

Utilidad del ecocardiograma en la evaluación del paciente con tromboembolismo pulmonar

En la actualidad se registra un incremento en la utilización del ecocardiograma para el diagnóstico, evaluación y seguimiento del tromboembolismo pulmonar (TEP). Si bien el ecocardiograma no se puede considerar como un método diagnóstico de rutina en el TEP, sí es claro que puede discriminar a pacientes con TEP de peor pronóstico al evidenciar grados de disfunción ventricular derecha, cuantificar hipertensión pulmonar y eventualmente visualizar trombos proximales. Las imágenes seriadas de la función ventricular derecha pueden ayudar a definir estrategias terapéuticas y establecer resultados. Futuras investigaciones permitirán precisar indicaciones y formular protocolos de estudio y manejo.

El ecocardiograma es útil en el diagnóstico del paciente hemodinámicamente inestable con disnea inexplicable, síncope o insuficiencia cardiaca derecha. En casos de pacientes críticos con marcado compromiso e inestabilidad se puede iniciar evaluación con ecocardiograma transtorácico (ETE).

Anormalidades cualitativas en ecocardiograma transtorácico

Los pacientes con TEP de gran tamaño usualmente presentan anomalías en el ETE que permiten orientar

el diagnóstico y graduar la magnitud de sobrecarga derecha (Tabla 1). En los pacientes con embolia masiva o embolia central el ecocardiograma puede visualizar trombos relacionados o más comúnmente interpretar y permitir evaluar el grado de compromiso hemodinámico. Infortunadamente la baja sensibilidad del ecocardiograma para diagnóstico de TEP en la mayoría de los pacientes nos impide utilizar este método como herramienta primaria en el diagnóstico.

Los signos ecocardiográficos incluyen dilatación ventricular derecha e hipoquinesia, anomalías de motilidad del septum interventricular, insuficiencia tricuspídea, ausencia de colapso inspiratorio de la vena cava inferior. Estas anomalías también tienen representación en hallazgos físicos como ingurgitación yugular, insuficiencia tricuspídea y reforzamiento de segundo ruido. También se identifican las anomalías electrocardiográficas correspondientes como onda S en DI, onda Q en DIII e inversión de onda T de V1 a V4.

Como se puede ver en la Figura 1, el ETT permite evidenciar dilatación de ventrículo derecho y rectificación del septum interventricular, hallazgo característico de la sobrecarga derecha aguda, la cual se recupera y mejora luego de trombólisis exitosa.

Tabla 1. Anormalidades ecocardiográficas en pacientes con TEP.

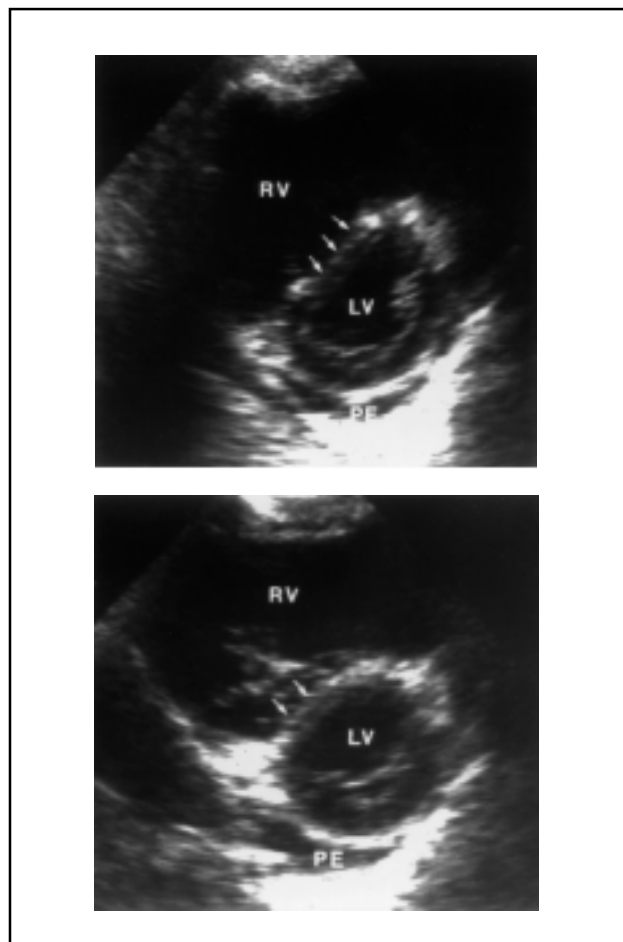
Hallazgos anormales	Descripción
Dilatación e hipoquinesia ventricular derecha	Se asocia con desviación del septum interventricular (IV) a la izquierda. Relación de área de fin de diástole del ventrículo derecho (VD) con área fin de diástole ventricular izquierda (VI) > 0.6 Se asocia con crecimiento auricular derecho e insuficiencia tricuspídea
Septum aplanado y paradójico	Contracción VD continua cuando se ha iniciado la relajación VI.
Deterioro diastólico VI, evidencia de bajo gasto	Debido a desplazamiento del septum IV y consecuente disfunción diastólica.
Visualización directa de émbolos	Sólo en casos de embolismos grandes y centrales. Más probable con ETE que con ETT
Hipertensión arterial pulmonar, detectada en el flujo doppler a nivel del tracto de salida	Acortamiento del tiempo de aceleración, velocidad pico cerca del inicio de la eyección, curva bifásica con reducción de velocidad mesosistólica
Hipertrofia ventricular derecha	Ligero incremento en grosor, cercano a 6 mm de espesor. Visualización incrementada de trabéculas
Foramen oval permeable	Cuando la presión auricular derecha excede a la presión de aurícula izquierda se genera corto circuito con empeoramiento de hipoxemia y riesgo de embolismo paradójico

En los pacientes con compromiso hemodinámico, hay una pequeña diferencia entre las áreas de diástole y sístole ventricular izquierda lo cual podría implicar bajo gasto.

Hipertensión pulmonar

El incremento abrupto en la presión pulmonar causa la disfunción ventricular derecha observada en pacientes con la TEP. La respuesta hemodinámica al TEP depende del tamaño del émbolo, la enfermedad cardiopulmonar coexistente y los efectos neurohumorales. A medida que la presión ventricular derecha y la presión pulmonar incrementan, el ventrículo derecho se dilata, se hace hipoquinético y finalmente tiende a fallar. El incremento agudo de la presión ventricular derecha puede causar disfunción ventricular izquierda por la yuxtaposición de los dos ventrículos y la “interdependencia ventricular”. Con la disminución de llenado del ventrículo izquierdo pueden caer el gasto cardíaco y la presión arterial, comprometándose la perfusión coronaria y generando isquemia miocárdica.

Tradicionalmente se ha estimado la presión sistólica pulmonar midiendo la velocidad pico de la regurgitación tricuspídea por doppler continuo, con lo cual se calcula el gradiente transvalvular usando la fórmula simplificada de Bernoulli, ($P=4V^2$); donde P representa la diferencia de presión pico entre la aurícula derecha y el ventrículo derecho y V es la velocidad pico del chorro regurgitante. Si se agrega a este valor la presión clínicamente estimada de la aurícula derecha y la adicionamos al valor calculado se obtendrá la presión sistólica pulmonar. Sin embargo, puede ocurrir embolismo pulmonar masivo con falla ventricular derecha sin elevación sustancial de la presión pulmonar. En

**Figura 1.** Signos ecocardiográficos de sobrecarga derecha aguda en TEP masivo.

diferentes estudios se ha documentado adecuada correlación con la determinación invasiva de la presión pulmonar y sólo se encuentran fallas en la estimación clínica de la presión auricular derecha. Para optimizar la correlación de las diferentes técnicas ecográficas con el valor de presión pulmonar se debe optimizar la evaluación de la magnitud y velocidad de la insuficiencia tricuspídea pilar de la determinación ecocardiográfica.

Relación entre disfunción ventricular y tamaño de embolismo pulmonar

Cuando se ha comparado el grado de disfunción ventricular derecha demostrada en el ecocardiograma por el deterioro en la contractilidad sistólica de la pared del ventrículo o por aumento en el área de fin de diástole del mismo con los hallazgos de la gammagrafía de perfusión pulmonar graduada según puntaje de segmentos comprometidos, se puede afirmar que en aquellos pacientes con compromiso menor a 30% de la perfusión en la imagen de medicina nuclear durante el evento embólico, tienen 6.8 veces más probabilidades de tener función ventricular derecha normal en la valoración ecocardiográfica. Por el

contrario, pacientes con 30% o más de tejido pulmonar no perfundido tienen 92% de posibilidades de desarrollar y evidenciar hipoquinesia ventricular derecha. Teniendo en cuenta estas evidencias probablemente el ecocardiograma como herramienta para el diagnóstico y manejo de TEP tenga mayor rendimiento en casos de TEP con sospecha de compromiso de más de una tercera parte de la circulación pulmonar.

Disfunción ventricular derecha regional

Como lo describió McConnell en 1996 luego de hacer el seguimiento de una serie de casos de TEP de gran tamaño, se apreció que a pesar de evidenciar hipoquinesia severa de la pared libre del ventrículo derecho en casos de TEP severo, la contractilidad del ápex del ventrículo derecho se encontraba menos comprometida e incluso casi normal lo cual podría explicarse por mecanismo de arrastre por el ventrículo izquierdo hiperdinámico, por estrés diferencial en los otros segmentos de la pared del ventrículo derecho o finalmente por mayor isquemia de la pared libre ventricular derecha. Para diagnóstico de TEP el signo de McConnell tiene una sensibilidad de 77%, especificidad de 94%, valor predictivo positivo de 71% y valor predictivo negativo de 96%. Recientemente se han informado casos aislados de TEP confirmado, con evidencia del signo de McConnell invertido, intercambiando los hallazgos de la contractilidad segmentaria en el ápex y la pared libre del ventrículo derecho.

La disfunción ventricular derecha se ha establecido como predictor definitivo en el pronóstico del embolismo pulmonar. Los grados moderados a severos de disfunción ventricular son fácilmente detectables con poca variabilidad interobservador.

Los criterios más comúnmente usados en la graduación de la disfunción ventricular derecha son:

1. Relación de diámetro de fin de diástole ventrículo derecho a izquierdo mayor de 1 en proyección apical de cuatro cámaras.
2. Diámetro de fin de diástole del ventrículo derecho mayor de 30 mm
3. Movimiento paradójico del septum interventricular

Ecocardiograma transesofágico en TEP

Ofrece su mayor utilidad en la visualización directa de trombos en cavidades derechas o en arterias pulmonares principales (embolismo pulmonar masivo). En estas condiciones el examen podría complementar la evaluación objetiva de la magnitud del embolismo y facilitar la preparación de un plan quirúrgico.

La técnica transesofágica requiere mayor nivel de entrenamiento, es más costosa y usualmente menos accesible. El ETE puede resultar de gran ayuda en el estudio de pacientes con colapso circulatorio súbito o con trastorno de conciencia. En general, primero se visualiza la arteria pul-

monar principal y la rama derecha. La rama pulmonar derecha se puede seguir con ETE hasta las ramas lobares. La rama izquierda es más difícil de seguir por interposición del bronquio fuente izquierdo. La real utilidad que podría tener el ETE en este tipo de pacientes radica en la posibilidad de confirmar embolia pulmonar masiva como causa del colapso e indicar terapia trombolítica en pacientes seleccionados luego de reanimación, según se estableció en un estudio donde dos ecocardiografistas practicaron ETE a 25 pacientes que se presentaron con actividad eléctrica sin pulsos: en 11 pacientes no se documentó sobrecarga derecha, en los otros 14 pacientes se confirmó dilatación derecha sin compromiso ventricular izquierdo aparente. De los 14 pacientes en cinco se descartó embolia pulmonar. Los hallazgos que explicaron el compromiso derecho en estos cinco pacientes fueron: contusión miocárdica, infarto de ventrículo derecho, cor pulmonar e hipertrofia ventricular. En los nueve pacientes restantes se confirmó TEP.

En ocasiones el ETE puede permitir visualización directa del trombo en cavidades derechas, como se aprecia en la Figura 2, e incluso podría confirmar el TEP al evidenciar el tromboémbolo dentro de la arteria pulmonar.

Estratificación de riesgo y pronóstico

El espectro clínico del tromboembolismo pulmonar es amplio. Los pacientes varían desde mínimos síntomas con pequeño émbolos hasta pacientes que ingresan con cuadro de muerte súbita, choque cardiogénico y falla ventricular derecha aguda. La mayoría de los pacientes con TEP, sin embargo, se ubican en el intermedio de estos dos extremos.

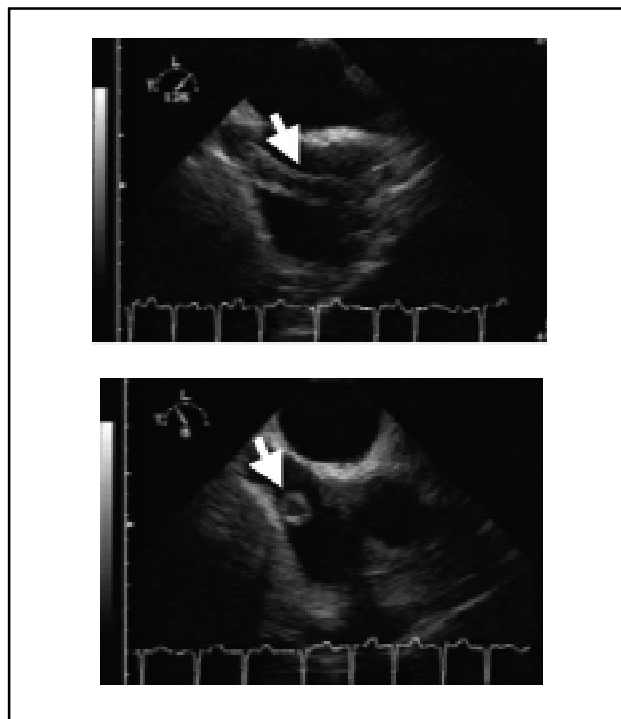


Figura 2. Trombo cilíndrico localizado en AD.

La estratificación rápida del riesgo en pacientes con TEP puede asegurar un enfoque terapéutico óptimo y ofrecer mejor pronóstico permitiendo utilizar trombólisis o cirugía en casos indicados.

Se ha confirmado en diferentes estudios que la determinación de sobrecarga derecha es el mejor predictor de mortalidad hospitalaria en los pacientes con embolia pulmonar. En análisis multivariado se ha demostrado un incremento de seis veces en el riesgo relativo de mortalidad al comparar pacientes con TEP y disfunción ventricular derecha con pacientes con TEP sin esta alteración. En el Registro Internacional Cooperativo de Embolismo Pulmonar se encontró que la mortalidad a los 90 días era superior en pacientes con disfunción ventricular derecha demostrada por ecocardiograma, y al aplicar modelos de regresión, se estableció que la hipoquinesia ventricular derecha aguda era el predictor más potente de mortalidad a 90 días.

Ecocardiograma en trombolisis

En el estudio y registro MAPPET se incluyeron 1.001 pacientes con embolismo pulmonar mayor. La trombólisis demuestra beneficios en el subgrupo de 719 pacientes con moderada a severa disfunción ventricular derecha con presión arterial sistémica normal al ingreso. La mortalidad a los 30 días fue más baja en los 169 pacientes que recibieron terapia trombolítica como tratamiento inicial frente a aquellos que recibieron anticoagulación solamente (4.7% vs 11.1%). El análisis final demuestra que la trombólisis disminuyó a la mitad la mortalidad con un incremento significativo en episodios de sangrado.

Luego de trombólisis para embolismo pulmonar, tanto la disfunción ventricular derecha global como la regional usualmente se recuperan rápidamente. Aplicando las diferentes escalas de puntuación para la motilidad regional del ventrículo derecho se puede monitorizar la respuesta al tratamiento, realizando ecocardiogramas seriados.

Finalmente se están esperando resultados de experimentos clínicos que demuestren el impacto de la utilización del ultrasonido como método físico para lisar trombos causantes de embolia pulmonar.

Conclusión

El ecocardiograma es una técnica de imagen útil y segura que aporta información crítica de los efectos fisiológicos del embolismo pulmonar y la disfunción ventricular derecha. Actualmente no se considera al ecocardiograma como método diagnóstico de embolia pulmonar pero sí es útil y puede dar información rápida y precisa con respecto a severidad e impacto del evento

embólico así como orientar para la terapia seleccionada y verificar su resultado.

Bibliografía

- **Aklog L, Williams CS, Byrne JG, Goldhaber SZ.** Acute pulmonary embolism. A contemporary approach. *Circulation* 2002;105:1416-9
- **AlMahameed A, Bartholomew JR.** Patients with acute pulmonary embolism should have an echocardiogram to guide treatment decisions *Med Clin N Am* 2003;87:1251-1262
- **Daniels LB, Krummen D, Blanchard D.** Echocardiography in pulmonary vascular disease. *Cardiol Clin* 2004;22:383-399
- **Dariusch H, Sueselbeck T, Poerner T, Borggreffe M, Haase K.** A novel regional right ventricular wall-motion abnormality observed in a case of acute pulmonary embolism (reverse McConnell sign). *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:75-7
- **Ghio S, Raineri C, Scelsi L, Recusani F, et al.** Usefulness and limits of transthoracic echocardiography in the evaluation of patients with primary and chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:1374-80
- **Goldhaber SZ, Visani L, De Rosa M.** Acute pulmonary embolism: clinical outcomes in the International Cooperative Pulmonary Embolism Registry (ICOPER). *Lancet* 1999;353:1386-9
- **Goldhaber SZ.** Echocardiography in the management of pulmonary embolism. *Ann Intern Med* 2002;136:691-700
- **Grifoni S, Olivetto I, Cecchini P, Pieralli F, Camaiti A, Santoro G, et al.** Short term clinical outcome of patients with acute pulmonary embolism, normal blood pressure, and echocardiographic right ventricular dysfunction. *Circulation* 2000;101:2817-22
- **Jardin F, Dubourg O, Bourdarias JP.** Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. *Chest* 1997;111:209-17.
- **Kasper W, Konstantinides S, Geibel A, Olschewski M, Heinrich F, Grosser KD, et al.** Management strategies and determinants of outcome in acute major pulmonary embolism: results of a multicenter registry. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1165-71
- **Kruij M, Leclercq M, Prins M, Büller H, et al.** Diagnostic strategies for excluding pulmonary embolism in clinical outcome studies. A systematic review. *Ann Intern Med* 2003;138:941-95
- **Kucher N, Goldhaber S.** Management of massive pulmonary embolism. *Circulation* 2005;112:e28-e32
- **Leibowitz D.** Role of echocardiography in the diagnosis and Treatment of acute pulmonary thromboembolism. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:921-6
- **Lualdi J, Goldhaber SZ.** Right ventricular dysfunction after acute pulmonary embolism: Pathophysiologic factors, detection and therapeutic implications. *Am Heart J* 1995;130:1276-82
- **McConnell MV, Solomon SD, Rayan ME, Come PC, Goldhaber SZ, Lee RT.** Regional right ventricular dysfunction detected by echocardiography in acute pulmonary embolism. *Am J Cardiol* 1996;78:469-73
- **Pruszczyk P, Torbicki A, Kuch-Wocial A, Chlebus M, Miskiewicz ZC, Jedrusik P.** Transesophageal echocardiography for definitive diagnosis of haemodynamically significant pulmonary embolism. *Eur Heart J* 1995;16:534-8
- **Pruszczyk P, Torbicki A, Kuch-Wocial A, Szulc M.** Diagnostic value of transesophageal echocardiography in suspected haemodynamically significant pulmonary embolism. *Heart* 2001;85:628-634
- **Ribeiro A, Juhlin-Dannfelt A, Brodin LA, Jorfeldt L, et al.** Pulmonary Embolism: Relation between the degree of right ventricle overload and the extent of perfusion defects. *Am Heart J* 1998;135:868-74
- **Ribeiro A, Lindmarker P, Johnsson H, Juhlin-Dannfelt A, Jorfeldt L.** Pulmonary embolism. One year follow up with echocardiography doppler and five year survival analysis. *Circulation* 1999;99:1325-1330
- **Ribeiro A, Lindmarker P, Juhlin-Dannfelt A, Johnsson H, Jorfeldt L.** Echocardiography Doppler in pulmonary embolism: right ventricular dysfunction as a predictor of mortality rate. *Am Heart J* 1997;134:479-87
- **Steiner P, Lund S, Debatin B, et al.** Acute Pulmonary Embolism: Value of transthoracic and transesophageal echocardiography in comparison with helical CT. *AJR* 1996;167:931-36
- **Tapson VF.** Acute pulmonary embolism. *Cardiol Clin* 2004;22:353-365