( $n = 35$ ; 70%).

Dos 63 pacientes COVID-/TEP+, 43 (68,3%) eram do sexo feminino e 20 (31,7%) eram do sexo masculino. A faixa etária desses pacientes variou entre 21 e 82 anos (mediana de 38 anos). O SIPV foi observado em 17/63 (27%) dos casos. Todos os casos comprometiam apenas o setor arterial ( $n = 17$ ; 100%). Cinco casos eram segmentares ( $n = 5$ ; 29,4%) e 17 eram subsegmentares ( $n = 17$ ; 100%). Nenhum caso era central ou lobar. Dez casos eram bilaterais ( $n = 10$ ; 58,8%); 4 eram unilaterais à direita ( $n = 4$ ; 23,5%); 3 eram unilaterais à esquerda ( $n = 3$ ; 17,6%), 6 ocorreram em apenas em 1 lobo ( $n = 6$ ; 35,3%), 11 em 2 ou 3 lobos ( $n = 11$ ; 64,7%) e nenhum em 4 ou 5 lobos.

### Comparação COVID+ versus COVID-/TEP+

A comparação entre os pacientes COVID+ ( $n = 65$ ) e COVID-/TEP+ ( $n = 63$ ) mostrou presença do SIPV em 50/65 (76,9%) pacientes COVID+ e em 17/63 (26,9%) COVID-/TEP+, com diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ).

### Comparação COVID+/SIPV+ versus COVID-/SIPV+.

A comparação entre os pacientes do subgrupo COVID+/SIPV+ (n = 50) e do grupo COVID-/SIPV+ (n = 17) teve como variáveis estatisticamente significantes: o setor vascular comprometido – misto no COVID+/SIPV+ (43/50; 86%) e arterial no COVID-/SIPV+ (17/17; 100%); a lateralidade – bilateral no COVID+/SIPV+ (46/50; 92%); a quantidade de lobos acometidos – 4 ou 5 lobos no COVID+/SIPV+ (35/50; 70%); e a distribuição lobar – lobo inferior esquerdo no COVID+/SIPV+ (44/50; 88%).

### DISCUSSÃO

É reconhecido que a COVID-19 grave pode ser complicada por coagulopatia<sup>(15,16)</sup>. Um estado tromboinflamatório, associado a disfunção endotelial, hipercoagulabilidade e ativação das vias de coagulação, leva a um risco aumentado de trombose microvascular e macrovascular, que, nos casos mais graves, se manifesta como coagulação intravascular disseminada, uma condição pró-trombótica com alto risco de tromboembolismo venoso<sup>(16)</sup>.

O efeito do SARS-CoV-2 na coagulação pulmonar e o consequente desenvolvimento de TEP ser decorrente de citocinas pró-inflamatórias, disfunção endotelial e hipóxia já estão bem estabelecidos<sup>(17)</sup>. Tal pressuposto de estado pró-trombótico induzindo trombose local é igualmente reforçado pela associação do TEP a uma maior extensão das alterações parenquimatosas pneumônicas, que sugere conexão à inflamação pulmonar grave para além dos fatores de risco comuns para TEP ou trombose venosa profunda (TVP)<sup>(18)</sup>. Esta suposição é reforçada pelos achados de Suh et al.<sup>(19)</sup> em uma metanálise de 27 estudos, que mostraram que a TVP ocorre em menos da metade dos pacientes com COVID-19 que apresentam TEP (42,4%).

As complicações trombóticas relacionadas à COVID-19 incluem tanto eventos arteriais quanto venosos, sendo a trombose microvascular, talvez, o principal contribuinte para a lesão pulmonar difusa observada nos pacientes que evoluem para insuficiência respiratória e óbito, segundo estudos de patologia<sup>(20)</sup>. Nesta pneumonite pró-trombótica não se sabe ainda, contudo, se mecanismos semelhantes promovem tanto a microtrombose quanto a doença embólica pulmonar de grandes vasos<sup>(20,21)</sup>. Neste questionamento sobre o papel da embolia pulmonar versus trombose pulmonar local, alguns trabalhos sugeriram que os trombos detectados pela ATCP podem, pelo menos em parte, ser formados localmente e em consequência da tromboinflamação<sup>(22)</sup>.

Ackermann et al.<sup>(17)</sup> descreveram que a arquitetura microvascular dos pulmões de pacientes com COVID-19 difere significativamente daquela dos pacientes com influenza A(H1N1), tanto em relação à microtrombose quanto à densidade de angiogênese vascular. Na comparação de sete pulmões com COVID-19 versus sete pulmões com influenza A, microtrombos capilares foram observados com uma prevalência nove vezes maior nos pulmões

com COVID-19. A densidade de angiogênese vascular por intussuscepção ou brotamento também foi significativamente maior nestes pacientes. Ao observar a disposição da microtrombose pelo leito vascular, os autores reportaram microtrombos em artérias pré-capilares de até 2 mm em 4/7 pacientes, sem obstrução luminal completa, em capilares alveolares em todos os pacientes e, em menor proporção, nas vênulas pós-capilares. Tais descrições podem ser agora extrapoladas para imagem a partir de nossos achados de SIPV misto, e presença de heterogeneidade de contrastação venosa em alguns de nossos casos. Assim, acreditamos que esses achados estejam relacionados à presença de microtrombos venosos e são consequência, ao menos parcial, dessa microtrombose pulmonar distal descrita em estudos histopatológicos.

Menter et al.<sup>(23)</sup>, relatando autópsias pulmonares, demonstraram microtrombos nos capilares alveolares em 5/11 pacientes falecidos por COVID-19. Dolhnikoff et al.<sup>(24)</sup> reforçaram essa suposta microangiopatia. A partir de 10 autópsias pulmonares de pacientes falecidos por COVID-19, obtidas por biópsia transtorácica guiada por ultrassonografia, demonstraram dano alveolar difuso exsudativo/proliferativo, com intenso efeito citopático viral epitelial envolvendo células alveolares e bronquiolares, associado a extensos pequenos trombos de fibrina em pequenas arteríolas pulmonares. Além disso, os trombos foram encontrados com muito mais frequência nos pulmões do que em qualquer outro órgão<sup>(5,25)</sup>. O fato de a coagulopatia se formar sob anticoagulação profilática e sistêmica também fortalece a hipótese de formação local de coágulos<sup>(5,25)</sup>. Acredita-se, assim, que a maior parte da trombose vascular se desenvolva localmente.

Existem relatos, por fim, de maior incidência de TEP na síndrome respiratória aguda grave<sup>(26)</sup> e de trombose microvascular periférica em pacientes graves internados pela COVID-19, conforme demonstraram Espírito Santo et al.<sup>(27)</sup> no seu estudo de 13 casos de alterações trombóticas na microcirculação sublingual de pacientes infectados, em que o estudo angiográfico revelou irregularidades parietais vasculares secundárias a falhas de enchimento luminiais parciais/totais.

O achado angiográfico mais relevante no nosso estudo foi a identificação de irregularidades nas paredes dos vasos mais periféricos, tanto arteriais quanto venosos, que denominamos SIPV. Dos 65 pacientes com COVID-19, 50 (76,9%) apresentaram o SIPV, em contraposição a apenas 17 dos 63 pacientes com TEP sem COVID-19 (27%). A análise estatística revelou diferença significativa ( $p < 0,001$ ) do achado entre os grupos, permitindo concluir que a presença do SIPV se associa à infecção viral.

Nos 50 pacientes com COVID-19 e o SIPV, os achados que predominaram foram o comprometimento vascular misto arterial e venoso (86%), o acometimento estrito de vasos subsegmentares (100%) e segmentares (26%), a bilateralidade (92%) e o acometimento de 4 ou 5 lobos (70%).

Nos 17 pacientes com o SIPV sem COVID-19, os achados que predominaram foram o comprometimento estrito vascular arterial (100%), o acometimento também estrito de vasos subsegmentares (100%) e segmentares (29,4%), a bilateralidade (58,8%) e o comprometimento de 2 ou 3 lobos (64,7%).

Ao se comparar ambos os grupos, estatisticamente, encontrou-se associação significativa em relação ao setor vascular comprometido ( $p < 0,001$ ), lateralidade ( $p = 0,003$ ) e quantidade de lobos acometidos ( $p < 0,001$ ). Não houve associação relacionada à localização do SIPV dentro da trama vascular ( $p = 0,933$ ).

Pormenorizando, os seguintes aspectos morfológicos do SIPV na ATCP tiveram associação significativa com a COVID-19: irregularidades nos contornos vasculares arteriais e venosos (misto), bilateral, acometendo dois ou mais lobos pulmonares. Similarmente, os seguintes achados do SIPV na ATCP tiveram associação significativa em pacientes com TEP, porém sem COVID-19: tortuosidade vascular apenas arterial, unilateral, acometendo apenas um lobo pulmonar.

Na análise de Mueller-Peltzer et al.<sup>(28)</sup>, 9 de 16 pacientes (56%) com insuficiência respiratória por COVID-19 internados em unidade de terapia intensiva apresentaram trombos em artérias pulmonares segmentares e subsegmentares. Não foi detectado nenhum trombo em segmentos com parênquima normal, fortalecendo a hipótese de trombose arterial pulmonar local. Houve associação significativa entre trombose da artéria pulmonar com alterações parenquimatosas pulmonares mais graves, incluindo mais consolidações, permitindo aos autores sugerirem a formação de coágulos locais.

Cavagna et al.<sup>(18)</sup> avaliaram 101 pacientes, demonstrando TEP em 41 (40,6%), também sendo em sua maioria bilateral ou apenas à direita (90,2%), envolvendo principalmente artérias segmentares (90,2%) ou subsegmentares (61,0%). Em nota, a TVP esteve presente apenas em 12,2% dos pacientes dessa coorte, fortalecendo a proposição de trombose pulmonar local.

As irregularidades vasculares pulmonares em vigência da infecção pelo SARS-CoV-2 já foram nota de menção em poucos artigos progressos, que abriram o eixo de pesquisa sobre as lesões vasculares no ano de 2020<sup>(17,29,30)</sup>. Todavia, de nosso conhecimento, nenhum trabalho publicado até aqui avaliou as características dessa alteração vascular.

A irregularidade dos contornos vasculares de vasos distais (segmentares e subsegmentares), sobretudo na mista (arterial e venosa), bilateral e acometendo o lobo inferior esquerdo, configura o padrão vascular angiotomográfico mais prevalente na COVID-19. O encontro de diferença estatística com significância de todas as características descritas, ao comparar com pulmões de pacientes também com vasculopatias por TEP de outras causas, robustece e indica um modelo de vasculopatia própria do vírus.

Nosso estudo apresentou algumas limitações. Primeiro, foi um estudo retrospectivo. Segundo, os pacientes foram examinados com variedade de técnicas angiotomográficas para aquisição das imagens, em razão do elevado número de instituições e colaboradores envolvidos. Além disso, não foi feita avaliação interobservadores, o que poderia introduzir viés de interpretação e variabilidade na avaliação dos resultados. Apesar das limitações, não encontramos na literatura nenhum estudo com foco de observação nas características das irregularidades em contornos da vascularização pulmonar. Este achado é inusitado e indica a existência de um padrão peculiar de acometimento vascular.

Nosso estudo é um ponto de partida para que novas pesquisas científicas sejam desenvolvidas no intuito de expandir o entendimento sobre o achado de imagem (SIVP) aqui proposto enquanto descritor que aponta para um padrão de doença específico da família coronavírus e em relação à sua presença na era pós-vacinal.

## CONCLUSÃO

Neste estudo, foram examinadas características morfológicas dos vasos pulmonares a partir de 65 ATCPs de pacientes com infecção pelo SARS-CoV-2. O SIPV em pacientes com COVID-19 ocorreu em 76,9% dos casos e afetou unicamente artérias distais (subsegmentares e segmentares), com predomínio de acometimento misto (arterial e venoso), bilateral, comprometendo mais comumente de 4 a 5 lobos. Os resultados descritos adicionam novas informações na literatura em relação ao acometimento vascular pulmonar no curso da COVID-19 e permitem levantar a hipótese de que a trombose microvascular e o SIVP sejam achados de imagem que direcionam para o diagnóstico de infecção pela família viral coronavírus.

## REFERÊNCIAS

1. Chung M, Bernheim A, Mei X, et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Radiology*. 2020;295:202–7.
2. Werberich GM, Marchiori E, Barreto MM, et al. Computed tomography findings in a Brazilian cohort of 48 patients with pneumonia due to coronavirus disease. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2020;53:e20200405.
3. Zhu J, Zhong Z, Li H, et al. CT imaging features of 4121 patients with COVID-19: a meta-analysis. *J Med Virol*. 2020;92:891–902.
4. Altmayer S, Zanon M, Pacini GS, et al. Comparison of the computed tomography findings in COVID-19 and other viral pneumonia in immunocompetent adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol*. 2020;30:6485–96.
5. Helms J, Tacquard C, Severac F, et al. High risk of thrombosis in patients with severe SARS-CoV-2 infection: a multicenter prospective cohort study. *Intensive Care Med*. 2020;46:1089–98.
6. Llitjos JF, Leclerc M, Chochois C, et al. High incidence of venous thromboembolic events in anticoagulated severe COVID-19 patients. *J Thromb Haemost*. 2020;18:1743–6.
7. Wichmann D, Sperhake JP, Lütgehetmann M, et al. Autopsy findings and venous thromboembolism in patients with COVID-19: a prospective cohort study. *Ann Intern Med*. 2020;173:268–77.
8. Danzi GB, Loffi M, Galeazzi G, et al. Acute pulmonary embolism and COVID-19 pneumonia: a random association? *Eur Heart J*. 2020;41:1858.

9. Byers JM 3rd. Rudolf Virchow—father of cellular pathology. *Am J Clin Pathol.* 1989;92(4 Suppl 1):S2–8.
10. Magro C, Mulvey JJ, Berlin D, et al. Complement associated microvascular injury and thrombosis in the pathogenesis of severe COVID-19 infection: a report of five cases. *Transl Res.* 2020;220:1–13.
11. Wittram C, Maher MM, Yoo AJ, et al. CT angiography of pulmonary embolism: diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. *Radiographics.* 2004;24:1219–38.
12. Centers for Disease Control and Prevention. Overview of testing for SARS-CoV-2 (COVID-19). Updated Mar.17, 2021. [cited 2024 Mar 23]. Available from: [https://www.aclum.org/sites/default/files/field\\_documents/ex\\_33\\_-\\_overview\\_of\\_testing\\_for\\_sars-cov-2\\_updated\\_march\\_17\\_2021.pdf](https://www.aclum.org/sites/default/files/field_documents/ex_33_-_overview_of_testing_for_sars-cov-2_updated_march_17_2021.pdf).
13. La Marca A, Capuzzo M, Paglia T, et al. Testing for SARS-CoV-2 (COVID-19): a systematic review and clinical guide to molecular and serological in-vitro diagnostic assays. *Reprod Biomed Online.* 2020;41:483–99.
14. Lima FLO, Gomes LNL, Santos CSC, et al. Diagnosis of COVID-19: importance of laboratory tests and imaging exams. *Research Society and Development.* 2020;9:e259997162.
15. Chen T, Wu D, Chen H, et al. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ.* 2020;368:m1091.
16. Zhou F, Yu T, Du R, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet.* 2020;395:1054–62.
17. Ackermann M, Verleden SE, Kuehnel M, et al. Pulmonary vascular endothelialitis, thrombosis, and angiogenesis in Covid-19. *N Engl J Med.* 2020;383:120–8.
18. Cavagna E, Muratore F, Ferrari F. Pulmonary thromboembolism in COVID-19: venous thromboembolism or arterial thrombosis? *Radiol Cardiothorac Imaging.* 2020;2:e200289.
19. Suh YJ, Hong H, Ohana M, et al. Pulmonary embolism and deep vein thrombosis in COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Radiology.* 2021;298:E70–E80.
20. Price LC, McCabe C, Garfield B, et al. Thrombosis and COVID-19 pneumonia: the clot thickens! *Eur Respir J.* 2020;56:2001608.
21. Moores LK, Tritschler T, Brosnahan S, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of VTE in patients with coronavirus disease 2019: CHEST Guideline and Expert Panel Report. *Chest.* 2020;158:1143–63.
22. Nicolson PL, Welsh JD, Chauhan A, et al. A rationale for blocking thromboinflammation in COVID-19 with Btk inhibitors. *Platelets.* 2020;31:685–90.
23. Menter T, Haslbauer JD, Nienhold R, et al. Postmortem examination of COVID-19 patients reveals diffuse alveolar damage with severe capillary congestion and variegated findings in lungs and other organs suggesting vascular dysfunction. *Histopathology.* 2020;77:198–209.
24. Dolhnikoff M, Duarte-Neto AN, Almeida Monteiro RA, et al. Pathological evidence of pulmonary thrombotic phenomena in severe COVID-19. *J Thromb Haemost.* 2020;18:1517–9.
25. Klok FA, Kruip MJHA, van der Meer NJM, et al. Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with COVID-19. *Thromb Res.* 2020;191:145–7.
26. Ng KHL, Wu AKL, Cheng VCC, et al. Pulmonary artery thrombosis in a patient with severe acute respiratory syndrome. *Postgrad Med J.* 2005;81:e3.
27. Espírito Santo DA, Lemos ACB, Miranda CH. In vivo demonstration of microvascular thrombosis in severe COVID-19. *J Thromb Thrombolysis.* 2020;50:790–4.
28. Mueller-Peltzer K, Krauss T, Benndorf M, et al. Pulmonary artery thrombi are co-located with opacifications in SARS-CoV2 induced ARDS. *Respir Med.* 2020;172:106135.
29. Lang M, Som A, Carey D, et al. Pulmonary vascular manifestations of COVID-19 pneumonia. *Radiol Cardiothorac Imaging.* 2020;2:e200277.
30. Lang M, Som A, Mendoza DP, et al. Hypoxaemia related to COVID-19: vascular and perfusion abnormalities on dual-energy CT. *Lancet Infect Dis.* 2020;20:1365–6.

