



Ultrasonido pulmonar contrastado (CELUS) en pacientes con neumonía por SARS-CoV-2. Estudio de tres casos

Contrast-enhanced lung ultrasound (CELUS) in patients with SARS-CoV-2 pneumonia. A study of three cases

Juan Antonio Calderón González*

RESUMEN

Introducción: en pacientes con SARS-CoV-2 han sido demostradas diversas anomalías de la coagulación, así como trastornos microcirculatorios sistémicos los cuales producen un aumento de eventos trombóticos ligados a mal pronóstico. El ultrasonido pulmonar contrastado (CELUS) identifica consolidaciones embólicas al demostrar ausencia de realce a la administración de contraste. **Objetivo:** demostrar la ausencia de realce a la administración de contraste en lesiones periféricas pulmonares de tres pacientes con diagnóstico de neumonía por enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) utilizando CELUS. **Materiales y métodos:** *Diseño:* estudio de tres casos. *Escenario:* Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General de Zona No. 4 del Instituto Mexicano del Seguro Social, Monterrey, Nuevo León, México. *Pacientes:* tres enfermos con diagnóstico confirmado mediante reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa (RT-PCR) para COVID-19 y con presencia de lesiones periféricas identificadas por ultrasonido en modo B. *Intervención:* administración de 2.4 mL de SonoVue/Lumason™ vía intravenosa, seguido por un bolo de 10 mL de solución fisiológica. El realce del contraste de las lesiones periféricas fue observado en forma continua durante 120 segundos. El índice mecánico del ultrasonido fue configurado a 0.3 para minimizar el riesgo de destrucción de las microburbujas. **Resultados:** no se observó realce por contraste en lesiones periféricas durante el examen completo de los tres casos evaluados mediante CELUS, siendo lo anterior altamente sugestivo de lesiones embólicas. **Conclusión:** el uso de CELUS en pacientes con neumonía por COVID-19 puede ayudar a identificar lesiones pulmonares periféricas producto de infarto micropulmonar difíciles de visualizar con otros métodos de imagen.

Palabras clave: COVID-19, ultrasonido pulmonar, ultrasonido con realce por contraste, ultrasonido en el punto de atención, ultrasonido crítico.

ABSTRACT

Introduction: in patients with SARS-CoV-2, different coagulation abnormalities have been demonstrated, as well as systemic microcirculatory disorders, which produce an increase in thrombotic events linked to poor prognosis. Contrast-enhanced lung ultrasound (CELUS) identifies embolic consolidations by demonstrating the absence of enhancement upon contrast administration. **Objective:** demonstrate the absence of contrast enhancement in peripheral lung lesions of three COVID-19 pneumonia patients by using CELUS. **Materials and methods:** *Design:* study of three cases. *Settings:* Intensive Care Unit of the General Hospital of Zone No. 4. Mexican Institute of Social Security, Monterrey, Nuevo León, Mexico. *Patients:* Three patients with positive RT-PCR for SARS-CoV-2 and presence of peripheral lesions identified by B Mode Ultrasound. *Intervention:* administration of 2.4 mL of SonoVue/Lumason™ intravenously followed by a bolus of 10 mL of saline solution. Contrast enhancement of peripheral lesions was observed continuously during 120 seconds. The mechanical index of the Ultrasound was set to 0.3 to minimize the risk of Microbubbles disruption. **Results:** No contrast enhancement was observed in peripheral lesions during the complete CELUS examination of all three cases, which is highly suggestive of embolic lesions. **Conclusion:** The use of CELUS in patients with COVID-19 pneumonia can help identify peripheral lung lesions resulting from microvascular infarction, which are difficult to visualize with other imaging methods.

Keywords: COVID-19, pulmonary ultrasound, contrast-enhanced ultrasound, point-of-care ultrasound. critical ultrasound.

Abreviaturas:

angioTAC = angiotomografía

CELUS = ultrasonido pulmonar realizado por contraste (*Contrast-Enhanced Lung UltraSound*)

COVID-19 = enfermedad por coronavirus 2019 (*COronaVirus Disease 2019*)

CNAF = cánula nasal de alto flujo

lpm = latidos por minuto

LUS = ultrasonido pulmonar

RT-PCR = reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa (*Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction*)

SARS-CoV-2 = coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave (*Severe Acute Respiratory Syndrome CoronaVirus 2*)

TAC = tomografía axial computada

TEP = tromboembolismo pulmonar

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

INTRODUCCIÓN

Los coronavirus humanos se descubrieron por primera vez en la década de 1960.¹ Recibieron su nombre de la estructura en forma de corona de las proteínas en su superficie, que es fundamental para su infectividad.

Un nuevo coronavirus, el SARS-CoV-2, apareció en diciembre de 2019, seguido de un brote identificado por primera vez en Wuhan, China.²

En pacientes con SARS-CoV-2 se han reportado diversas anomalías de la coagulación, así como trastornos microcirculatorios sistémicos,³ los cuales producen aumento de eventos trombóticos ligados a mal pronóstico.³⁻⁶

De acuerdo con reportes de autopsia, la causa de tales trastornos microcirculatorios podría ser el daño celular endotelial y trombos fibrinosos en pequeños vasos.⁷ La lesión en el endotelio es causada por la infección viral directa o una respuesta inmune del huésped.⁵ De igual forma, se ha demostrado que la microtrombosis capilar alveolar es nueve veces más frecuente en COVID que en influenza.⁴

Thachil J y colaboradores⁸ identificaron dos principales fenotipos de daño pulmonar trombótico: a) pacientes afectados por tromboembolismo venoso «ordinario» y b) pacientes con microtrombosis pulmonar. Debido a que la trombosis venosa profunda u otras fuentes de embolismo venoso no han sido encontradas de manera consistente en pacientes COVID con tromboembolia pulmonar, la microtrombosis pulmonar podría ser el re-

* Hospital General de Zona No. 4 del Instituto Mexicano del Seguro Social. Monterrey, Nuevo León, México.

Recibido: 16/01/2022. Aceptado: 11/08/2025.

Citar como: Calderón GJA. Ultrasonido pulmonar contrastado (CELUS) en pacientes con neumonía por SARS-CoV-2. Estudio de tres casos. Med Crit. 2025;39(2):99-105. <https://dx.doi.org/10.35366/121719>

sultado de hipercoagulabilidad focal más que secundario a embolización de miembros inferiores.

La ultrasonografía pulmonar es limitada debido a la reflexión del sonido en la superficie del pulmón aireado; sin embargo, en los últimos años, existe un interés creciente en la evaluación de lesiones pulmonares periféricas a través del ultrasonido realzado por contraste o CELUS (*Contrast Enhanced Lung Ultrasound*, por sus siglas en inglés).⁹⁻¹⁴

Con base a la literatura, el pulmón es caracterizado por aporte sanguíneo dual: el primero es el sistema bronquial arterial, el cual otorga nutrición para el bronquio, vasos pulmonares, alveolos, tejido intersticial y pleura visceral. El segundo es el sistema arterial pulmonar que es responsable del intercambio gaseoso,^{13,15} lo cual posibilita que sea sujeto para la evaluación por realce de contraste de ambos sistemas, permitiendo caracterizar y diferenciar lesiones con diferente aporte vascular.¹⁶

El agente de contraste consiste en microburbujas cubiertas por una capa de fosfolípidos, es inyectado a través de una línea o vena central y es transportado por la sangre en el siguiente orden: aurícula derecha, ventrículo derecho, arterias pulmonares y sus ramificaciones, tejido pulmonar, venas pulmonares, aurícula izquierda, ventrículo izquierdo, arterias bronquiales y sus ramificaciones, tejido pulmonar.

De tal manera que, posterior a la inyección del contraste, las arterias pulmonares y las regiones irrigadas son realizadas primero, seguidas por las arterias bronquiales y sus regiones irrigadas.

Las microburbujas contenidas en el contraste son rápidamente eliminadas de la sangre por medio del intercambio gaseoso entre los capilares pulmonares y los alveolos, mientras que la capa de fosfolípidos es después eliminada por el hígado.

Tal peculiaridad podría, teóricamente, ser aprovechada para diferenciar lesiones subpleurales no neoplásicas de las lesiones neoplásicas, ya que las lesiones no neoplásicas son provistas por ambos sistemas arteriales mientras que la angiogénesis tumoral usualmente proviene de las arterias bronquiales.¹⁷

Por lo tanto, un tiempo de realce diferente debe ser observado en tiempo real, pues el realce del tejido resultante de las arterias pulmonares inicia antes del realce tisular resultante de las arterias bronquiales. Mas aún, un aporte dominante arterial pulmonar debe llevar a un realce tisular más marcado que el observado en tejidos únicamente provistos por arterias bronquiales.¹²

A diferencia de la tomografía axial computada (TAC), CEUS representa el mejor método de imagen para evaluar tanto la vascularidad como el tiempo de tránsito dentro de un órgano ya que habilita la evaluación en cualquier momento del realce durante la fase arterial. La TAC contrastada es una modalidad de escaneo de

un instante y puede evaluar la vascularidad sólo en cierto punto de tiempo durante la fase arterial.¹⁵

Por lo tanto, CELUS hace posible realzar lesiones subpleurales, es seguro, no invasivo, fácil de hacer y es el único método no invasivo en distinguir aporte pulmonar del bronquial arterial evaluando el tiempo de realce del contraste.¹⁸ De tal manera que el tiempo de ventana de la vascularidad arterial pulmonar y la vascularidad bronquial arterial sistémica usualmente va de uno a cinco segundos y de ocho a 11 segundos, respectivamente.^{13,19} Para algunos autores la fase arterial pulmonar toma menos de 10 segundos y la fase bronquial más de 10 segundos.¹⁵

Se ha descrito que el tiempo de realce puede ser influenciado por varios factores, tales como: velocidad de inyección del contraste, gasto cardíaco del paciente, estado del aporte sanguíneo de la lesión y localización de la lesión.¹⁵

Cabe recalcar que el ultrasonido pulmonar y el CELUS en particular pueden representar herramientas útiles para evaluar masas pulmonares periféricas, pero no pueden investigar lesiones centrales pulmonares.¹⁶

Se ha demostrado que en pacientes con atelectasias por compresión hay un patrón muy específico caracterizado por un tiempo de realce corto, lo que indica vascularización predominante arterial pulmonar y marcado realce durante la fase arterial y parenquimatosa.

En pacientes con atelectasias por compresión, el contraste permanece atrapado en tejido pulmonar después de su eliminación de la sangre en comparación con el realce esplénico.¹⁹

Este reporte de casos pretende describir los patrones de perfusión de lesiones periféricas pulmonares de pacientes con diagnóstico de neumonía por COVID-19 utilizando CELUS.

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección de pacientes: los tres pacientes incluidos en esta serie presentaban enfermedad por SARS-CoV-2 confirmada mediante reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa (RT-PCR) y presencia de lesiones periféricas subpleurales, hipoeoicas (consolidados subpleurales) identificadas mediante ultrasonido modo B.

Los tres casos correspondieron a hombres con promedio de edad de 42 años (rango 22-63). Sólo un paciente con COVID-19 tuvo historia previa de patologías crónicas (diabetes mellitus tipo 2). Uno de ellos mostraba trombosis venosa profunda en vena femoral derecha. Ninguno de los pacientes positivos a COVID-19 se encontraba con soporte mecánico ventilatorio al momento del estudio y uno presentó riesgo alto de embolismo pulmonar de acuerdo con el Score de Wells.²⁰

El dímero D fue testeado en tres de los casos positivos a COVID-19 y resultó elevado en los tres.

Evaluación con ultrasonido: se obtuvieron imágenes pulmonares en modo bidimensional convencional a través de ultrasonido Xario 100[®] (Canon Medical Systems Corporation. Otawara-shi, Tochigi, Japón.) mediante transductor lineal PLU-704BT 11L4 11.0-4.8 Mhz y Convexo PVU-375BT 6C1 6.0-1.9 Mhz, Ultrasonido Philips HD7 XE transductor lineal L12-5 y Convexo C5-2 con técnica de exploración consistente en seis áreas en hemitórax izquierdo y seis en hemitórax derecho.²¹

Posterior a seleccionar la imagen con la consolidación subpleural de mayor dimensión (por definición mayor de 5 mm con patrón hipoecoico homogéneo o con broncograma aéreo) se inició modo dual de tal manera que la pantalla permita la visualización simultánea de dos imágenes: una imagen basal, sin administración del contraste, índice mecánico = 1.3, y otra imagen con índice mecánico 0.3, esto último para evitar disrupción de las microburbujas. La visualización fue constante, obteniendo clips en forma continua durante 120 segundos.

CELUS se llevó a cabo mediante la administración de 2.4 mL de un agente de contraste transcapilar de segunda generación SonoVue/Lumason[™] (Bracco SpA, Milan) por vía venosa seguido por un bolo de solución salina con base en lo recomendado.^{22,23}

Ninguno de los pacientes tenía contraindicaciones para el examen contrastado con SonoVue, incluyendo hipersensibilidad al medio de contraste, corto circuitos derecha-izquierda conocidos, hipertensión pulmonar severa de acuerdo al índice de HOROWITZ.^{24,25}

Todas las imágenes fueron grabadas, almacenadas y analizadas de manera retrospectiva.

Se consideraron lesiones sospechosas de origen trombótico aquellas con realce heterogéneo o sin realce al medio de contraste de acuerdo a lo sugerido por Bartelt y colaboradores.²⁶

El agente de contraste de segunda generación SonoVue utilizado en este estudio puede ser preparado en pocos segundos y administrado inmediatamente después de la sonografía basal. En el caso de este estudio, el tiempo transcurrido desde la obtención de imágenes basales hasta las imágenes de CELUS tuvo un máximo de 15 minutos. Los pacientes se encontraron bajo monitoreo continuo como parte del manejo rutinario de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y ningún cambio clínico significativo fue observado.

El operador es médico internista/intensivista y cuenta con un diploma de adiestramiento de 1,024 horas en ecocardiografía transtorácica por el Instituto Mexicano del Seguro Social realizado en el 2016 de igual manera es graduado del *European Diploma in Advanced Intensive Care Echocardiography* (EDEC) de

la Sociedad Europea de Terapia Intensiva (ESICM) y tiene experiencia en ultrasonografía pulmonar dentro de la UCI desde el 2009.

Interpretación de imágenes; Todas las imágenes fueron visualizadas en tiempo real, así como en forma retrospectiva. Se seleccionó la lesión periférica de mayor dimensión y mejor visibilidad como objetivo para ser analizada con la administración del método de contraste.

La ausencia de reforzamiento por el contraste fue documentada como avascular y en caso de reforzamiento fue documentado por comparación con estructuras circundantes (hipo-hiper reforzamiento) y se tomó en cuenta: tiempo para el realce, extensión del realce, tiempo de aclaramiento o eliminación de acuerdo a lo sugerido por Sartori y asociados.¹⁶

Aspectos éticos: este estudio fue considerado como parte de la evaluación clínica de rutina mediante ultrasonografía multifocal como una extensión de la exploración física, por lo que no fue necesario la aprobación del comité de ética local ni consentimiento informado de cada paciente. Este estudio fue conducido de acuerdo a la declaración de Helsinki.

RESULTADOS

Caso 1

Masculino de 63 años de edad con antecedente de diabetes mellitus tipo 2. Inició cuadro clínico de COVID-19 confirmado mediante reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa (RT-PCR) siete días previos a su ingreso que evoluciona a la presencia de disnea, hipoxemia por lo que fue admitido en la UCI con oxígeno suplementario a través de mascarilla nasal y posteriormente, debido a su deterioro, se escaló a cánula nasal de alto flujo (CNAF) y posición prono. La evaluación ultrasonográfica se realizó seis días posterior en la UCI; mostró síndrome intersticial difuso, patrón heterogéneo, líneas B coalescentes y engrosamiento e irregularidades de la línea pleural, así como consolidados subpleurales en diversas zonas (*Figura 1*). El estado de oxigenación durante el estudio fue: SpO₂ 92%, FiO₂ 65% mediante CNAF, frecuencia cardíaca 89 latidos por minuto (lpm).

Los exámenes relevantes mostraron linfocitos 9.7×10^3 cél/ μ L, dímero D 1,033 ng/mL y proteína C reactiva 450 ng/mL. La imagen seleccionada para estudio correspondió a una lesión hipoecoica subpleural localizada en la zona izquierda 1 (anterior-superior), la cual no mostró reforzamiento durante 120 segundos de visualización con CELUS. El paciente evolucionó hacia la mejoría, permitiendo la disminución del aporte de oxígeno y siendo egresado de la UCI 16 días posterior a su ingreso a la misma. Score de Wells bajo.

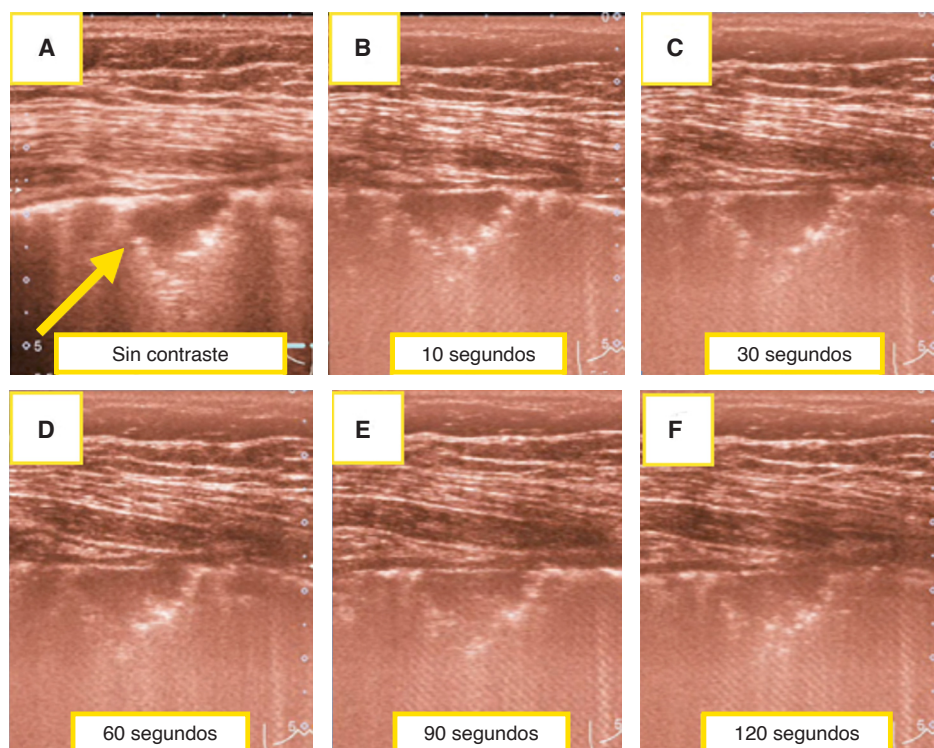


Figura 1:

A) Imagen realizada con ultrasonido modo B/índice mecánico = 1.3; corresponde a una consolidación subpleural anterior superior izquierda (flecha) antes de la administración de contraste.

B-F) Imágenes de la misma consolidación subpleural, a los 10, 30, 60, 90 y 120 segundos posterior a la administración del contraste, no se observa realce. El índice mecánico = 0.3 para minimizar la disrupción de las microburbujas.

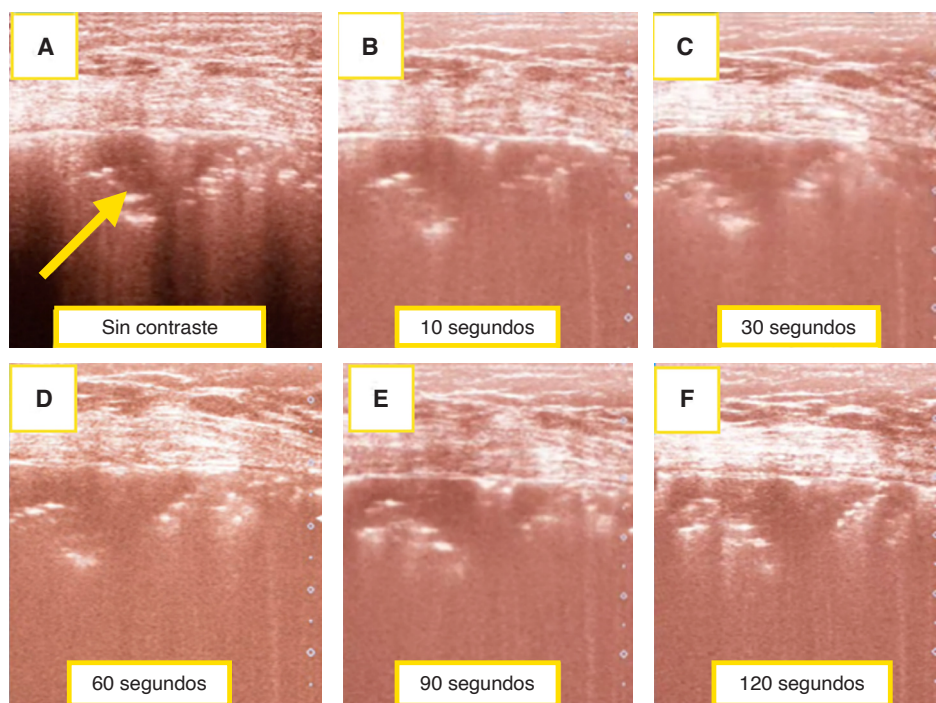


Figura 2:

A) Imagen realizada mediante ultrasonido modo B/índice mecánico = 1.3; corresponde a una consolidación subpleural anterior superior izquierda (flecha) antes de la administración de contraste. **B-F)** Imágenes de la misma consolidación subpleural, a los 10, 30, 60, 90 y 120 segundos posteriores a la administración del contraste en las que no se observa realce al mismo. El índice mecánico = 0.3 para minimizar la disrupción de las microburbujas.

Caso 2

Hombre de 40 años de edad previamente sano quien presenta cuadro clínico compatible con infección por COVID-19 confirmada por RT-PCR; evoluciona hacia el deterioro a expensas de falla respiratoria severa por

lo que fue ingresado en la UCI. El ultrasonido pulmonar para fines de este estudio se realizó a los 50 días después de su ingreso y mostró síndrome intersticial difuso, patrón heterogéneo, líneas B coalescentes con engrosamiento e irregularidades de la línea pleural, y consolidados subpleurales en diversas zonas (*Figura 2*). El es-

tado de oxigenación durante el estudio fue SpO_2 93%, FiO_2 35% mediante CNAF, frecuencia cardíaca 76 lpm. Los exámenes relevantes mostraron linfocitos 0.9×10^3 células/ μL , dímero D 750 ng/mL y proteína C reactiva 354 ng/mL. Un ultrasonido venoso de extremidades mostró presencia de trombosis femoral derecha. La imagen seleccionada para estudio correspondió a una lesión hipoecoica en la zona izquierda 1 (anterior-superior), la cual no mostró reforzamiento durante 120 segundos de visualización con CELUS. El paciente evolucionó hacia la mejoría, se logró el retiro progresivo del soporte y fue egresado 60 días posterior a su ingreso a UCI. Score de Wells alto.

Caso 3

Masculino 44 años de edad, sin enfermedades crónicas conocidas, inició 10 días previos a la realización de este estudio con cuadro típico de infección por COVID-19 que evoluciona hacia el deterioro a expensas de disnea y dificultad respiratoria. Al momento del estudio presentaba Spo_2 89% con FiO_2 de 80% a través de CNAF, frecuencia cardíaca 101 lpm.

Los exámenes relevantes mostraron linfocitos 3×10^3 células/ μL , dímero D 400 ng/mL y proteína C reactiva 28 ng/mL. Ultrasonido pulmonar revela síndrome intersticial difuso, patrón heterogéneo, múltiples consolidados subpleurales y líneas B coalescentes (Figura 3). La consolidación subpleural seleccionada para estudio se encontró en el área posterior inferior izquierda, la cual no mostró reforzamiento al contraste durante 120 se-

gundos. El paciente continuó con mayor deterioro en los siguientes dos días por lo que ameritó el inicio de soporte mecánico ventilatorio. Score de Wells moderado.

DISCUSIÓN

La incidencia de tromboembolismo pulmonar (TEP) en pacientes hospitalizados con COVID-19 ha sido reportada en alrededor de 1.9-8.9%, en 26.6% de pacientes críticos y hasta en 16.7% de los pacientes de la UCI a pesar de tromboprofilaxis²⁷ y se ha asociado con un curso clínico más severo.⁷

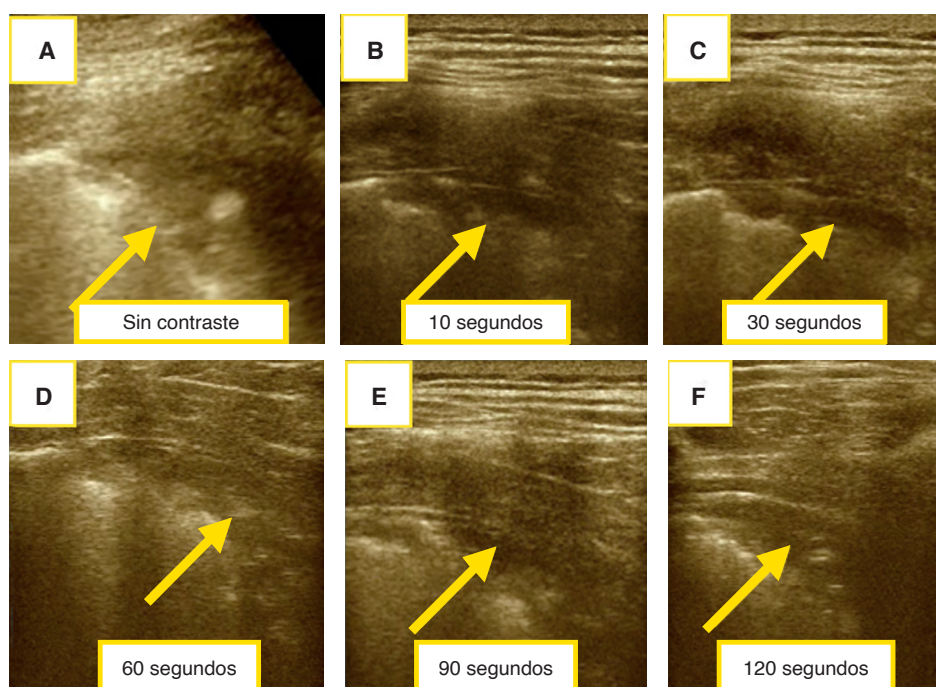
La angiotomografía (angioTAC) es el estándar de oro para el diagnóstico de embolismo pulmonar central con una sensibilidad de 94-96%; sin embargo, 15% de embolismos pulmonares sintomáticos son embolismos a nivel subsegmentario, los cuales no pueden ser siempre detectados por angioTAC.²⁸

El ultrasonido pulmonar (LUS) detecta de manera confiable y con mayor sensibilidad que la angioTAC lesiones embólicas en pacientes con tromboembolismo pulmonar, indicando una mejor resolución del ultrasonido pulmonar en la región subpleural.²⁹

Utilizando CELUS, los efectos de un embolismo subsegmentario pueden ser observados (tal como se mostró en los casos expuestos de este estudio) como lesiones que no realzan el contraste o con realce heterogéneo, incluso si no fueron detectados por angioTAC,³⁰ por lo que una angiotomografía negativa no excluye embolismo pleural; de tal manera que CEUS acorta brecha diagnóstica en la detección de embolis-

Figura 3:

A) Imagen llevada a cabo mediante ultrasonido modo B/índice mecánico = 0.7; corresponde a una consolidación subpleural posterior superior izquierda (flecha) previo a la administración de contraste. **B-F)** Imágenes de la misma consolidación subpleural, a los 10, 30, 60, 90 y 120 segundos después de la administración del contraste en las que no se observa realce al mismo. El índice mecánico = 0.3 para minimizar la disrupción de las microburbujas.



mo pulmonar periférico, como se observó en el presente estudio en el cual ninguno de los pacientes fue sometido a angiogramografía.

Aunque varias condiciones médicas pueden promover infartos pulmonares como cáncer, lupus y otras enfermedades autoinmunes, infecciones, enfermedad *sickle cell*, amiloidosis pulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), insuficiencia cardíaca crónica, la causa más común por mucho es embolismo pulmonar; de hecho, en el contexto clínico de score de Wells alto, embolismo subsegmentario es un importante y probable diagnóstico diferencial de lesiones pleurales detectadas sonográficamente. Sin embargo, en el contexto de COVID-19, debido a la fisiopatología y de acuerdo con estudios histopatológicos de autopsias, resulta muy probable que tales lesiones subpleurales como la de los casos expuestos en este estudio correspondan a infartos pulmonares.

Definitivamente aún no está clara la significancia clínica del embolismo pulmonar subsegmentario y los resultados de estudios difieren en cuanto a los beneficios de la anticoagulación para pacientes con embolismo pulmonar subsegmentario, de tal manera que en la práctica clínica diaria no hay un abordaje consistente terapéutico en esos casos.

CONCLUSIONES

El uso de CELUS en pacientes con neumonía por COVID-19 puede ayudar a identificar lesiones pulmonares periféricas producto de infarto micropulmonar difíciles de visualizar con otros métodos de imagen; esto podría potencialmente ser de utilidad para guiar el manejo y determinar pronóstico, lo cual amerita investigación futura.

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación Mexicana en Ultrasonografía Crítica y Urgencias A.C. (AMUSCU [www.amuscu.mx]) por el privilegio de ser parte de sus profesores y permitir el aprendizaje a través de cursos y conferencias.

REFERENCIAS

1. Tyrrell DA, Bynoe ML. Cultivation of a novel type of common-cold virus in organ cultures. *Br Med J*. 1965;1(5448):1467-1470.
2. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020;395(10223):497-506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5. Epub 2020 Jan 24. Erratum in: *Lancet*. 2020;395(10223):496.
3. Rouhezamin MR, Haseli S. Diagnosing pulmonary thromboembolism in COVID-19: a stepwise clinical and imaging approach. *Acad Radiol*. 2020;27(6):896-897.
4. Bikdeli B, Madhavan MV, Jimenez D, Chuich T, Dreyfus I, Driggin E, et al. COVID-19 and thrombotic or thromboembolic disease: implications for prevention, antithrombotic therapy, and follow-up: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(23):2950-2973.
5. Varga Z, Flammer AJ, Steiger P, Haberecker M, Andermatt R, Zinkernagel AS, et al. Endothelial cell infection and endothelitis in COVID-19. *Lancet*. 2020;395(10234):1417-1418.
6. Ackermann M, Verleden SE, Kuehnel M, Haverich A, Welte T, Laenger F, et al. Pulmonary vascular endothelialitis, thrombosis, and angiogenesis in Covid-19. *N Engl J Med*. 2020;383(2):120-128.
7. Dolhnikoff M, Duarte-Neto AN, de Almeida Monteiro RA, da Silva LFF, de Oliveira EP, et al. Pathological evidence of pulmonary thrombotic phenomena in severe COVID-19. *J Thromb Haemost*. 2020;18(6):1517-1519.
8. Thachil J, Srivastava A. SARS-2 Coronavirus-associated hemostatic lung abnormality in COVID-19: is it pulmonary thrombosis or pulmonary embolism? *Semin Thromb Hemost*. 2020;46(7):777-780.
9. Sartori S, Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pleuropulmonary pathology. *World J Radiol*. 2010; 2: 83-90.
10. Sartori S, Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pulmonary diseases. *World J Radiol*. 2010; 2: 203-214.
11. Gorg C, Bert T, Gorg K. Contrast-enhanced sonography for differential diagnosis of pleurisy and focal pleural lesions of unknown cause. *Chest*. 2005;128(6):3894-3899.
12. Gorg C, Kring R, Bert T. Transcutaneous contrast-enhanced sonography of peripheral lung lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;187(4):W420-429.
13. Gorg C, Bert T, Kring R. Contrast-enhanced sonography of the lung for differential diagnosis of atelectasis. *J Ultrasound Med*. 2006;25(1):35-39.
14. Gorg C, Bert T, Kring R, Dempfle A. Transcutaneous contrast enhanced sonography of the chest for evaluation of pleural based pulmonary lesions: experience in 137 patients. *Ultraschall Med*. 2006;27(5):437-444.
15. Hong-Xia Z, Wen H, Ling-Gang C, Wen-Jia C, Shuo L, Li-Juan D, et al. A new method for discriminating between bronchial and pulmonary arterial phases using contrast-enhanced ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 2016;42(7):1441-1449.
16. Sartori S, Postorivo S, Vece FD, Ermili F, Tassinari D, Tombesi P. Contrast-enhanced ultrasonography in peripheral lung consolidations: what's its actual role? *World J Radiol*. 2013;5(10):372-380.
17. Zheng YL, Yin XY, Xie XY, Xu HX, Xu ZF, Liu GJ, et al. Value of contrast-enhanced ultrasonography in assessing the vascularity of liver metastases: comparison with contrast-enhanced computed tomography. *J Ultrasound Med*. 2010;29(10):1403-1410.
18. Görg C, et al. Transcutaneous contrast enhanced sonography of the chest for evaluation of pleural based pulmonary lesions: experience in 137 patients. *Ultraschall Med*. 2006;27(5): 437-444.
19. Gorg C. Transcutaneous contrast-enhanced sonography of pleural-based pulmonary lesions. *Eur J Radiol*. 2007;64(2):213-221.
20. Wells PS, Anderson DR, Rodger M, Stiell I, Dreyer JF, Barnes D, et al. Excluding pulmonary embolism at the bedside without diagnostic imaging: management of patients with suspected pulmonary embolism presenting to the emergency department by using a simple clinical model and d-dimer. *Ann Intern Med*. 2001;135(2):98-107.
21. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-591.
22. Piscaglia F, Nolsoe C, Dietrich CF, Cosgrove DO, Gilja OH, Bachmann NM, et al. The EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical practice of contrast enhanced ultrasound (CEUS): update 2011 on non-hepatic applications. *Ultraschall Med*. 2012;33(1):33-59.
23. Sidhu PS, Cantisani V, Dietrich CF, Gilja OH, Saftoiu A, Bartels E, et al. The EFSUMB Guidelines and Recommendations for the Clinical Practice of Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS)

- in Non-Hepatic Applications: Update 2017 (Long Version). *Ultraschall Med.* 2018;39(2):e2-e44.
24. Hu C, Feng Y, Huang P, Jin J. Adverse reactions after the use of SonoVue contrast agent: Characteristics and nursing care experience. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(44):e17745.
25. Barr RG. How to develop a contrast-enhanced ultrasound program. *J Ultrasound Med.* 2017;36(6):1225-1240.
26. Bartelt S, Trenker C, Gorg C, Neesse A. Contrast-enhanced ultrasound of embolic consolidations in patients with pulmonary embolism: a pilot study. *J Clin Ultrasound.* 2016;44(3):129-135.
27. Sakr Y, Giovini M, Leone M, Pizzilli G, Kortgen A, Bauer M, Tonetti T, et al. Pulmonary embolism in patients with coronavirus disease-2019 (COVID-19) pneumonia: a narrative review. *Ann Intensive Care.* 2020;10:124.
28. Grillet F, Behr J, Calame P, Aubry S, Delabrousse E. Acute pulmonary embolism associated with COVID-19 pneumonia detected with pulmonary CT angiography. *Radiology.* 2020;296(3):E186-E188.
29. Burge AJ, Freeman KD, Klapper PJ, Haramati LB. Increased diagnosis of pulmonary embolism without a corresponding decline in mortality during the CT era. *Clin Radiol.* 2008;63(4):381-386.
30. Trenker C, Apitzsch JC, Pastor S, Bartelt S, Neesse A, Goerg C. Detection of peripheral embolic consolidations using contrast-enhanced ultrasonography in patients with no evidence of pulmonary embolism on computed tomography: a pilot study. *J Clin Ultrasound.* 2017;45(9):575-579.

Financiamiento: el presente estudio fue realizado con recursos propios del autor.

Conflicto de intereses: sin conflictos de intereses.

Correspondencia:

Juan Antonio Calderón González

E-mail: calderongonzalez@hotmail.com