

ACOPLAMIENTO VENTRÍCULO-ARTERIAL PARA PREDECIR MORTALIDAD INTRAHOSPITALARIA EN EL TROMBOEMBOLISMO PULMONAR

JOSÉ M. BONORINO¹, JORGE A. BILBAO¹, NICOLÁS A. TORRES¹, MATEO IWANOWSKI¹, EMILIA M. SPAINI¹, IGNACIO MELEM¹, PATRICIO GARCÉS¹, RENZO MELCHIORI¹, GERMÁN BUSCH¹, AGUSTINA GALLEGOS¹, MARIANO LEMOS¹, JESÚS LODEIRO¹, RICARDO COSTANTINI¹, JUAN M TELAYNA¹, JUAN I. DAMONTE¹, MARÍA E. ARIS CANCELA², PAULO COLIMODIO², CLAUDIO ROSA³, ANDRÉS N. ATAMAÑUK¹, GUILLERMO VACCARINO¹, HORACIO FERNÁNDEZ¹, SERGIO BARATTA¹

¹Instituto de Cardiología, ²Servicio de Hemostasia y Trombosis, Hematología, ³Departamento de Bioquímica, Hospital Universitario Austral, Buenos Aires, Argentina

Dirección postal: José M. Bonorino, Hospital Universitario Austral, Av. Presidente Perón 1500, 1629 Pilar, Buenos Aires, Argentina

E-mail: jbonorin@cas.austral.edu.ar

Recibido: 7-I-2026

Aceptado: 26-VIII-2026

Resumen

Introducción: El acoplamiento entre el ventrículo derecho y la arteria pulmonar puede evaluarse mediante la relación TAPSE (Excursión Sistólica del Plano del Anillo Tricúspide) /PSAP (Presión Sistólica de la Arteria Pulmonar). Un valor <0.295 mm/mmHg se ha asociado con peor evolución clínica. El objetivo fue determinar su valor pronóstico en el tromboembolismo pulmonar (TEP).

Materiales y métodos: Estudio descriptivo de una cohorte retrospectiva de pacientes internados por TEP entre 2008 y 2023. Se excluyeron los casos de bajo riesgo. El desacople grave se definió como TAPSE/PSAP <0.295 mm/mmHg. Se analizó su asociación con necesidad de inoconstrictores, asistencia respiratoria mecánica (ARM) y mortalidad intrahospitalaria. Se evaluaron biomarcadores de daño miocárdico y la presencia de disfunción ventricular derecha.

Resultados: Se incluyeron 217 pacientes (edad media 62 años; 50,1% mujeres). Treinta y cuatro presentaron desacople grave. Comparados con el resto, mostraron mayor elevación de troponinas (94% vs. 49%; $p < 0.001$) y mayor prevalencia de disfunción ventricular derecha (85% vs. 12%; $p < 0.01$). El desacople grave se asoció con mayor uso de inoconstrictores (53% vs. 11%; OR 7.5;

IC95% 3.2–17.7; $p = 0.0001$), mayor requerimiento de ARM (44% vs. 13%; OR 4.2; IC95% 1.84–10; $p = 0.001$) y mayor mortalidad intrahospitalaria (23% vs. 8%; OR 4.4; IC95% 1.55–12.7; $p = 0.005$).

Conclusión: En esta cohorte de pacientes con TEP, el desacople grave se asoció con mayor inestabilidad hemodinámica, mayor necesidad de soporte farmacológico y ventilatorio, y mayor mortalidad intrahospitalaria. Estos hallazgos sugieren su potencial utilidad como marcador pronóstico temprano en la estratificación del riesgo en esta población.

Palabras clave: tromboembolismo pulmonar, ventrículo derecho, troponinas, pronóstico, mortalidad intrahospitalaria

Abstract

Ventricular-arterial coupling to predict in-hospital mortality in pulmonary thromboembolism

Introduction: Right ventricular-pulmonary artery coupling can be assessed using the TAPSE (Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion) /PSAP (Pulmonary artery

systolic pressure) ratio. A value <0.295 mm/mmHg has been associated with worse clinical outcomes. The aim of this study was to determine its prognostic value in pulmonary embolism (PE).

Materials and methods: We conducted a descriptive study of a retrospective cohort of patients hospitalized with PE between 2008 and 2023. Low-risk cases were excluded. Severe uncoupling was defined as $TAPSE/PSAP <0.295$ mm/mmHg. Its association with the need for inotropes, mechanical ventilation (MV), and in-hospital mortality was analyzed. Biomarkers of myocardial injury and the presence of right ventricular dysfunction were also evaluated.

Results: A total of 217 patients were included (mean age 62 years; 50.1% women). Thirty-four presented severe uncoupling. Compared with the rest, they showed higher troponin elevation (94% vs. 49%; $p < 0.001$) and greater prevalence of right ventricular dysfunction (85% vs. 12%; $p < 0.01$). Severe uncoupling was associated with increased use of inotropes (53% vs. 11%; OR 7.5; 95% CI 3.2–17.7; $p = 0.0001$), higher requirement for MV (44% vs. 13%; OR 4.2; 95% CI 1.84–10; $p = 0.001$), and greater in-hospital mortality (23% vs. 8%; OR 4.4; 95% CI 1.55–12.7; $p = 0.005$).

Conclusion: In patients with PE, severe uncoupling is associated with greater hemodynamic instability, increased need for pharmacological and ventilatory support, and higher in-hospital mortality. These findings support its potential usefulness as an early prognostic marker and for improving risk stratification in this population.

Key words: pulmonary embolism, right ventricle, troponin, hospital mortality, prognosis

PUNTOS CLAVE

Conocimiento actual

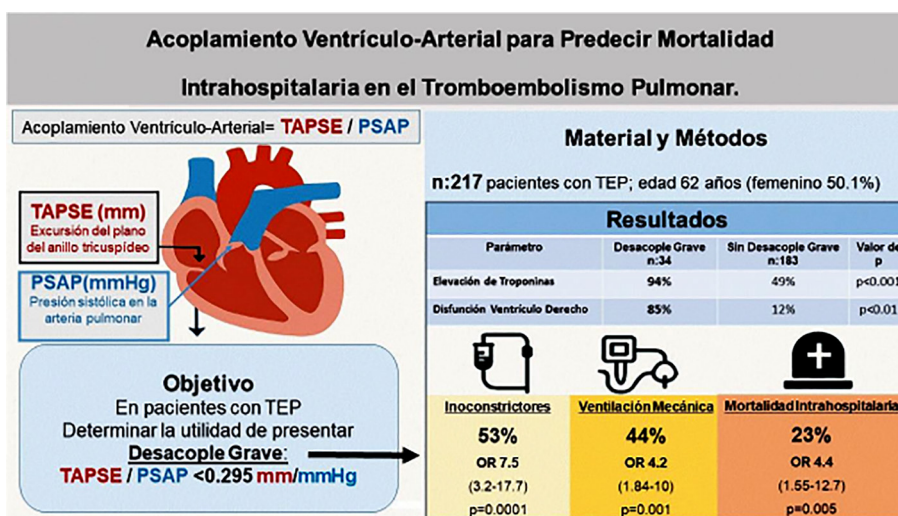
- En la actualidad no existe consenso respecto de qué predictores de evolución desfavorable son útiles para identificar aquellos pacientes con tromboembolismo pulmonar de riesgo intermedio con alta probabilidad de evolucionar con inestabilidad hemodinámica. Estos pacientes podrían requerir un seguimiento más estrecho y eventualmente considerar algún tipo de terapia de reperfusión.

Contribución del artículo al conocimiento actual

- El índice de acoplamiento ventricular-arterial utilizado es una herramienta que permite determinar la presencia de desacople entre el ventrículo derecho y la arteria pulmonar. La presencia de desacople grave identificaría una población más grave con posible mayor requerimiento de asistencia respiratoria mecánica, drogas inoconstrictoras y mayor mortalidad intrahospitalaria.

En pacientes con tromboembolismo pulmonar agudo (TEP), es imprescindible realizar una adecuada estratificación de riesgo desde el momento inicial, a efectos de contar con todos los elemen-

Resumen gráfico



TAPSE: excursión sistólica del plano del anillo tricúspide, PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar, TEP: tromboembolismo pulmonar

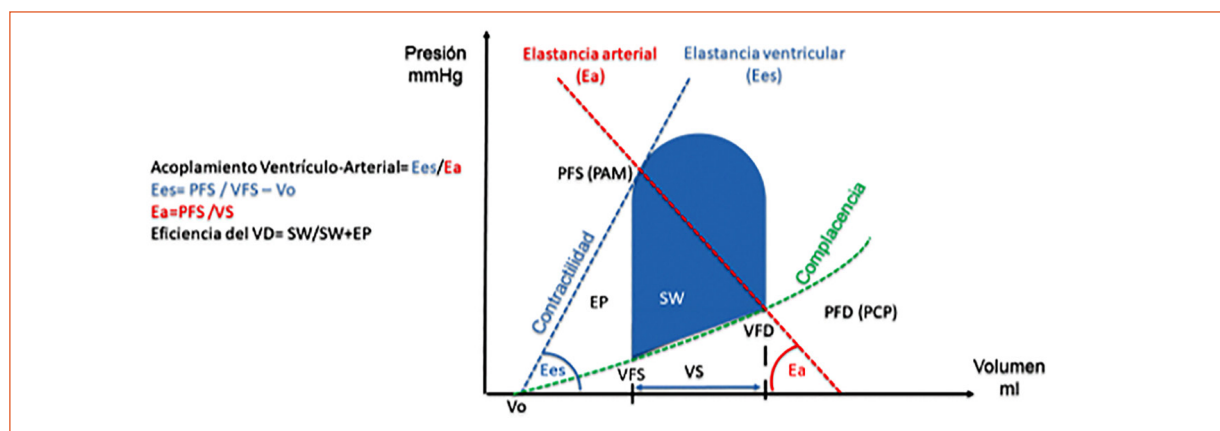
tos necesarios para la toma de decisiones terapéuticas. Los pacientes de riesgo alto, de acuerdo con las recomendaciones internacionales actuales¹, incluyendo las de la Sociedad Europea de Cardiología² y la Sociedad Argentina de Cardiología³, requieren perfusión inmediata. Sin embargo, los pacientes de riesgo intermedio que por definición se encuentran normotensos, precisan una más compleja evaluación que permita identificar aquellos individuos con alto riesgo de evolucionar con inestabilidad clínica. Esta valoración es crucial para identificar a aquellos individuos que puedan requerir un seguimiento más estrecho o en quienes se deba considerar la indicación de alguna terapia de perfusión. En la actualidad, no existe consenso respecto de qué predictores de pronóstico adverso pueden o deben tenerse en cuenta para escorificar más adecuadamente estos pacientes, ni cuál es la magnitud en la que deben estar alterados dichos predictores para ser tenidos en cuenta como significativos.

La utilidad de ciertos parámetros ecocardiográficos que han demostrado tener valor pronóstico en diversas enfermedades cardiovasculares, tales como los utilizados para estimar el acoplamiento VD (ventrículo derecho)-AP (arteria pulmonar), no han sido suficientemente validados en el TEP por lo que su utilidad pronóstica es controversial.

El método original y patrón de oro para valorar el acoplamiento ventrículo-arterial es a través de la medición de la elastancia ventrículo-arterial. La relación entre la elastancia ventricular (E_{es}), es definida como el punto más alto del bucle presión-volumen al final de la sístole y la elastancia arterial (E_a), la cual puede ser calculada por la relación entre la presión de fin de sístole y el volumen de fin de diástole. La misma ha sido utilizada como una medición de la eficiencia de la eyección mecánica del sistema cardiovascular. De esta manera es posible estimar el acoplamiento VD-AP, a través de la medición invasiva de los bucles de presión-volumen para determinar la elastancia ventrículo-arterial (VD-AP) (Fig. 1)⁴.

Dado que la medición invasiva es poco práctica para el manejo clínico cotidiano, la utilización de subrogantes no invasivos para su estimación, ha ganado aceptación. La utilización de parámetros que relacionan la función del VD con su poscarga, tales como la excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo (TAPSE) y la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP), han ganado aceptación, y entre ellos el índice TAPSE/PSAP ha sido propuesto como un método útil para valorar de manera no invasiva el acoplamiento VD-AP en la insuficiencia cardíaca aguda y crónica⁵⁻⁸.

Figura 1 | Curva presión-volumen de ciclo cardíaco



Ea: elastancia arterial; Ees: elastancia ventricular; PFS: presión de fin de sístole; VFS: volumen de fin de sístole; Vo: intersección de la curva en la coordenada de volumen; VS: volumen sistólico; SW: trabajo sistólico; PAM: presión arterial media; PFD: presión de fin de diástole; PCP: presión de oclusión de la arteria pulmonar; EP: energía potencial

La utilidad del índice TAPSE/PSAP en el TEP para predecir mortalidad intrahospitalaria o eventos adversos durante la internación, tales como la necesidad de asistencia respiratoria mecánica o uso de drogas inoconstrictoras, no ha sido suficientemente validada y es limitada en nuestro medio.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la utilidad que tiene el hallazgo de “**desacople grave**” definido como un índice TAPSE/PSAP < 0.295 mm/mmHg, respecto de aquellos individuos “**sin desacople grave**” definido como un índice TAPSE/PSAP ≥ 0.295 mm/mmHg, para predecir mortalidad intrahospitalaria, requerimiento de asistencia respiratoria mecánica y uso de inoconstrictores en pacientes internados con TEP.

Materiales y métodos

Análisis descriptivo de una cohorte prospectiva unicéntrica de pacientes internados con TEP. Se evaluaron los pacientes hospitalizados por TEP entre los años 2008 y 2023. Se excluyeron los pacientes de riesgo bajo definido como aquellos que tuvieran un Pulmonary Embolism

Severity Index (PESI) menor de 86 puntos. El ecocardiograma fue realizado dentro de las 24h de la internación.

Se analizó la asociación entre la presencia de desacople grave con mortalidad intrahospitalaria, requerimiento de asistencia respiratoria mecánica y uso de drogas inoconstrictoras. También se evaluó la prevalencia de diversos predictores de pronóstico adverso tales como disfunción del VD (definido como el cociente entre los diámetros del VD/ventrículo izquierdo >0.9 y la presencia concomitante de un TAPSE <16 mm y/o hipocinesia de la pared libre del VD); puntaje de Bova ≥4 puntos⁹; puntaje FAST ≥3 puntos¹⁰; un PESI-ECHO >128 puntos (PESI-ECHO= puntaje PESI + PSAP - TAPSE)¹¹; el TEP de riesgo intermedio-alto o alto según la Sociedad Europea de Cardiología 2019 y un índice de *shock* (frecuencia cardíaca/presión arterial sistólica) >1¹² (Tabla 1).

Los datos fueron tomados de la historia clínica y se almacenaron en una base de datos encriptada y autorizada por el comité de ética e investigación institucional. Se obtuvieron todos los consentimientos informados para el uso anónimo de datos y el protocolo fue aprobado por nuestro Comité de Bioética Institucional, con número de resolución 19-041.

Tabla 1 | Características basales y puntajes de riesgo

Variable	Desacople grave TAPSE/PSAP< 0.295 (n=34)	Sin-desacople grave TAPSE/PSAP≥ 0.295 (n=183)	Valor de p
Edad	69	67	NS
Género femenino, n (%)	16 (47)	88 (48)	NS
Hipertensión arterial, n (%)	23 (67.5)	102 (55.7)	NS
Diabetes, n (%)	7 (20.6)	25 (13.7)	NS
EPOC, n (%)	2 (5.9)	11 (6)	NS
Tabaquismo, n (%)	15 (44.1)	71 (38.8)	NS
Dislipemia, n (%)	14 (41.2)	62 (34.1)	NS
Troponina-T elevada, n (%)	32 (94.1)	90 (49.2)	NS
Recibió anticoagulación, n (%)	33 (97.1)	179 (97.8)	NS
Cáncer activo, n (%)	9 (26.5)	118 (64.5)	<0.01
Disfunción de VD, n (%)	29 (85.3)	22 (12)	<0.01
Puntaje FAST ≥ 3, n (%)	7 (20.6)	7 (3.8)	<0.01
Puntaje BOVA ≥ 4, n (%)	32 (94.1)	32 (17.5)	<0.01
Índice de shock > 1, n (%)	10 (29.4)	23 (12.6)	<0.05
Riesgo intermedio-alto o alto (ESC 2019), n (%)	32 (94.1)	31 (16.9)	<0.01
Puntaje PESI-ECHO >128 puntos, n (%)	34 (100)	53 (29)	<0.01

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Troponina-T elevada: >14 pg/ml, VD: ventrículo derecho, cáncer activo: Neoplasia maligna sólida o hematológica con tratamiento reciente o activo, o cuidados paliativos. Puntaje FAST: FC >100 lpm (2 ptos), troponina elevada (1.5 ptos), síncope (1.5 ptos). Puntaje Bova: PA <100 mmHg (2 ptos), troponina elevada (2 ptos), disfunción VD (2 ptos), FC >110 lpm (1 pto). Índice de *shock*: FC / PAS. Riesgo intermedio (ESC 2019): PESI ≥ 86, dilatación VD o troponina elevada. Riesgo alto (ESC 2019): Shock con PAS <90 mmHg o caída >40 mmHg no explicada por otras causas. PESI-ECHO: PESI + presión sistólica pulmonar – TAPSE

Para la descripción de las variables cuantitativas se utilizaron la media y la desviación estándar o la mediana y el rango intercuartílico [RIC] 25-75. Las variables cualitativas se presentaron en tablas de frecuencia y porcentajes. Para el análisis bivariado se utilizaron ANOVA con corrección por Bonferroni o prueba de Kruskal Wallis. Para las variables dicotómicas se usó la prueba de χ^2 . Para el análisis de muestras emparejadas se usaron las pruebas t de Student y Kruskal-Wallis, mientras que para las dicotómicas se utilizó la prueba de McNemar. Se realizó análisis multivariado de regresión logística para evaluar la estabilidad de los resultados sobre mortalidad intrahospitalaria, asistencia respiratoria mecánica y uso de inoconstrictores; ajustado por edad, género femenino y cáncer activo. Se consideró significativo un valor de $p < 0.05$. El análisis se realizó con Stata/ SE v13.0 (StataCorp, EE.UU.).

Resultados

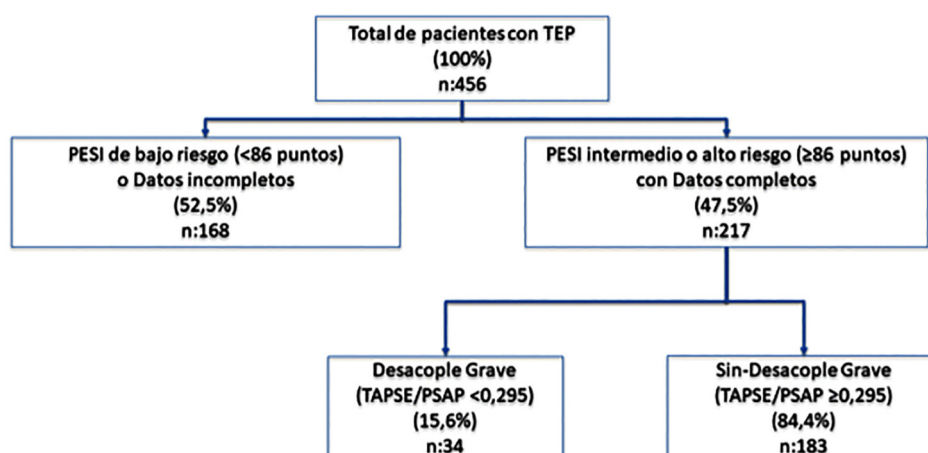
Sobre un total de 456 pacientes internados con diagnóstico de TEP incluidos en nuestro registro, se analizaron 217 pacientes con PESI ≥ 86 puntos y datos completos; edad promedio 62 años (sexo femenino 50.1%) (Fig. 2).

La mortalidad intrahospitalaria global de los pacientes del registro fue de 6.4%. Los pacientes

con desacople grave (n: 34) respecto de aquellos sin desacople grave (n:183), resultaron tener troponinas elevadas con mayor frecuencia (94.1% vs. 49.2%, $P < 0.001$), mayor disfunción del ventrículo derecho (85.3% vs. 12%; $P < 0.01$) y menor prevalencia de cáncer (26.5% vs. 64.5%; $P < 0.01$). Los pacientes con desacople grave, comparados con aquellos sin desacople grave, presentaron predictores de pronóstico adverso con mayor frecuencia: puntaje FAST ≥ 3 puntos (20.6% vs. 3.8%, $P < 0.01$), puntaje de Bova ≥ 4 puntos (94.1% vs. 17.5%, $P < 0.01$), índice de shock (29.4% vs. 12.6%, $P < 0.01$), riesgo intermedio-alto o alto según la clasificación de la ESC 2019 (94.1% vs. 16.9%, $P < 0.01$) y puntaje PESI-ECHO > 128 puntos (100% vs. 29%, $P < 0.01$), respectivamente (Tabla 1).

Los pacientes con desacople grave comparados con aquellos sin desacople grave, tuvieron más requerimiento de asistencia respiratoria mecánica (44.1% vs. 13.1%; $P < 0.05$), mayor uso de drogas inoconstrictoras (53% vs. 11.5%; $P < 0.01$) y mayor mortalidad intrahospitalaria (23.5% vs. 8.7%; $P < 0.05$), respectivamente (Tabla 2). El análisis de regresión logística, ajustado por edad, cáncer activo y género femenino, demostró una asociación significativa entre un desacople grave

Figura 2 | Diagrama de flujo



TEP: tromboembolismo pulmonar; PESI: índice de severidad de embolia pulmonar; TAPSE: excursión sistólica del plano del anillo tricúspide, PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar

Se seleccionaron los pacientes con TEP y puntaje PESI intermedio o alto y con datos completos que permitieran calcular el índice TAPSE/PSAP

con: mayor requerimiento de asistencia respiratoria mecánica (OR 4.29; IC95% 1.84-10, $P=0.001$), con un área bajo la curva ROC de 0.73; mayor uso de drogas inoconstrictoras (OR 7.55; IC95% 3.21-17.7, $P=0.0001$), con un área bajo la curva ROC de 0.73; y mayor mortalidad intrahospitalaria (OR 4.44; IC95% 1.55-12.7, $P=0.005$), con un área bajo la curva ROC de 0.69 (Tabla 3).

Discusión

El TEP es la tercera causa de muerte cardiovascular^{13,14}, la segunda causa de muerte en pacientes con cáncer¹⁵, una de las principales causas de muerte directa materna en embarazo o puerperio¹⁶ y también es una de las principales causas de fallecimiento en pacientes hospitalizados¹⁷. La mortalidad global intrahospitalaria

Tabla 2 | Eventos adversos intrahospitalarios: asistencia respiratoria mecánica, uso de drogas inoconstrictoras y mortalidad intrahospitalaria

Eventos adversos intrahospitalarios	Desacople grave TAPSE/PSAP < 0.295 (n=34)	Sin-desacople grave TAPSE/PSAP ≥ 0.295 (n=183)	Valor de p
Asistencia respiratoria mecánica n (%)	15 (44.1)	24 (13.1)	<0.05
Drogas inoconstrictoras n (%)	18 (53)	21 (11.5)	<0.01
Muerte intrahospitalaria n (%)	8 (23.5)	16 (8.7)	<0.05

Tabla 3 | Análisis de regresión logística para mortalidad intrahospitalaria, asistencia respiratoria mecánica y uso de drogas inoconstrictoras, ajustado por edad, cáncer activo y género femenino

Muerte intrahospitalaria	Odds ratio	Std err/z	IC95%	Valor de p
TAPSE/PSAP < 0.295	4.44	2.38/2.78	1.55-12.7	0.005
Edad	1	0.18/0.11	0.96-1.03	0.912
Cáncer activo	2.29	1.18/1.61	0.83-6.28	0.107
Género femenino	1.26	0.56/0.53	0.52-3.05	0.599
_CONS	0.4	0.05/-2.34	0.002-0.59	0.019
Área bajo la curva ROC= 0.693				
Asistencia respiratoria mecánica	Odds ratio	Std err/z	IC95%	Valor de p
TAPSE/ PSAP < 0.295	4.29	1.85/3.37	1.84-10.0	0.001
Edad	0.99	0.015/-0.53	0.96-1.02	0.594
Cáncer activo	0.38	0.15/-2.39	0.17-0.84	0.017
Género femenino	1.88	0.74/1.59	0.86-4.09	0.11
_CONS	0.294	0.33/-1.07	0.31-2.74	0.283
Área bajo la curva ROC= 0.739				
Drogas inoconstrictoras	Odds ratio	Std err/z	IC95%	Valor de p
TAPSE/ PSAP < 0.295	7.55	3.29/4.64	3.21-17.7	0.0001
Edad	0.99	0.01/0.53	0.96-1.02	0.537
Cáncer activo	0.52	0.52/-1.58	0.23-1.17	0.115
Género femenino	0.4	0.4/0.94	0.47-2.23	0.941
_CONS	0.33	0.39/0.35	0.35-3.26	0.35
Área bajo la curva ROC=0.735				

TAPSE: excursión sistólica del plano del anillo tricúspide; PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar; Std err: error estándar; IC: intervalo de confianza

de los pacientes con TEP en la Argentina sería elevada, ya que según datos del registro CONAREC XX fue de 12.3%¹⁸. En dicho registro también se observó que la prevalencia de pacientes con TEP de alto riesgo fue de 15.0% con una mortalidad intrahospitalaria de 37.2%. Asimismo, la prevalencia de pacientes con TEP de riesgo intermedio fue de 60.6% y la mortalidad intrahospitalaria osciló entre el 8.6% a 12.3% según fueran de riesgo intermedio-bajo o intermedio-alto, respectivamente.

En el TEP, la obstrucción mecánica determinada por la presencia de trombos en una o ambas arterias pulmonares, la vasoconstricción hipóxica y la activación neurohormonal, determinan un aumento en la poscarga del ventrículo derecho (VD) por incremento de la presión sistólica en la arteria pulmonar (PSAP). Dicho aumento de la poscarga puede afectar la eficiencia contráctil del corazón derecho y comprometer la estabilidad hemodinámica. Uno de los métodos para evaluar la eficiencia de la eyección mecánica del sistema cardiovascular, es la valoración del acople ventrículo-arterial. Dependiendo de la reserva contráctil y de mecanismos de adaptación, será necesario un incremento en la contractilidad del VD para mantener dicho acoplamiento ventrículo-arterial entre el VD y la arteria pulmonar (AP). En aquellas circunstancias donde el VD no logre compensar la poscarga aumentada, ocurrirá el desacoplamiento VD-AP con pérdida de la eficiencia contráctil del VD.

La función del VD y la reserva cardiorrespiratoria del paciente representan los principales determinantes del pronóstico en esta enfermedad. De hecho, el VD puede adaptarse a un aumento brusco de la poscarga e incrementar la contractilidad para preservar el acoplamiento VD-AP para adecuar el gasto cardíaco a las demandas periféricas. Sin embargo, en aquellos casos donde el aumento de la poscarga para el VD sea excesivo, podría ocurrir un aumento en las presiones de llenado, generar dilatación y/o disfunción del VD, desacople VD-AP y finalmente provocar inestabilidad hemodinámica.

El acoplamiento VD-AP valora el impacto que tiene la presión pulmonar sobre el VD. La presión pulmonar podrá encontrarse elevada en diferentes magnitudes y el VD tendrá mayor o menor tiempo y reserva funcional para adaptarse a dicha poscarga elevada. En la medida en que no

logre adaptarse a dicha sobrecarga de presión, sobrevendrá el desacople VD/AP, que es el principal determinante de la ocurrencia del shock obstructivo en el TEP.

Dado que los pacientes clasificados como de "riesgo alto", requieren reperusión inmediata por presentar inestabilidad hemodinámica, el mayor desafío en el TEP consiste en identificar los pacientes de riesgo intermedio que tengan alta posibilidad de evolucionar con inestabilidad clínica. En este subgrupo de pacientes de mayor riesgo, es en quienes podrían considerarse intervenciones oportunas, tanto farmacológicas para optimizar el acoplamiento VD-AP como la necesidad de reperusión en casos seleccionados. Dado que la hipotensión y el shock manifiesto suelen ser fenómenos tardíos en la cascada del shock, una intervención oportuna podría anticiparse a la ocurrencia de un eventual colapso hemodinámico.

Se estima que al menos el 4.6% de los pacientes clasificados como de riesgo intermedio, podrían evolucionar con muerte o colapso hemodinámico en las primeras horas del evento agudo¹⁹ por lo que resulta necesario contar con herramientas que puedan ser útiles para identificar aquellos individuos con mayor riesgo de presentar eventos adversos graves durante la internación.

Desde el punto de vista fisiológico, el índice TAPSE/PSAP varía de 0.8 a 1.8 mm/mmHg, sin diferencias de género, aunque con una potencial disminución de la reserva funcional que puede ocurrir con el aumento de la edad²⁰. Existe controversia respecto del punto de corte más útil para predecir un pronóstico adverso. En pacientes con TEP, se ha observado que valores de TAPSE/PSAP < 0.4 mm/mmHg y < 0.295 mm/mmHg, se han asociado con un pronóstico adverso con riesgo de muerte o colapso hemodinámico dentro de los 7 días, del 24% y 44% respectivamente²¹.

Este trabajo realizado en pacientes internados con diagnóstico de TEP de riesgo intermedio y alto demostró que el índice TAPSE/PSAP < 0.295 mm/mmHg, fue predictor independiente de mortalidad intrahospitalaria, necesidad de asistencia respiratoria mecánica y uso de drogas inoconstrictoras. Además, estos pacientes con desacople grave, tuvieron casi el triple de mortalidad respecto de aquellos sin-desacople grave (23.5% vs. 8.7%, $p < 0.05$). Estos resultados

sugieren que, en pacientes internados con TEP, existiría mayor riesgo de presentar deterioro clínico en presencia de desacople grave entre el VD y la arteria pulmonar. El TAPSE/PSAP podría ser una herramienta útil para evaluar el impacto y el nivel de repercusión que tiene el aumento de la resistencia del sistema vascular pulmonar ocasionado por la obstrucción trombotica aguda o subaguda del árbol arterial pulmonar sobre el VD en pacientes con TEP. La obstrucción mecánica y el aumento de la resistencia en el árbol arterial pulmonar pueden ocasionar un aumento súbito de la poscarga del VD que puede comprometer su eficiencia mecánica contráctil y su capacidad de bombeo. El VD debe incrementar su fuerza contráctil para aumentar la presión y poder mantener el flujo que contrarreste la resistencia impuesta por los trombos en el árbol arterial pulmonar. Eventualmente el VD podría no poder superar de manera eficiente la resistencia vascular aumentada en el sistema arterial pulmonar y ponerse de manifiesto un desacople entre el VD y la arteria pulmonar.

Se estima que al menos un tercio de los trombos presentes en las arterias pulmonares de pacientes con TEP tienen un componente subagudo o crónico^{22,23}, sugiriendo que en muchos casos el VD ha tenido tiempo para adaptarse a dicha poscarga. El VD podría tener mayor o menor reserva funcional y/o tiempo de adaptación a dicho aumento de la poscarga por el incremento de la resistencia vascular pulmonar, pero en uno u otro escenario el desacople entre el VD y la arteria pulmonar podría quedar objetivado con el índice TAPSE/PSAP. Algunas condiciones como la edad, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el tabaquismo podrían haber influido en los valores del índice TAPSE/PSAP, aunque en nuestro estudio no se registraron diferencias en su prevalencia entre ambos grupos (Tabla 1).

Tello y col., demostraron que los pacientes con una elastancia ventrículo/arterial disminuida (E_{es}/E_a) <0.805 mmHg/mL respecto de aquellos con $E_{es}/E_a \geq 0.805$ mmHg/mL, presentaron una dilatación significativa de la aurícula derecha y del VD, una disminución del TAPSE y alteración de diversos parámetros considerados sustitutos del acoplamiento VD-AP. Estos investigadores verificaron que el valor de corte de TAPSE/PSAP para la predicción de desacopla-

miento VD-AP ($E_{es}/E_a <0.805$ mmHg/mL) fue de 0.31mm/mmHg, por lo que dicho índice TAPSE/PSAP podría utilizarse como sustituto no invasivo de la elastancia ventrículo-arterial (E_{es}/E_a). Cabe mencionar que el valor de corte en el TEP resultó algo menor que el valor de corte de 0.36 mm/mmHg asociado con menor supervivencia en la insuficiencia cardíaca²⁴.

Falsetti y col., evaluaron a pacientes con TEP de riesgo intermedio y demostraron que un índice TAPSE/PSAP bajo, se asoció con mayor mortalidad a 90 días (HR 4.833, 5–95% 1.230–18.986, $P=0.024$) y probó ser un sustituto válido de la elastancia arterial de fin de diástole, útil para la evaluación del acoplamiento VD-AP²⁵.

Lyhne y col., demostraron que un índice TAPSE/PSAP <0.4 mm/mmHg, resultó ser un predictor más fuerte para el punto final combinado de muerte o deterioro hemodinámico a los 7 días de seguimiento, (*odds ratio* = 0.028, IC 95% 0.010–0.087; $p < 0.0001$), en comparación con cualquiera de los dos parámetros TAPSE o PSAP en forma aislada, que no fueron útiles para predecir el punto final primario ($p = 0.017$ y $p < 0.0001$, respectivamente)²⁶.

Zuin M. y col., evaluaron pacientes con TEP de riesgo intermedio-alto enrolados en el Italian Pulmonary Embolism Registry-IPER y demostraron que un índice TAPSE/PSAP ≤ 0.33 mm/mmHg fue un predictor independiente de deterioro clínico a las 48 horas (HR 2.06, IC 95% 1.98–2.11, $p < 0.001$) y mortalidad a 30 días (HR 2.28, IC 95% 2.25–2.33, $p < 0.001$)²⁷.

Mostafá y col., encontraron que en pacientes normotensos con TEP, la presencia de un índice TAPSE/PSAP ≤ 0.325 mm/mmHg fue un predictor independiente para rehospitalización por insuficiencia cardíaca, recurrencia del TEP, aunque no predijo mortalidad a los 3 meses de seguimiento²⁸.

Nuestros resultados coinciden con las conclusiones de estos estudios que han verificado el valor pronóstico del TAPSE/PSAP en el TEP. En nuestro análisis, el índice TAPSE/PSAP mostró ser útil para categorizar el riesgo de eventos adversos intrahospitalarios dentro de una cohorte de pacientes con TEP. El índice TAPSE/PSAP podría ser útil para la identificación temprana de aquellos con TEP con mayor riesgo de evolucionar con deterioro clínico. Sin embargo, dado que

los pacientes sin-desacople grave, presentaron una mortalidad intrahospitalaria elevada (8.7%), es que consideramos que la ausencia de este parámetro no sería suficiente para categorizar a dicha población como de “bajo riesgo”.

El presente estudio presenta ciertas limitaciones. En primer lugar, se trata de un estudio observacional unicéntrico. Se excluyeron los pacientes con PESI de bajo riesgo o en quienes no se pudo estimar la PSAP y/o por falta de datos en el registro. La evaluación ecocardiográfica fue realizada por diversos operadores y en tiempos variables desde el ingreso, aunque siempre dentro de las primeras 24h de la internación, que podrían limitar la validez externa de nuestros resultados ya que no se evaluó el grado de correlación de las mediciones entre los distintos operadores. Debe tenerse presente que es sabido que pueden existir variaciones y valoraciones en el TAPSE dependiendo de las modificaciones en la poscarga y alteraciones en la geometría del VD, al igual que sobreestimaciones del TAPSE en presencia de insuficiencia tricuspídea. Por otra parte, es sabido que pueden existir variaciones en los valores de PSAP registrados, relacionados con la calidad del estudio y con la determinación de la velocidad pico de regurgitación tricuspídea²⁹.

A su vez del total de pacientes previo a la realización del ecocardiograma, 12 pacientes ya se encontraban con requerimiento de asistencia

ventilatoria mecánica y 7 pacientes con requerimiento de drogas inoconstrictoras.

Dadas las limitaciones mencionadas, nuestras conclusiones deben valorarse en el contexto del diseño de este estudio, aunque consideramos que las mismas podrían ser útiles como generadoras de hipótesis. Se requieren estudios prospectivos de mayores dimensiones para valorar el valor pronóstico del índice TAPSE/PSAP en pacientes con TEP.

En conclusión, el índice TAPSE/PSAP podría ser una herramienta sencilla para evaluar el acoplamiento VD-AP y útil para identificar pacientes con TEP que podrían tener un mayor riesgo de presentar eventos adversos durante la internación, con más requerimiento de asistencia respiratoria mecánica, mayor uso de drogas inoconstrictoras y mayor mortalidad intrahospitalaria. El índice TAPSE/PSAP podría ayudar a identificar una población de mayor riesgo, que requiera un seguimiento más estrecho y en quienes podría considerarse alguna terapia de reperfusión en casos seleccionados, aunque su valor predictivo debiera determinarse de manera más adecuada en un estudio prospectivo.

Agradecimientos: Agradecemos a CEDECAFO, Instituto de Cardiología Hospital Universitario Austral que nos brindó apoyo financiero.

Conflicto de intereses: Ninguno para declarar

Bibliografía

1. Zuin M, Bikdeli B, Ballard-Hernandez J, et al. International clinical practice guideline recommendations for acute pulmonary embolism: harmony, dissonance, and silence. *J Am Coll Cardiol* 2024; 84:1561-77.
2. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, 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: 543-603.
3. Ubaldini J, Bilbao J, Spenatto M, et al. Consenso de Enfermedad Tromboembólica Aguda. *Rev Argent Cardiol* 2016; 84: 74-91.
4. Chen CH, Fetis B, Nevo E, et al. Noninvasive single beat determination of left ventricular end systolic elastance in humans. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38:2028-34.
5. Rako ZA, Kremer N, Yogeswaran A, Richter MJ, Tello K. Adaptative versus maladaptative right ventricular remodeling. *ESC Heart Fail* 2023; 10:762-75.
6. Naseem M, Alkassas A, Alaarg A. Tricuspid annular plane systolic excursion/pulmonary arterial systolic pressure ratio as a predictor of in hospital mortality for acute heart failure. *BMC Cardiovasc Disord* 2022;22: 414.
7. Chen X, Zhang P, Lou J, et al. Application of an echocardiographic index to characterize right ventricular pulmonary arterial coupling in heart failure. *ESC Heart Fail* 2024; 11: 1290-304.

8. Li Q, Zhang M. Echocardiography assessment of right ventricular pulmonary artery coupling: validation of surrogates and clinical utilities. *Int J Cardiol* 2024; 394: 131358.
9. Chen X, Shao X, Zhang Y, et al. Assessment of the Bova score for risk stratification of acute normotensive pulmonary embolism: A systematic review and meta-analysis. *Thromb Res* 2020; 193: 99-106.
10. Hobohm L, Becattini C, Konstantinides SV, Casazza F, Lankeit M. Validation of a fast prognostic score for risk stratification of normotensive patients with acute pulmonary embolism. *Clin Res Cardiol*. 2020;109: 1008-17.
11. Burgos LM, Scatularo CE, Cigalini IM, et al. Argentine Council of Cardiology Residents, Argentina. The addition of echocardiographic parameters to PESI risk score improves mortality prediction in patients with acute pulmonary embolism: PESI-Echo score. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2021; 10: 250-7.
12. Gökçek K, Gökçek A, Demir A, Yıldırım B, Acar E, Alataş ÖD. In-hospital mortality of acute pulmonary embolism: Predictive value of shock index, modified shock index, and age shock index scores. *Med Clin (Barc)* 2022 ;158:351-55.
13. Wendelboe AM, Raskob GE. Global burden of thrombosis: epidemiologic aspects. *Circ Res* 2016; 118:1340-7.
14. Barco S, Mahmoudpour SH, Valerio L, et al. Trends in mortality related to pulmonary embolism in the European Region, 2000–15: analysis of vital registration data from the WHO Mortality Database. *Lancet Respir Med* 2020; 8: 277-87.
15. Khorana AA, Francis CW, Culakova E, Kuderer NM, Lyman GH. Thromboembolism is a leading cause of death in cancer patients receiving outpatient chemotherapy. *J Thromb Haemost* 2007; 5: 632-4.
16. Dado CD, Levinson AT, Bourjeily G. Pregnancy and pulmonary embolism. *Clin Chest Med* 2018; 39: 525-37.
17. Millington SJ, Aissaoui N, Bowcock E, et al. High and intermediate risk pulmonary embolism in the ICU. *Intensive Care Med* 2024; 50:195-208.
18. Cigalini I, Igolnikof D, Scatularo C, et al. Tromboembolismo pulmonar agudo en la Argentina. Registro CONAREC XX. *Rev Argent Cardiol* 2019; 87:137-45.
19. Barco S, Vicaute E, Klok FA, et al. Improved identification of thrombolysis candidates amongst intermediate-risk pulmonary embolism patients: implications for future trials. *Eur Respir J* 2018; 51:1701775.
20. Chia EM, Hsieh CH, Pham P, et al. Changes in right ventricular function with exercise in healthy subjects: optimal parameters and effects of gender and age. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28: 1441-51.e1.
21. Lyhne MD, Kabrhel C, Giordano N, et al. The echocardiographic ratio tricuspid annular plane systolic excursion/pulmonary arterial systolic pressure predicts short-term adverse outcomes in acute pulmonary embolism. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2021; 22:285-94.
22. Fineschi V, Turillazzi E, Neri M, Pomara C, Riezzo I. Histological age determination of venous thrombosis: A neglected forensic task in fatal pulmonary thrombo-embolism. *Forensic Sci Int* 2009; 186: 22-8.
23. Newcomb G, Wilson BL, White RJ, Goldman B, Lachant NA, Lachant DJ. An untapped resource: characteristics of thrombus recovered from intermediate or high risk pulmonary embolus patients. *Cardiovasc Pathol* 2022; 57: 107392.
24. Tello K, Wan J, Dalmer A, et al. Validation of the tricuspid annular plane systolic excursion/systolic pulmonary artery pressure ratio for the assessment of right ventricular-arterial coupling in severe pulmonary hypertension. *Circ Cardiovasc Imaging* 2019; 12:e009047.
25. Falsetti L, Marra AM, Zacccone V, et al. Echocardiographic predictors of mortality in intermediate-risk pulmonary embolism. *Intern Emerg Med* 2022; 17:1287-99.
26. Lyhne MD, Kabrhel C, Giordano N, et al. The echocardiographic ratio tricuspid annular plane systolic excursion/pulmonary arterial systolic pressure predicts short-term adverse outcomes in acute pulmonary embolism. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2021; 22: 285-94.
27. Zuin M, Piazza G, Rigatelli G, et al. Prognostic role of tricuspid annular plane systolic excursion to systolic pulmonary artery pressure ratio for the identification of early clinical deterioration in intermediate-high-risk pulmonary embolism patients. *Am J Cardiol* 2024; 214: 40-6.
28. Mostafa A., Medhat M., Alhosary H, et al. Role of right ventricular-pulmonary arterial coupling assessed by echocardiography to predict adverse outcomes in patients with acute pulmonary embolism. *Egypt Heart J* 2024;76: 122.
29. Amsallem M, Sternbach JM, Adigopula S, et al. Addressing the controversy of estimating pulmonary arterial pressure by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2016; 29: 93-102.