

TERAPIAS DIRIGIDAS POR CATÉTER PARA TROMBOEMBOLISMO PULMONAR AGUDO: EXPERIENCIA DE UN CENTRO EN ARGENTINA

CATHETER-DIRECTED THERAPIES FOR ACUTE PULMONARY THROMBOEMBOLISM: EXPERIENCE IN A CENTER IN ARGENTINA

LEONARDO GARCÍA ITURRALDE¹, MAXIMILIANO MUZZIO³, DIEGO COSTA³, FLORENCIA ACOSTA², GUILLERMINA ESPERÓN¹, LUCIANA CÓRSICO¹, BERNARDO SERÓ⁴, ADRIÁN ROSSINI⁵, MARCELO NOTRICA⁶, ROBERTO CORONEL⁷

RESUMEN

Introducción. El tromboembolismo pulmonar (TEP) causa una gran cantidad de muertes a nivel global. El tratamiento de casos con riesgo elevado e intermedio se basa actualmente en la trombolisis sistémica, lo cual genera inconvenientes en pacientes con riesgo elevado de sangrado, y las terapias dirigidas por catéter (TDC) pueden ser una opción.

Objetivos. Evaluar la seguridad y eficacia de las TDC, analizando el comportamiento de distintas variables clínicas (tensión arterial, frecuencia cardíaca, presión sistólica de la arteria pulmonar [PSAP], fracción inspirada de oxígeno) antes e inmediatamente después del procedimiento, así como detectar complicaciones.

Métodos: Estudio unicéntrico retrospectivo en pacientes con TEP de riesgo alto o intermedio-alto con contraindicaciones para la trombolisis sistémica. Se utilizaron técnicas de trombolisis realítica o tromboaspiración dirigidas por catéter. Se evaluó su efectividad sobre variables clínicas, así como la ocurrencia de complicaciones.

Resultados. En 12 pacientes con TEP tratados con TDC se observó un aumento significativo de la PaFiO₂ de 62 mmHg ($p=0,013$) así como una reducción significativa de la presión sistólica de la arteria pulmonar de 13 mmHg ($p<0,001$). Como complicaciones hubo un caso de hemoptisis y dos de hemólisis, con una mortalidad total del 16,7%.

Discusión. En varios estudios se ha podido demostrar que las terapias dirigidas por catéter reducen la hipertensión pulmonar y sus efectos sobre el ventrículo derecho, y las recomendaciones internacionales las posicionan como una alternativa de tratamiento en pacientes con contraindicaciones para la trombolisis sistémica. En nuestro centro demostramos su factibilidad y buenos resultados sobre variables clínicas con una tasa aceptable de complicaciones. Sin embargo, aún no se encuentran avaladas por evidencia de alta calidad.

Conclusión. Las TDC en pacientes con TEP de riesgo alto o intermedio-alto pueden ser una opción factible en caso de estar contraindicada la trombolisis sistémica o ante el riesgo alto de sangrado.

Palabras clave: embolia pulmonar, trombectomía, hipertensión pulmonar.

ABSTRACT

Introduction: Pulmonary thromboembolism (PTE) causes many deaths globally. Treatment of high-risk cases is currently based on systemic thrombolysis, which can be difficult in patients in high risk of bleeding. In them, catheter-directed therapy (CDT) may be a valid option.

Aims: To assess the safety and efficacy of CDTs, analyzing the behavior of different clinical variables (blood pressure, heart rate, pulmonary artery systolic pressure [PASP], fraction of inspired oxygen).

Methods: Retrospective single-center study in patients with high or intermediate-high risk PTE with contraindications for systemic thrombolysis. Rheolytic thrombectomy or catheter-directed thromboaspiration techniques were used. Their effectiveness on clinical variables was evaluated, as well as the occurrence of complications.

Results: A significant increase in PaO₂/FiO₂ of 62 mmHg ($p = 0.013$) was observed in 12 patients with PTE treated with CDT, as well as a significant reduction in pulmonary artery systolic pressure of 13 mmHg ($p < 0.001$). There was one case of hemoptysis and two of hemolysis, with a total mortality of 16.7%.

Discussion: Several studies have shown that catheter-directed therapies reduce pulmonary hypertension and its effects on the right ventricle, and international recommendations position them as an alternative treatment in patients with contraindications for systemic thrombolysis. In our center, we demonstrated its feasibility and good results on clinical variables with an acceptable rate of complications. However, they are not yet supported by high-quality evidence.

Conclusion: CDTs in patients with high or intermediate-high risk PTE may be a feasible option if systemic thrombolysis is contraindicated or there is an increased bleeding risk.

Keywords: pulmonary embolism, thrombectomy, pulmonary hypertension.

REVISTA CONAREC 2021;36(158):46-50 | [HTTPS://DOI.ORG/10.32407/RCON/2020158/0046-0050](https://doi.org/10.32407/RCON/2020158/0046-0050)

INTRODUCCIÓN

El tromboembolismo pulmonar (TEP) es una entidad potencialmente mortal que causa entre 100.000 y 180.000 muertes anualmente en los Estados Unidos¹ y 300.000 en Europa². En Argentina, según el registro CONAREC XX, el TEP constituye una patología con una elevada tasa de mortalidad intrahospitalaria atribuible al evento embólico e influenciada por la gravedad y comorbilidades asociadas a la patología³.

El TEP requiere una estratificación de riesgo adecuada para poder establecer su tratamiento en cada caso. Es así como, en pacientes de alto riesgo que se presentan con inestabilidad hemodinámica, la trombolisis sistémica o embolectomía quirúrgica es razonable, mientras que para el de bajo riesgo se indica solamente anticoagulación².

1. Residente de Cardiología.
2. Jefa de Residentes de Cardiología.
3. Coordinador de Unidad Coronaria.
4. Fellow de Hemodinamia.
5. Staff de Hemodinamia.
6. Jefe de Hemodinamia.
7. Jefe de procesos cardiológicos.

Sanatorio Sagrado Corazón. CABA.

✉ **Correspondencia:** Leonardo García Iturralde. Bartolomé Mitre 1955. CABA. Tel.: 11-52387900. conarecrevista@gmail.com

Los autores declaran no poseer conflictos de intereses.

Recibido: 30/03/2021 | Aceptado: 10/04/2021

Tabla 1. Características de los pacientes.

ID	Edad	Sexo	Etiología	Riesgo	Presentación	Contraindicación a fibrinólisis	TEP previo	Localización	PESI	NT-proBNP (ng/dl)	Troponina I (ng/dl)
1	41	F	Anticonceptivos.	Intermedio Alto	Disnea	Metrorragia	Sí	Lobar inferior bilateral y tronco izquierdo	101	3530	0,08
2	48	F	Anticonceptivos.	Intermedio Alto	Disnea	Hemorragia digestiva	Sí	Lobar inferior y media derecha, lobar inferior izquierda	67	2650	0,09
3	48	F	Anticonceptivos.	Intermedio Alto	Disnea	Metrorragia	Sí	Lobar inferior bilateral y lobar inferior izquierda	68	1050	0,17
4	55	M	Cáncer de colon	Intermedio Alto	Disnea	Postoperatorio	Sí	Lobares y segmentarias inferior, medio y superior derecho	135	893	0,75
5	68	F	Sedentarismo	Alto	Disnea	Plaquetopenia	Sí	Lobares superior, media e inferior bilateral	158	-	0,57
6	55	M	Astrocitoma	Alto	Hipotensión	Tumor cerebral	Sí	Lobares media, tronco bilateral	195	-	-
7	39	M	Encefalitis autoinmune	Intermedio Alto	Disnea	Tumor cerebral	No	Lobares superior y media derechas	169	-	-
8	62	F	Cáncer gástrico	Intermedio Alto	Hemoptisis	Hemorragia digestiva	Sí	Lobares superior, media e inferior derecha	162	3630	0,14
9	73	F	Patología de columna	Intermedio Alto	Disnea	Plaquetopenia	Sí	Lobar inferior y medio derecha, lobar inferior izquierda	121	7030	0,15
10	68	M	Cirugía cardíaca	Intermedio Alto	Disnea	Postoperatorio	Sí	Lobar media y superior derecha	108	1010	0,02
11	59	M	Obesidad mórbida	Intermedio Alto	Disnea	Obesidad mórbida	No	Lobar media derecha, rama principal, superior e inferior izquierdas	98	2210	0,4
12	61	F	Sedentarismo	Alto	Disnea y dolor torácico	Metrorragia	No	Rama principal, lobares superior, medio a inferior derechas. Lobar inferior izquierda.	81	414	0,11

Los pacientes hemodinámicamente estables con indicios de disfunción cardíaca derecha (biomarcadores cardíacos elevados y estudios de imágenes con evidencia de afectación del ventrículo derecho) constituyen un grupo de riesgo intermedio para el cual continúa existiendo controversia sobre la estrategia terapéutica óptima⁴.

Las directrices y guías de la Asociación Americana del Corazón (AHA)⁶, Sociedad Europea de Cardiología (ESC)⁷ y Sociedad Argentina de Cardiología (SAC)⁸ para el tratamiento del TEP han reconocido a las terapias dirigidas por catéteres (TDC) como alternativa cuando existe una contraindicación para la trombolisis sistémica, o para cuando esta ha fracasado o cuando la cirugía no es una opción⁹.

En nuestro centro, disponemos de dos tipos de TDC que incluyen la trombectomía reolítica (*AngioJet*[®]) y el sistema de tromboaspiración (*Penumbra*[®]), una vez estratificado el riesgo en aquellos casos en los cuales la trombolisis sistémica está contraindicada o el riesgo de sangrado es elevado.

En particular, nos interesa realizar un análisis descriptivo general de los pacientes sometidos a dichas terapias, con el objetivo de evaluar su seguridad y eficacia, analizando el comportamiento de distintas variables clínicas (tensión arterial, frecuencia cardíaca, presión sistólica de la arteria pulmonar [PSAP], PaFIO₂) antes e inmediatamente después del procedimiento, así como detectar la ocurrencia de complicaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio retrospectivo y observacional en la unidad coronaria de un sanatorio de alta complejidad de la ciudad de Buenos Aires, entre los meses de julio 2018 y abril de 2020.

Se incluyó a todos los pacientes mayores de 18 años con diagnóstico de TEP agudo de riesgo intermedio-alto y alto confirmado por angiotomografía de tórax, con contraindicaciones absolutas para trombolisis sistémica o riesgo de sangrado elevado. La estratificación de riesgo se realizó en base a la escala de PESI (*Pulmonary Embolism Severity Index*) e indicios de disfunción cardíaca derecha según las variables de riesgo (troponina I y péptido natriurético tipo B [NT-proBNP] elevados más disfunción del ventrículo derecho detectada por ecocardiografía).

Las TDC incluyeron el sistema de tromboaspiración (*Penumbra*[®]) y el de trombectomía reolítica (*AngioJet*[®]) cuya técnica endovascular se detalla en el siguiente apartado.

De la historia clínica se obtuvieron datos como la edad, sexo, factores predisponentes para TEP, presentación clínica al ingreso, presencia de contraindicaciones para terapia fibrinolítica, valores de troponina I y NT-proBNP, localización de trombos en el árbol arterial pulmonar, y la dilatación y función ventricular derecha. Todo protocolo se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la Declaración de Helsinki para investigación en pacientes en su última versión (Fortaleza, 2013) y con la aprobación de las autoridades institucionales.

Para definir la tasa de éxito terapéutico se evaluaron: la tensión arterial, la frecuencia cardíaca, el hematocrito, la presión sistólica de la arteria pulmonar y la PaFIO₂, antes y después del procedimiento.

Para el análisis estadístico las variables continuas se presentaron como medias y desviaciones estándar o medianas con intervalos intercuartílicos (IIC) según su distribución, y se compararon con la prueba de la t de Student o la prueba de Wilcoxon para datos pareados,

Tabla 2. Características de los procedimientos.

ID	Dispositivo	Tiempo al tratamiento (horas)	Inotrópicos/vasoactivos	Asistencia ventilatoria	Óxido nítrico	Resultados angiográficos	Complicaciones	Sobrevida
1	AngioJet®	6	Milrinona/noradrenalina	VNI	Sí	Permeabilización parcial	Hemólisis	Sí
2	AngioJet®	24	No	No	No	Permeabilización completa	No	Sí
3	AngioJet®	8	No	No	No	Permeabilización completa	No	Sí
4	AngioJet®	12	No	VNI	Sí	Permeabilización completa	No	Sí
5	Penumbra®	24	Noradrenalina	AVM	No	Permeabilización parcial	No	No
6	Penumbra®	6	Noradrenalina	AVM	No	Permeabilización completa	No	No
7	Penumbra®	-	No	AVM	No	Permeabilización completa	No	Sí
8	Penumbra®	12	No	No	No	Permeabilización completa	No	Sí
9	Penumbra®	12	No	No	No	Permeabilización completa	No	Sí
10	AngioJet®	18	No	No	No	Permeabilización completa	Hemoptisis	Sí
11	AngioJet®	12	No	VNI	Sí	Permeabilización completa	Hemólisis	Sí
12	AngioJet®	8	No	VNI	Sí	Permeabilización parcial	No	Sí

VNI: Ventilación no invasiva. AVM: Asistencia ventilatoria mecánica.

respectivamente. Se estipuló como estadísticamente significativo un valor de p menor que 0,05. Se realizaron gráficos de Gardner-Altman para observar el intervalo de confianza de la media de las diferencias pareadas. Todos los cálculos se llevaron a cabo con el programa R versión 3.6.1.

TÉCNICA ENDOVASCULAR

Para la técnica endovascular se colocó una vaina 8 French (Fr) por punción de una vena femoral según técnica de Seldinger, para luego avanzar un catéter de *pig-tail* hasta cada una de las arterias pulmonares, e inyectar contraste con bomba de infusión para la realización de una arteriografía pulmonar diagnóstica.

Posteriormente se cateterizó selectivamente la arteria pulmonar a tratar con un catéter guía multipropósito para luego avanzar el catéter de AngioJet® o Penumbra® sobre una guía 0,035", y se procedió a realizar la fragmentación y aspiración de los trombos respetando los tiempos estipulados para cada pulmón de acuerdo con las normas de fabricante del catéter (Figuras 1 y 2).

RESULTADOS

En total 12 pacientes fueron incluidos en el período de estudio, 7 mujeres y 5 varones, con una media de edad de 57 años, 10 con riesgo intermedio-alto y 2 de riesgo alto. Todos los pacientes tenían contraindicaciones absolutas o relativas de peso para recibir trombolisis sistémica. La presentación clínica más frecuente de ingreso fue la disnea.

La confirmación diagnóstica realizada por angiotomografía de tórax reveló 8 pacientes con TEP bilateral, y más de 2 arterias lobares comprometidas en la totalidad de los pacientes tratados. Las características generales pueden observarse en la **Tabla 1**.

Una vez hecho el diagnóstico y estratificación de riesgo, en promedio se tardó 12,9 horas hasta llevar a cabo el procedimiento. Las TDC fueron seleccionadas en virtud del criterio médico del especialista en hemodinamia. Fueron 7 los pacientes a quienes se les realizó trombecotomía realítica y a los 5 restantes tromboaspiración. Durante el procedimiento, 3 pacientes requirieron soporte vasopresor con noradrenalina, 3 de asistencia ventilatoria mecánica (AVM) y 4 ventilación no in-

vasiva (VNI) de manera transitoria. En cuatro casos se utilizó óxido nítrico inhalado luego del procedimiento. Angiográficamente se logró la permeabilidad completa de las arterias tratadas en 9 pacientes y en el resto de manera parcial. En la Tabla 2 se pueden observar las características de los procedimientos.

Al momento de evaluar la efectividad clínica de las TDC, como puntos a favor se destacó un aumento significativo posprocedimiento de la PaFiO₂ promedio de 62 (p=0,013) en 9 pacientes con mediciones completas (Figura 3). De la misma manera, en 11 pacientes con mediciones completas se evidenció un efecto beneficioso sobre la PSAP con una reducción promedio de 13 mmHg (p < 0,001) (Figura 4). Como complicaciones, hubo un caso de hemoptisis y dos de hemólisis, con una disminución general del hematocrito significativa (p=0,011). En cuanto a la mortalidad, 1 paciente falleció como consecuencia directa del TEP luego del procedimiento, y otro por shock séptico durante la internación, con una mortalidad total del 16,7%.

DISCUSIÓN

El TEP es una entidad de presentación clínica variable y con una marcada morbimortalidad a corto y largo plazo².

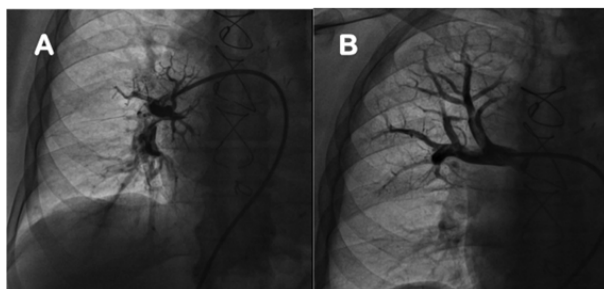
Tradicionalmente, la trombolisis sistémica se ha considerado en pacientes de alto riesgo como el tratamiento de primera línea avalado por las distintas guías médicas^{6,7,8}, ya que demostró lograr una mejoría hemodinámica y posiblemente un menor riesgo de muerte a costa de un mayor riesgo de hemorragias severas, incluida la intracraneal. A lo largo de los últimos años han surgido investigaciones y revisiones de la evidencia sobre el rol de las TDC con el fin de esclarecer su utilidad para posicionarlas como una opción de tratamiento segura y eficaz en el tratamiento del TEP agudo en pacientes con contraindicaciones para fibrinólisis sistémica^{10,17}.

Kuo et al. en el registro multicéntrico PERFECT¹¹ demostraron que el tratamiento endovascular a través de catéteres mejora notablemente la hipertensión pulmonar y su repercusión sobre el ventrículo derecho de manera eficaz y sin aumento de las complicaciones. Assaf Graif et al.¹² compararon y demostraron la efectividad técnica y clínica de la trombolisis asistida por ultrasonido (TAUS) al compararla contra la trombolisis dirigida por catéter flexible (TDCF) para el trata-

Tabla 3. Comparación de efectividad (medias \pm desvío estándar o medianas e intervalos intercuartílicos).

	Antes	Después	p
TAS (mm Hg)	110 (99,75-125,5)	103 (90-110)	0,107
TAD (mm Hg)	75 (64,5-90)	63,5 (58,75-70)	0,024
FC (lpm)	107 (100-120)	100 (99-101)	0,066
Hematocrito (%)	33,4 (31,35-38,6)	30,5 (30,0-34,3)	0,011
PaFiO ₂	157 (\pm 81)	219 (\pm 117)	0,013
PSAP (mm Hg)	57,6 (\pm 11,3)	44,6 (\pm 7,5)	<0,001

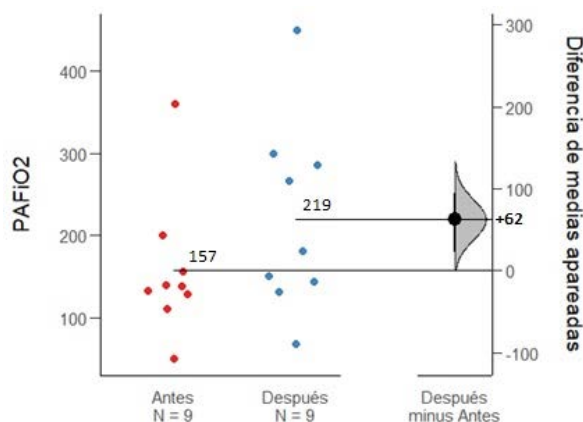
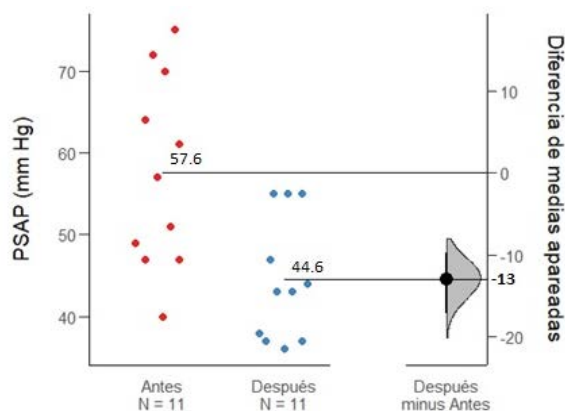
TAS: tensión arterial sistólica. TAD: tensión arterial diastólica. FC: frecuencia cardíaca. Lpm: latidos por minuto. PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar.

**Figura 1.** Resultado de la trombectomía reolítica con el sistema (AngioJet®). A: Imagen inicial - oclusión de las arterias lobares. B: Resultado final.**Figura 2.** Resultado de la tromboaspiración con el sistema (Penumbra®). A: Imagen inicial - oclusión de las arterias lobares. B: Resultado final.

miento del TEP agudo, al lograr una mayor reducción de la presión de la arteria pulmonar media (PAPm) (7,4 mmHg y 8,2 mmHg, respectivamente). Hennemeyer et al.¹³ realizaron una revisión retrospectiva de 105 pacientes con TEP masivos y submasivos durante dos años, 36 pacientes fueron tratados con TDC, que incluían trombectomía por aspiración y trombolisis asistida por ultrasonido; se objetivó una mejoría significativa de la relación ventrículo derecho/ventrículo izquierdo (VD/VI) a las 24-48 horas, con mayores efectos en pacientes con dilatación del VD leve a moderada, en comparación con aquellos que solo recibieron anticoagulantes.

La experiencia con trombectomía reolítica para el TEP es limitada y se ha asociado con casos de hipotensión profunda inducida por bradiarritmia, taponamiento cardíaco, hemorragia pulmonar, hemólisis mecánica, hemoptisis y síndrome de reperfusión pulmonar^{14,15}.

La última guía sobre diagnóstico y tratamiento del TEP de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC 2019)² posiciona a las TDC como una opción de tratamiento en pacientes con TEP masivo, en quienes la trombolisis sistémica está contraindicada o ha fallado y para aquellos con TEP submasivo como alternativa de la fibrinólisis sistémica en paciente con deterioro hemodinámico aun estando anticoagulados (clase de recomendación IIa, nivel de evidencia C).

**Figura 3.** Efecto del tratamiento sobre la PaFiO₂ (gráfico de Gardner-Altman).**Figura 4.** Efecto del tratamiento sobre la presión sistólica pulmonar (gráfico de Gardner-Altman).

Recientemente la AHA llevó a cabo una revisión sistemática junto con una declaración científica sobre el uso de TDC. En este documento discuten en profundidad los riesgos y beneficios de cada tipo de terapia y su utilidad¹⁰.

En nuestro país no existen hasta el momento recomendaciones de parte de las sociedades científicas en cuanto al uso de TDC. En nuestro centro, logramos demostrar que su uso es factible, y que los resultados son similares a los obtenidos en otros países y centros de referencia, con un elevado porcentaje de éxito terapéutico y baja tasa de complicaciones.

CONCLUSIÓN

Si bien es cierto que la evidencia mostró importantes beneficios de las TDC con respecto a la mejoría de hipertensión pulmonar, presiones cardíacas derechas y estabilización hemodinámica, con menor riesgo de sangrado y supervivencia al alta hospitalaria, el papel exacto de dichas terapias no se ha establecido a través de ensayos controlados, aleatorizados, prospectivos bien diseñados ni comparado de manera directa a través de estudios controlados contra anticoagulación o trombolisis sistémica. Mientras tanto, son una alternativa valiosa en pacientes con TEP de riesgo alto o intermedio-alto con contraindicaciones para la trombolisis sistémica.

BIBLIOGRAFÍA

1. *The Surgeon General's Call to Action to Prevent Deep Vein Thrombosis and Pulmonary Embolism*. Office of the Surgeon General (US), et al. Office of the Surgeon General (US). 2008.
2. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. ESC Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J* 2020;41(4):543-60 e3.
3. Cigalini I, Igoznikof D, Jauregui J, Ortego J, Aboy J, Cornejo D, et al. Tromboembolismo de Pulmón en la República Argentina. Registro CONAREC XX: Protocolo. *Revista CONAREC* 2018;33 (146):244-5.
4. Kearon C, Akl EA, Ormelas J, Blaivas A, Jimenez D, Bounameaux H, et al. Antithrombotic therapy for VTE disease: CHEST Guideline and Expert Panel Report. *Chest* 2016;149(2):315-52.
5. Kuo WT, Gould MK, Louie JD, Rosenberg JK, Sze DY, Hofmann LV. Catheter-directed therapy for the treatment of massive pulmonary embolism: systematic review and meta-analysis of modern techniques. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20(11):1431-40.
6. Jaff MR, McMurtry MS, Archer SL, Cushman M, Goldenberg N, Goldhaber SZ, et al. Management of massive and submassive pulmonary embolism, iliofemoral deep vein thrombosis, and chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2011;123(16):1788-830.
7. Simková I, Jurkovicová O, Gaspar L. Comment on 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *Cardiol Lett*. 2015;24(6):417-24.
8. Ubaldini J, Chertcoff J, Sampó E, Casey M, Ceresetto J, Boughen R, et al. Consenso de enfermedad tromboembólica. Consenso Argentino SAC. *Rev Argent Cardiol* 2009;77(5):411-28.
9. Konstantinides SV, Torbicki A, Agnelli G, Danchin N, Fitzmaurice D, Galiè N, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *Eur Heart J*. 2014;35(43):3033-69.
10. Giri J, Sista AK, Weinberg J, Kearon C, Kumbhani DJ, Desai ND, et al. Interventional Therapies for Acute Pulmonary Embolism: Current Status and Principles for the Development of Novel Evidence: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2019;140(20):774-801.
11. Kuo WT, Banerjee A, Kim PS, DeMarco FJ, Levy JR, Facchini FR, et al. Pulmonary Embolism Response to Fragmentation, Embolectomy, and Catheter Thrombolysis (PERFECT): Initial Results From a Prospective Multicenter Registry. *Chest* 2015;148(3):667-73.
12. Graif A, Grilli CJ, Kimbiris G, Agriantonis DJ, Chohan OZ, Fedele CR, et al. Comparison of Ultrasound-Accelerated versus Pigtail Catheter-Directed Thrombolysis for the Treatment of Acute Massive and Submassive Pulmonary Embolism. *J Vasc Interv Radiol* 2017;28(10):1339-47.
13. Hennemeyer C, Khan A, McGregor H, Moffett C, Woodhead G. Outcomes of Catheter-Directed Therapy Plus Anticoagulation Versus Anticoagulation Alone for Submassive and Massive Pulmonary Embolism. *Am J Med*. 2019; 132(2):240-6.
14. Pelliccia F, Schiariti M, Terzano C, Keyhani AM, D'Agostino DC, Speziale G, et al. Treatment of acute pulmonary embolism: update on newer pharmacologic and interventional strategies. *Biomed Res Int* 2014;2014:410341.
15. Sobieszczyk P. Catheter-assisted pulmonary embolectomy. *Circulation* 2012;126(15):1917-22.
16. Jaber WA, Fong PP, Weisz G, Lattouf O, Jenkins J, Rosenfield K, et al. Acute Pulmonary Embolism: With an Emphasis on an Interventional Approach. *JACC* 2016;67(8):991-1002.
17. Devicic Z, Kuo WT. Percutaneous Pulmonary Embolism Thrombectomy and Thrombolysis: Technical Tips and Tricks. *Semin Intervent Radiol* 2018;35(2):129-35.