

Flujo Retrógrado Controlado por Bomba (PCRTO) versus Destete Convencional en VA-ECMO: Revisión Sistemática.

Pump-Controlled Retrograde Trial Off (PCRTO) versus Conventional Weaning in VA-ECMO: A Systematic Review

AUTORES: SUSIMAR PICADO LOAIZA ^{1,2} FERNANDO ZELEDÓN SANCHEZ ^{1,2}

^{1,2} Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

^{1,2} Hospital México, Caja Costarricense del Seguro Social, San José, Costa Rica.

RESUMEN

Introducción: La transición del soporte vital extracorpóreo venoarterial (VA-ECMO) a la circulación nativa constituye uno de los momentos de mayor vulnerabilidad clínica para el paciente en shock cardiogénico. Históricamente, la falta de evidencia y consensos ha perpetuado la dependencia de métodos convencionales, tales como la reducción escalonada del flujo o la inserción de puentes arteriovenosos, enfoques que alteran la integridad reológica del circuito o fracasan estructuralmente en la evaluación precisa de la reserva del ventrículo derecho bajo condiciones de carga reales.

Objetivo: Realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa sobre la viabilidad, seguridad y compatibilidad fisiológica del ensayo de flujo retrógrado controlado por bomba (PCRTO) frente a las estrategias convencionales de destete. Este análisis persigue el propósito fundamental de integrar hallazgos recientes provenientes de bases de datos occidentales con la vasta experiencia clínica documentada en bases de datos biomédicas asiáticas, formulando un marco teórico unificado para extrapolar a los centros de la región latinoamericana.

Método: Se estructuró una revisión sistemática bajo los lineamientos metodológicos PRISMA evaluando estudios comparativos, retrospectivos y reportes de casos. Los desenlaces primarios incluyeron supervivencia global, decanulación, complicaciones tromboembólicas y la integración con la monitorización hemodinámica invasiva. La estrategia de búsqueda se expandió a EMBASE, Pubmed, Cochrane, CNKI y Wanfang) con el fin de capturar la casuística global.

Resultados: Se analizaron múltiples cohortes que, en conjunto, superan los 500 pacientes. El abordaje PCRTO demostró éxito en la decanulación y superioridad estadística en la supervivencia al alta hospitalaria (90% frente al 72%). La evidencia corroboró de manera concluyente la nula incidencia de complicaciones tromboembólicas agudas bajo la dinámica de flujo retrógrado, subrayando el valor terapéutico de la técnica para disminuir los niveles de dímero D sistémico y facilitar la reinfusión de sangre autóloga. Asimismo, la sinergia mecánica del PCRTO con el cateterismo de arteria pulmonar de flotación demostró capacidad para cuantificar la reversión del estado de shock y desenmascarar cualquier grado de inestabilidad hemodinámica que los métodos tradicionales habrían pasado por alto.

Conclusiones: El método PCRTO representa fiabilidad diagnóstica y terapéutica para el proceso de destete del soporte VA-ECMO. Al minimizar la manipulación del circuito, mantener el flujo laminar (protector contra la estasis) y proporcionar una prueba de estrés biventricular in vivo, el PCRTO supera las limitaciones de los enfoques convencionales. Esto abre la oportunidad para realizar estudios aleatorizados con metodología rigurosa que permita objetivar su beneficio sistemático.

Palabras clave: Flujo Retrógrado Controlado por Bomba, Weaning, ECMO-VA, Oxigenación por Membrana Extracorpórea Venoarterial

ABSTRACT

Introduction: The transition from venoarterial extracorporeal life support (VA-ECMO) to native circulation is one of the moments of greatest clinical vulnerability for patients with cardiogenic shock. Historically, the lack of evidence and consensus has perpetuated reliance on conventional methods, such as stepwise flow reduction or the insertion of arteriovenous shunts—approaches that alter the rheological integrity of the circuit or structurally fail to accurately assess right ventricular reserve under actual load conditions.

Objective: To conduct a qualitative and quantitative evaluation of the feasibility, safety, and physiological compatibility of the pump-controlled retrograde flow trial (PCRTO) compared with conventional weaning strategies. This analysis aims primarily to integrate recent findings from Western databases with the extensive clinical experience documented in Asian biomedical databases, thereby formulating a unified theoretical framework for extrapolation to centers in the Latin American region.

Methods: A systematic review was structured according to the PRISMA methodological guidelines, evaluating comparative studies, retrospective studies, and case reports. The primary outcomes included overall survival, decannulation, thromboembolic complications, and integration with invasive hemodynamic monitoring. The search strategy was expanded to include EMBASE, PubMed, Cochrane, CNKI, and Wanfang in order to capture the global body of evidence.

Results: Multiple cohorts were analyzed, totaling more than 500 patients. The PCRTO approach demonstrated success in decannulation and statistical superiority in survival at hospital discharge (90% versus 72%). The evidence conclusively confirmed the absence of acute thromboembolic complications under retrograde flow dynamics, underscoring the therapeutic value of the technique in reducing systemic D-dimer levels and facilitating the reinfusion of autologous blood. Furthermore, the mechanistic synergy of PCRTO with floating pulmonary artery catheterization demonstrated the ability to quantify the reversal of shock and to reveal any degree of hemodynamic instability that traditional methods would have overlooked.

Conclusions: The PCRTO method offers diagnostic and therapeutic reliability for the weaning process from VA-ECMO support. By minimizing circuit manipulation, maintaining laminar flow (which protects against stasis), and providing an in vivo biventricular stress test, the PCRTO overcomes the limitations of conventional approaches. This opens the door to randomized studies with rigorous methodology to objectively demonstrate its systematic benefits.

Keywords: Pump-Controlled Retrograde Flow, Weaning, VA-ECMO, Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation

Correspondencia: Susimar Picado Loaiza 1,2 Fernando Zeledón Sanchez ^{1,2} ^{1,2} Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 1,2 Hospital México, Caja Costarricense del Seguro Social, San José, Costa Rica.

ABREVIATURA	SIGNIFICADO EN ESPAÑOL (TÉRMINO EN INGLÉS)	ABREVIATURA	SIGNIFICADO EN ESPAÑOL (TÉRMINO EN INGLÉS)
ACT	Tiempo de coagulación activado (Activated Clotting Time).	OR	Razón de momios / Odds ratio (Odds Ratio).
aPTT	Tiempo de tromboplastina parcial activada (Activated Partial Thromboplastin Time).	PAFC	Catéter de flotación dirigido a la arteria pulmonar (Pulmonary Artery Flotation Catheter).
AV	Arteriovenoso (Arteriovenous).	PAM	Presión arterial media (Mean Arterial Pressure).
BNP	Péptido natriurético cerebral (Brain Natriuretic Peptide).	PAWP / PCWP	Presión capilar pulmonar de enclavamiento (Pulmonary Artery Wedge Pressure / Pulmonary Capillary Wedge Pressure).
CNKI	Infraestructura Nacional de Conocimiento de China (China National Knowledge Infrastructure).	PCRTO	Flujo retrógrado controlado por bomba / Ensayo de flujo retrógrado controlado por bomba (Pump-Controlled Retrograde Trial Off).
CO	Gasto cardíaco (Cardiac Output).	PCT	Procalcitonina (Procalcitonin).
CRP	Proteína C reactiva (C-Reactive Protein).	PEEP	Presión positiva al final de la espiración (Positive End-Expiratory Pressure).
DPC	Cánula de perfusión distal (Distal Perfusion Cannula).	RPM	Revoluciones por minuto (Revolutions Per Minute).
ECA	Ensayos controlados aleatorizados (Randomized Controlled Trials).	SAVE	Supervivencia después de ECMO venoarterial (Survival After Venoarterial ECMO).
FC	Frecuencia cardíaca (Heart Rate).	SvO2	Saturación venosa de oxígeno (Venous Oxygen Saturation).
FCT	Prueba de desafío de flujo (Flow Challenge Test).	VA-ECMO	Soporte vital extracorpóreo venoarterial / Oxigenación por membrana extracorpórea venoarterial (Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation).
FEVI / LVEF	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (Left Ventricular Ejection Fraction).	V-AV ECMO	Soporte veno-arteriovenoso (Veno-Arteriovenous ECMO).
IC	Intervalo de confianza (Confidence Interval).	V-V	Veno-venoso (Veno-Venous).
IL-10	Interleucina-10 (Interleukin-10).	VD	Ventrículo derecho (Right Ventricle).
LVEDP	Presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo (Left Ventricular End-Diastolic Pressure).	VI	Ventrículo izquierdo (Left Ventricle).
LVOT	Tracto de salida del ventrículo izquierdo (Left Ventricular Outflow Tract).	WBC	Conteo de leucocitos (White Blood Cells).
MVO2	Consumo miocárdico de oxígeno (Myocardial Oxygen Consumption).		

INTRODUCCIÓN

La oxigenación por membrana extracorpórea venoarterial (VA-ECMO) es un tratamiento para el shock cardiogénico refractario. A pesar de la investigación y optimización de procesos aplicados a las bombas centrífugas, recubrimientos biocompatibles heparinizados y la evolución de los oxigenadores de membrana de fibra hueca de polimetilpenteno, la fase clínica de desconexión, comúnmente denominada “destete” o liberación del soporte, sigue constituyendo una incertidumbre caracterizada por una morbilidad significativa.¹

El desafío radica en determinar el momento en el que el miocardio nativo ha recuperado la reserva inotrópica y lusitrópica para sostener la perfusión sistémica sin la asistencia mecánica. Este proceso asocia riesgos bidireccionales: 1. decanulación prematura en un paciente con aturdimiento miocárdico persistente 2. prolongar el soporte más allá de lo necesario: somete al paciente a los riesgos asociados (hemorragias por coagulopatía de consumo, trombosis sistémica, isquemia de extremidades, eventos cerebrovasculares e infecciones nosocomiales por inmunoparálisis). El destete exitoso se establece cuando el paciente sobrevive sin requerir asistencia mecánica circulatoria adicional durante los 30 días posteriores a la decanulación. Sin embargo, entre el 20% y el 65% de los pacientes que logran la separación del circuito no sobreviven hasta el alta hospitalaria debido a daño miocárdico secundario, falla multiorgánica o complicaciones neurológicas derivadas de la terapia o la etiología de la misma.^{1,2}

ESTRATEGIAS DE DESTETE CONVENCIONALES

La liberación del soporte extracorpóreo, históricamente, ha dependido de enfoques empíricos para evaluar la competencia del corazón nativo. Aunque estos métodos han sido funcionales, un análisis hemodinámico estricto revela deficiencias fisiológicas y vulnerabilidades operativas relevantes. El método convencional implica la reducción progresiva de las revoluciones por minuto (RPM) de la bomba centrífuga hasta alcanzar lo que se denomina un “flujo de reposo” (idling flow) o flujo anterógrado mínimo, el se ajusta en el rango de 1.0 a 1.5 litros por minuto en pacientes adultos.³

Esto es una paradoja fisiológica que distorsiona la evaluación diagnóstica. Mantener un flujo anterógrado residual, por

mínimo que sea en volumen, significa que el circuito continúa drenando sangre desde la aurícula derecha o la vena cava. Esto reduce la precarga del ventrículo derecho (VD) y consecuentemente lo descarga. El flujo anterógrado residual, inyectado bajo presión en el sistema arterial, incrementa la resistencia vascular y la poscarga impuesta al ventrículo izquierdo (VI). En consecuencia el sistema cardiopulmonar del paciente no es verdaderamente evaluado bajo condiciones de carga volumétrica y presiométrica nativas absolutas. Esto genera un “punto ciego” diagnóstico que oculta disfunciones ventriculares latentes (como claudicación del corazón derecho o congestión pulmonar) que solo se manifestarán horas después de la decanulación.^{1,4,5}

Las alternativas para evadir el problema del flujo anterógrado son 1. el pinzamiento directo de las líneas del circuito (clamping) 2. Inserción de puente arteriovenoso (AV bridge). Esto interrumpe la asistencia presiométrica al paciente, aislando el circuito extracorpóreo del sistema cardiovascular nativo. Esto genera zonas de estancamiento sanguíneo y estasis celular, particularmente en las cánulas alojadas dentro de la vasculatura del paciente. El pinzamiento del circuito y la manipulación invasiva, que a menudo requiere el uso de conectores de tres vías para lavar y purgar intermitentemente el sistema con solución salina heparinizada, alteran gravemente la dinámica de fluidos laminar. Esto asocia mayor riesgo de agregación plaquetaria, la formación de microtrombos, introducción accidental de émbolos gaseosos y el error humano inherente a procedimientos repetitivos bajo estrés.⁶

EL MÉTODO DE FLUJO RETRÓGRADO CONTROLADO POR BOMBA (PCRTO)

La desconexión mediante flujo retrógrado controlado por bomba (PCRTO, *Pump-Controlled Retrograde Trial Off*) se describió en el año 2013 por Westrope et al. para poblaciones pediátricas y neonatales con insuficiencia respiratoria. El mecanismo del PCRTO invierte la dinámica reológica del sistema sin requerir alteración en su integridad o continuidad hermética.⁷

En primer lugar, se disminuye gradualmente las RPM de la bomba centrífuga. A medida que la energía cinética generada por el rotor magnético comienza a decaer, la presión arterial media (PAM) pulsátil generada por el inotropismo nativo del paciente empieza a igualar, y eventualmente supera la impedancia hidrodinámica del circuito extracorpóreo. En el

punto de inflexión, el gradiente de presión se invierte y la sangre arterial sistémica del paciente, oxigenada, fluye hacia la cánula de retorno (arterial), consola, membrana oxigenadora y se dirige hacia la cánula de drenaje (venosa), empleando la rotación de la bomba centrífuga como una resistencia vascular artificial o “freno” hemodinámico controlable. Este estado transforma temporalmente el circuito de ECMO en un cortocircuito (shunt) arteriovenoso pasivo, continuo, reversible y cuantificable. Se ajusta a un flujo retrógado neto de 0,5 a 1,0 litros por minuto para un adulto promedio, y proporcionalmente menor en pacientes pediátricos (10 a 20 mililitros por kilogramo de peso). En resumen, los vectores de flujo sanguíneo, que durante el soporte activo tenían una dirección anterógrada, invierten su curso controladamente. La sangre oxigenada retrocede a través del oxigenador (desprovista de su flujo de gas de barrido) y se dirige hacia el compartimento venoso central del paciente. Esto conforma un shunt transitorio de izquierda a derecha que aísla la función respiratoria nativa, somete al ventrículo derecho a una prueba de estrés volumétrico (Preload Stress Test), y al ejercer un efecto protector al prevenir estasis celular o sedimentación eritrocitaria, asegurando el mantenimiento de un flujo sanguíneo continuo y laminar a través de todas las superficies recubiertas de polímeros del circuito.^{1,2,6,7}

LA PRUEBA DE ESTRÉS DE PRECARGA BIVENTRICULAR.⁸

La técnica permite coordinar tres eventos:

1. Evaluación del Ventrículo Derecho (RV Preload Stress Test): Al cesar el drenaje venoso impulsado por la bomba e inducir el flujo retrógado desde el sistema arterial hacia el compartimento venoso central, el ventrículo derecho se ve obligado a asumir no solo la totalidad del retorno venoso sistémico nativo (gasto cardíaco total), sino también el volumen de sobrecarga adicional proveniente del shunt extracorpóreo de izquierda a derecha. Esta sobrecarga desplaza el punto de operación del ventrículo derecho hacia una posición superior y demandante en su curva fisiológica de Frank-Starling, revelando cualquier incompetencia en la contractilidad de la pared libre del ventrículo derecho o cualquier incremento patológico en la resistencia vascular pulmonar que el soporte del ECMO había estado enmascarando.

2.Descarga del Ventrículo Izquierdo (LV Unloading): El establecimiento del cortocircuito extracorpóreo proporciona una vía de muy baja resistencia para el tracto de salida del ventrículo izquierdo (LVOT). Fisiológicamente, esto

se traduce en una disminución de la poscarga sistémica. Esta facilitación de la eyección sistólica resulta necesario para evaluar las capacidades contráctiles tempranas de un ventrículo izquierdo que ha sufrido injuria reciente, permitiendo una transición suave del trabajo mecánico de la máquina al músculo biológico, al mismo tiempo que se minimiza el estrés parietal (de acuerdo con la Ley de Laplace) y se mitiga el consumo miocárdico de oxígeno (MVO²) durante la fase de destete.

3.Aislamiento Pulmonar: Un paso obligatorio es la suspensión del suministro del flujo de gas de barrido (sweep gas) que ventila la membrana del oxigenador extracorpóreo. En consecuencia, el flujo sanguíneo que circula de forma retrógada a través de las fibras capilares de polimetilpenteno ya no recibe oxigenación ni descarboxilación artificial. A partir de este momento, la totalidad de la demanda metabólica de intercambio gaseoso recae sobre la integridad de los pulmones nativos. Esto permite evaluar la función respiratoria nativa, posibilitando al clínico descartar la presencia de síndrome de distrés respiratorio agudo, consolidaciones neumónicas persistentes o el edema pulmonar cardiogénico, secundario a la congestión retrógada por la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo que no puede acomodar el aumento súbito del retorno venoso pulmonar.

Desde la reología y hemocompatibilidad, el PCRTO atenúa el riesgo de estancamiento sanguíneo. Al preservar la tensión de cizallamiento fisiológica sobre las paredes del sistema, se evita la cascada de coagulación y consecuente deposición de mallas de fibrina insoluble.^{1,8}

Esta revisión sistemática tiene como propósito consolidar la evidencia global respecto al PCRTO. Se incluirán bases de datos occidentales así como su contraparte para ampliar los resultados y poder tomar ambas perspectivas a la hora de extrapolarlo a la región Latinoamericana.

MÉTODO

BÚSQUEDA DE LITERATURA Y EXTRACCIÓN DE DATOS

Con la finalidad de garantizar el rigor metodológico y científico, se consultaron minuciosamente las principales bases de datos biomédicas indexadas sin restricción de idioma, incluyendo Embase, PubMed y la Cochrane Library, empleando la estrategia de búsqueda (“venoarterial

extracorporeal membrane oxygenation” OR “VA-ECMO”) AND (“weaning”OR “trial off” OR “PCRTO” OR “pump-controlled retrograde trial off”).

De forma complementaria, se ejecutó una búsqueda en las plataformas de China Continental, específicamente la China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang Data y SinoMed. Se utilizó terminología biomédica mandarina equivalente (泵控逆流试验 para PCRTO, y V-A ECMO 撤机 para el destete del soporte). La racionalidad detrás de esta expansión lingüística es de importancia epidemiológica: los principales centros extracorpóreos asiáticos y unidades de choque cardiogénico en China manejan volúmenes masivos de pacientes críticamente enfermos. Esta escala poblacional proporciona una validación estadística robusta, una densidad de datos y un poder analítico que consolida sustancialmente las observaciones piloto iniciales realizadas en centros occidentales de menor volumen casuístico.

El proceso de tamizaje y la extracción de datos cuantitativos se focalizaron en los siguientes dominios clínicos estructurados (formato PICO modificado). **Población de Estudio:** Pacientes adultos, pediátricos y neonatales admitidos en unidades de cuidados intensivos, soportados primariamente con configuraciones venoarteriales estándar (VA-ECMO) o sometidos a configuraciones híbridas complejas (como V-AV ECMO) debido a estados de shock cardiogénico profundo. **Intervención:** La adopción del protocolo PCRTO como estrategia para la evaluación de la tolerancia orgánica a la decanulación. **Control y Comparación:** Los enfoques convencionales históricos de destete circulatorio, como la reducción del flujo anterógrado (idling flow technique), el pinzamiento abrupto de las líneas de perfusión, y el uso de puentes arteriovenosos aislados (AV bridging). **Resultados:** Supervivencia, incluyendo el éxito de decanulación (libertad de soporte en 48 horas o 30 días), supervivencia al alta hospitalaria, libertad de mortalidad por cualquier causa, incidencia de shock cardiogénico recurrente, complicaciones embólicas agudas y crónicas (trombosis venosa profunda, embolia pulmonar, accidentes cerebrovasculares), evaluación hemodinámica invasiva, lesión orgánica y parámetros de coagulación.

EVALUACIÓN DE CALIDAD METODOLÓGICA

Al ser todos estudios no aleatorizados, se utilizó la herramienta ROBINS-I, evaluando: confusión, selección de participantes, medición de la intervención, desviaciones

de la intervención, datos incompletos, medición del desenlace y selección de los resultados reportados.⁹

RESULTADOS

Se identificaron un total de 350 registros iniciales procedentes de bases de datos occidentales (PubMed, Embase, Cochrane; n = 195) y bases de datos chinas (CNKI, Wanfang, SinoMed; n = 155). Tras la eliminación de duplicados, se sometieron a escrutinio 265 archivos, de los cuales 210 fueron excluidos tras la lectura de título y resumen. Se evaluó la elegibilidad de 55 artículos a texto completo, excluyéndose 36 por no cumplir los criterios (20 por tipo de publicación erróneo y 16 por otras razones). Finalmente, la revisión cualitativa incluyó un total de 19 estudios (Figura 1.).

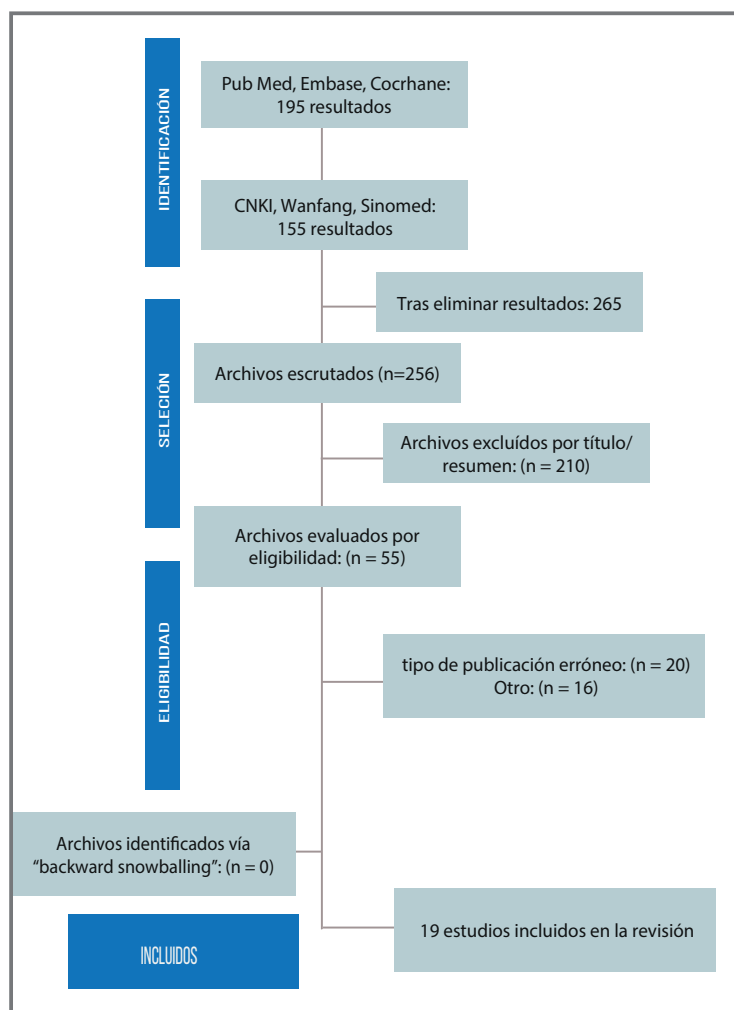


Figura 1: Representación visual del proceso de identificación, cribado e inclusión de la literatura.

El análisis de datos recopilados demuestra que la técnica PCRTO es una herramienta pronóstica y terapéutica con alta sensibilidad, especificidad y relevancia clínica. Se evidencian las ventajas fisiológicas que se traducen en mejoras de la supervivencia biológica a corto, mediano y largo plazo.

SUPERVIVENCIA Y ÉXITO EN LA DECANULACIÓN:

El estudio clínico retrospectivo más extenso y metodológicamente robusto dirigido por Jo y colaboradores (2024) redefine las expectativas del soporte. En esta investigación se comparan los desenlaces de 70 pacientes adultos sometidos a destete mediante el protocolo PCRTO frente a un grupo de control compuesto por 85 pacientes manejados mediante métodos convencionales. La supervivencia global al alta hospitalaria fue estadísticamente superior de forma significativa en la cohorte de PCRTO en contraste con la cohorte control (90% versus un 72%, $p=0,01$). La incidencia de shock cardiogénico severo tras la desconexión del soporte alcanzó un 16% en el grupo sometido al destete convencional; 5% en el grupo experimental ($p=0,04$). En el análisis de regresión logística, el protocolo PCRTO fue identificado como un factor predictivo fuerte, independiente y significativo de la supervivencia hasta el alta hospitalaria; odds ratio (OR) de 2.42 y un intervalo de confianza (IC) del 95% entre 1,29 y 5,28; $p=0,02$).²

Estos hallazgos concuerdan con la experiencia inicial publicada por Xu et al. en el año 2018. Evaluaron 7 pacientes sometidos PCRTO, quienes presentaban puntuaciones de pronóstico desfavorables (SAVE score, media negativa de $-4,4 \pm 5,9$). El 100% de la cohorte alcanzó una decanulación quirúrgica exitosa, sin manifestar deterioro hemodinámico inmediato posprocedimiento. La tasa de muertes atribuidas a un fallo de bomba cardíaca posterior al proceso fue del 0% en la cohorte PCRTO. Esto se comparó directamente con la mortalidad por fallo cardíaco del 13% en el grupo tratado de forma convencional dentro del mismo centro (0% vs. 13%, $p=0,99$).⁹

Otra serie de datos (Pandya et al) incluyó 57 pruebas individuales documentadas en 36 pacientes distintos y reportan reiteradamente tasas de éxito similares.¹¹

Esto permite analizar críticamente; si un paciente crítico es capaz de tolerar a nivel hemodinámico las exigencias de precarga biventricular correspondientes al PCRTO, la probabilidad de que experimente un fracaso posdecanulación inmediata se reduce.

La tabla 1, que expone los resultados de la revisión sistemática evidencia la reproducibilidad de la técnica a través de diversos fenotipos poblacionales.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS Y RESULTADOS PRINCIPALES DE LOS ESTUDIOS SOBRE EL USO DE FLUJO RETRÓGRADO CONTROLADO POR BOMBA (PCRTO) EN EL DESTETE DE VA-ECMO.					
AUTOR Y AÑO	DISEÑO	POBLACIÓN (N)	PCRTO / FCT	RESULTADOS	COMPLICACIONES
Lau et al., 2023. ⁸	Serie de casos unicéntrica	N = 36 pacientes adultos (57 ensayos en total).	Flujo sanguíneo retrógrado medio: $0,6 \pm 0,2$ L/min. Duración media: 180 min (RIC: 120-240 min).	78,9% de ensayos exitosos. 88,6% de los pacientes con PCRTO exitoso fueron destetados del ECMO.	Ninguna complicación mayor reportada.
Deshpande et al., 2025. ¹²	Reporte de caso	N = 1 (Hombre de 41 años con shock cardiogénico).	Uso de PCRTO en conjunto con un catéter de arteria pulmonar (prueba de estrés de precarga).	Destete y explantación exitosa de las cánulas de ECMO.	No se reportan en el resumen.
Menon et al., 2024. ¹³	Reporte de casos	N = 2 (Población pediátrica: un neonato y un niño mayor).	No se detallan parámetros específicos en el resumen.	Descripción de la experiencia inicial del centro para facilitar una adopción más amplia de la técnica en niños.	No se reportan en el resumen.
Matsumura et al., 2025. ⁴	Reporte de caso	N = 1 (Hombre de 49 años en V-AV por miocardiopatía séptica).	Aplicación para evaluar destete de ECMO V-AV a V-V. Realizado el día 15 simulando decanulación arterial.	El paciente retornó de forma segura al soporte V-V. PCRTO simula con precisión la decanulación arterial en V-AV.	No se reportan en el resumen.
Xu et al 2023. ¹⁴	Estudio retrospectivo	N = 20 pacientes adultos en VA-ECMO.	PCRTO combinado con catéter de arteria pulmonar (PAFC) para investigar cambios en función derecha e izquierda.	65% de éxito en el destete. El grupo de fracaso mantuvo PAWP y FC significativamente mayores ($p < 0,01$).	Sin complicaciones relacionadas con embolismos en el grupo de éxito.

Jia et al., 2020 ³	Estudio retrospectivo	N = 21 pacientes adultos en VA-ECMO con criterios de destete.	Flujo retrógrado de -500 a -600 ml/min. Duración: 1 hora. Gas apagado; ACT entre 200 y 300 s.	69,23% de éxito. Disminución significativa del dímero-D y aumento de la FEVI al día siguiente del destete.	Sin nuevas trombosis por ultrasonido ni embolia pulmonar.
Jo et al., 2024. ²	Estudio retrospectivo comparativo	N = 155 adultos destetados de V-A ECMO (Grupo PCRTO: 70; Convencional: 85).	Flujo retrógrado de -300 a -800 mL/min. Gas apagado. Heparina para ACT 200-220 s. Duración planificada de 60-120 min.	Supervivencia al alta significativamente mayor con PCRTO (90% vs. 72,9%, p=0.013). PCRTO fue un predictor fuerte de supervivencia (OR 2,42).	No se observaron eventos tromboembólicos.
Charbonneau et al., 2022. ¹⁵	Revisión Sistemática	N = 47 estudios incluidos.	Evaluated como el "Paso 5" en su algoritmo de destete (flujo retrógrado de -0,5 a -1 L/min sin gas de barrido).	PCRTO es la herramienta ideal de confirmación; desafía al ventrículo derecho simulando la decanulación sin riesgo por pinzamiento.	Riesgo teórico de embolia pulmonar por desprendimiento de coágulos al invertir el flujo.
Fiorelli et al., 2025. ⁶	Estudio piloto multicéntrico	N = 21 adultos con shock cardiogénico (32 ensayos).	Flujo retrógrado de 0,5 a 1 L/min por 30 min. Cánula distal pinzada; anti-Xa > 0,3 IU/ml.	PCRTO desenmascaró fallas ocultas al método convencional en 9 casos y confirmó estabilidad en 3 casos, cambiando el manejo en 61,9%.	1 caso de trombosis en la cánula distal tratada sin secuelas.
Zhang et al., 2024. ⁶	Reporte de caso	N = 1 (Mujer de 38 años, embolia pulmonar masiva por tumor).	Flujo retrógrado de -0,5 L/min con monitorización ecocardiográfica.	Fallo al primer intento (dilatación VD); éxito al segundo intento (Día 6) logrando el alta hospitalaria.	Sin complicaciones; previno un destete prematuro.
Matsumura et al., 2022. ⁵	Reporte de caso	N = 1 (Hombre de 62 años, paro cardíaco por embolia pulmonar masiva).	Flujo retrógrado de -0,83 a -0,98 L/min por 1 hora.	Simuló el retiro tras un fallo convencional previo, demostrando función del VD preservada y logrando decanulación.	Sin complicaciones. Paciente extubado con buen pronóstico.
Ju et al., 2020. ¹⁷	Estudio retrospectivo	N = 47 adultos en VA-ECMO.	Flujo de -300 a -800 mL/min por 30-60 min. aPTT 60-70 s.	100% logró destetarse (80,9% al primer intento). Supervivencia al alta del 89,4%.	Cero eventos tromboembólicos o hemorrágicos.
Xu y Gu, 2019. ¹⁰	Reporte de caso	N = 1 (Hombre de 61 años, miocarditis aguda).	Flujo de 0,5 a 1,0 L/min retrogrado. Monitoreo con PAFC a 1 hora.	Aumento del índice cardíaco (CI) en un 48% tras la prueba, permitiendo el destete exitoso.	Sin complicaciones.
Pandya et al., 2019. ¹¹	Estudio retrospectivo comparativo	N = 51 pacientes pediátricos (Grupo PCRTO: 31; Puente A-V: 20).	Flujo retrógrado de -100 a -250 ml/min.	Duración del destete significativamente más corta con PCRTO. Supervivencia del 97% tras decanulación.	2 conversiones a puente A-V en neonatos de muy bajo peso.
Mattke et al., 2018. ¹⁸	Carta al Editor	N/A (Discusión fisiológica).	Define al PCRTO como una "prueba de esfuerzo" cardíaca que evalúa la entrega de oxígeno sistémico frente a la carga del flujo retrógrado.	Sugiere que es el enfoque ideal pero advierte sobre riesgos de isquemia sistémica en pacientes con función muy deteriorada o bajo peso.	N/A
Ling y Chan, 2018. ¹	Estudio retrospectivo comparativo	N = 30 adultos (Grupo PCRTO: 7; Convencional: 23).	Flujo de 0,5 a 1,0 L/min por 1 hora, gas apagado.	100% decanulados con éxito. 0 muertes por falla cardíaca en PCRTO vs. 3 en convencional.	1 infarto cerebral en paciente con viente del VI (asociación incierta).
Westrope et al., 2013. ⁷	Artículo descriptivo	N = 5 neonatos con falla respiratoria.	Flujo retrógrado de aprox. 120 ml/min.	Tolerancia al 100%, todos decanulados con éxito.	Sin coágulos ni hemólisis.
Luo et al., 2022. ¹⁹	Artículo de Perspectiva / Prueba de Concepto	N = 2 casos clínicos detallados (Adultos).	Reducción de bomba en pasos de 500 rpm (0.5 L/min) para inducir un <i>Flow Challenge Test</i> (FCT).	Graficar la reducción del flujo vs. el aumento del gasto cardíaco permite calcular un "ratio de conversión". El éxito de destete generó una predicción casi exacta de 4,73 L/min mediante regresión lineal.	N/A
Xu Z. et al., 2025. ²⁰	Estudio Retrospectivo Observacional	N = 62 adultos decanulados con éxito (31 con PCRTO de reinfusión vs. 31 control sin reinfusión).	Retorno de sangre controlando las RPM de la bomba centrífuga en dirección veno-arterial.	El grupo de reinfusión por PCRTO mejoró significativamente su ecocardiografía (LVEF a 62,41%) y atenuó la inflamación sistémica (caída drástica de lactato, BNP, WBC, CRP y PCT al día 3).	Sin diferencias estadísticas en infección, falla renal o sangrado; solo 1 caso (3,23%) de trombosis en cada grupo.

La investigación de Jia et al evaluando a 21 pacientes adultos que sometidos a PCRTO, demostró una cohorte predominantemente masculina con una mediana de edad avanzada de 65 años, el 85% superó la prueba de estrés hemodinámica con una tasa global de éxito en la decanulación del 69,23%. Sin embargo, es de importancia, el seguimiento ecográfico posdecanulación implementado. Realizaron ecografías doppler arteriovenosas de las extremidades inferiores después de la extracción de la decanulación. No se halló trombo nuevo, mural u oclusivo, en la vasculatura periférica. El perfil de los biomarcadores reveló beneficios; disminución significativa de los niveles de Dímero D (desde valores medianos de 1018 a 584 µg/L). Este hallazgo sugiere que, al evitar la creación de zonas de estasis vascular y sanguínea que son inherentes a los métodos convencionales de destete por pinzamiento, el flujo de lavado continuo que propicia el PCRTO logra atenuar el estado protrombótico agudo característico de la manipulación invasiva de los circuitos de ECMO.³

MODELADO DEL GASTO CARDÍACO A TRAVÉS DEL “FLOW CHALLENGE TEST”:

Un análisis hemodinámico, reconceptualizó al PCRTO desde una prueba clínica hasta un verdadero “Flow Challenge Test” (FCT) o Prueba de Desafío de Flujo. Durante la fase de reducción del flujo, la conversión de la poscarga artificial impuesta por la máquina en precarga biológica volumétrica para el ventrículo nativo, permite modelar con exactitud matemática la reserva funcional y relación de acoplamiento ventrículo-arterial del miocardio nativo. En uno de los reportes que respaldan esta teoría, se relata un caso donde, mientras el flujo mecánico del soporte VA-ECMO se reducía escalonadamente de 2,61 a 2,05, y finalmente hasta 1,53 litros por minuto, el gasto cardíaco biológico (CO) nativo del paciente se disparaba y aumentaba de manera compensatoria y proporcional desde 3,3 a 3,6, culminando en 3.9 litros por minuto. La delineación de esta relación inversamente proporcional permitió generar ecuaciones predictivas de regresión lineal simple pero efectivas ($Gasto\ Cardíaco = -0,55 \times Flujo\ VA-ECMO + 4,73$). Esta formulación algebraica logró predecir, el volumen del gasto cardíaco exacto que el paciente demostraría tener inmediatamente tras la desconexión física total de las cánulas del ECMO. El modelo teórico había predicho un gasto de 4,73 L/min, mientras que el gasto medido ecográficamente en la realidad, tras la extubación del paciente, fue de 4,5 L/min.

REINFUSIÓN DE SANGRE AUTÓLOGA Y RECUPERACIÓN DE LA INFLAMACIÓN:

En una aproximación al manejo conservador de la sangre en el paciente crítico, el Hospital Provincial Popular N° 3 de Henan, China (2024), realizó un estudio prospectivo para investigar la reducción controlada de la velocidad de la bomba, no únicamente como una prueba de tolerancia al destete hemodinámico, sino como el medio físico y facilitar la reinfusión sistémica y pasiva de volúmenes enteros de sangre autóloga desde el circuito ECMO de vuelta hacia el paciente en una cohorte de 62 casos de destete.²⁰

El análisis resultante, dividido entre un grupo de observación que experimentó el retorno autólogo bajo régimen PCRTO (31 pacientes) y un grupo control (31 pacientes), demostró que la intervención con salvataje volumétrico inducía mejoras ecocardiográficas de recuperación sistólica contundentes tras la retirada del circuito. Las evaluaciones ultrasonográficas mostraron que la Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo (LVEF) de los pacientes mejoró desde $45.30 \pm 4.51\%$ en sus valores basales pre-destete, hasta alcanzar un $62,41 \pm 6,49\%$. El índice de variabilidad respiratoria de la vena cava inferior, un subrogado del estado de volemia, aumentó saludablemente de un 17% a un 28%, sugiriendo una recuperación y restitución íntegra de la adaptabilidad biológica de la precarga. Se evidenciaron caídas en ácido láctico arterial periférico (de $6,19 \pm 1,31$ mmol/L hasta unos $2,43 \pm 0,61$ mmol/L) y del Péptido Natriurético Cerebral o BNP, el indicador de tensión en la pared miocárdica (desde $4878,48 \pm 185,47$ ng/L a $2325,96 \pm 78,51$ ng/L).²⁰

A nivel de inflamación sistémica y hematológica funcional, los niveles circulantes de múltiples marcadores inflamatorios agudos demostraron un perfil atenuado; la Procalcitonina (PCT), la Proteína C Reactiva (CRP), la Interleucina-10 (IL-10), el porcentaje absoluto de neutrófilos y el conteo de leucocitos totales, disminuyeron al tercer día posterior a la decanulación. Fundamentalmente, estas ganancias hematológicas, impulsadas por la infusión de hemoglobina que subió a 104 g/L frente a 96 g/L basales y la normalización de presiones pulmonares, se consiguieron sin sacrificar la seguridad en lo absoluto; reportaron que no se produjo aumento en la incidencia intrahospitalaria de insuficiencia renal aguda, episodios febriles infecciosos o fenómenos de hemorragia digestiva.²⁰

SEGURIDAD DEL FLUJO RETRÓGRADO

El “talón de Aquiles” de la mayoría de las estrategias de pinzamiento de la línea venoarterial radica en la inducción

de la estasis sanguínea casi inmediata. En los circuitos de perfusión que se encuentran revestidos por biopolímeros sintéticos heparinizados, el cese de la velocidad del flujo laminar protector invita a la activación, y de factores de coagulación plasmáticos dependientes de la vía intrínseca de contacto (particularmente las cascadas dependientes del Factor XII y la precalicreína).

El estudio multicéntrico de Fiorelli et al. sobre una muestra de 21 pacientes, contrastó las realidades clínicas de estancamiento. La técnica PCRTO demostró que el flujo turbulento y el estancamiento en las zonas muertas del oxigenador se eliminan, reemplazados por un flujo continuo dictaminado por los gradientes de presión del propio paciente. La incidencia de eventos de naturaleza embólica (como eventos isquémicos cerebrales o de miembros) que puedan ser atribuibles de manera directa a la ejecución de la técnica fue imperceptible. Los investigadores Xu et al. documentaron en su metodología que, al proceder a desmontar físicamente e inspeccionar visualmente bajo magnificación todos los componentes internos de los oxigenadores y rotores del circuito tras concluir pruebas PCRTO en adultos, no existían rastros medibles de depósitos de fibrina densa ni indicios de la formación de coágulos oscuros (macroscópicamente).⁶

SINERGIA ENTRE EL PCRTO Y EL CATÉTER DE SWAN-GANZ

La ultrasonografía cardíaca está ligada al sesgo y la interdependencia del operador humano (perfusionista, anestesiólogo o cardiólogo intensivista). Además, se topa con el obstáculo de las ventanas acústicas deficientes en pacientes críticos y se encuentran en ventilación mecánica con presión positiva al final de la espiración (PEEP) alta, o poseen apósitos quirúrgicos poscardiotomía. La inserción estratégica de un catéter de flotación dirigido a la arteria pulmonar (PAFC).¹⁴

Un estudio del año 2023 analizó hemodinámicamente a 20 pacientes adultos con la vigilancia del monitoreo invasivo del PAFC y la estimulación retrógrada volumétrica inducida por el PCRTO. Seguidamente, segmentaron la respuesta de estrés adaptativa del miocardio (ante la exposición a la sobrecarga del retorno sanguíneo) a través de una escala de monitoreo temporal estandarizada a treinta minutos. Estó evidenció la disfunción diastólica y congestiva congestión pulmonar que yace bajo la superficie en pacientes aparentemente con criterios de decanulación. La métrica documentada en este

ensayo fue la Presión Capilar Pulmonar de Enclavamiento (PAWP o PCWP), que estima indirectamente la Presión de Fin de Diástole del Ventrículo Izquierdo (LVEDP) y cuantifica, la rigidez o distensibilidad, y la capacitancia volumétrica del lecho vascular y venoso pulmonar¹⁴:

•**Fase de Valoración Inicial (Minuto 2):** Inmediatamente después de reducir las RPM de la bomba y permitir que la presión nativa establezca el flujo de sangre retrógrado, la medición de la PAWP se elevó de manera uniforme. Este pico hipertensivo intrapulmonar se observó tanto en las filas de los pacientes del grupo del destete exitoso, como en aquellos miembros del grupo con falla orgánica ulterior. Este pico de presión es el reflejo mecánico y termodinámico directo que puede concebirse de un Preload Stress Test real, seguidamente el ventrículo derecho bombea el volumen de sobrecarga líquida extra directamente a través de la circulación arterial pulmonar nativa.

•**Fase de Ajuste (Minuto 15):** De manera progresiva los niveles elevados de la presión PAWP mostraron descenso en los pacientes con destete exitoso. Este descenso presiométrico fue indicativo de adecuada lusitropía del ventrículo izquierdo, con el aumento proporcional en el volumen eyectivo. Por el contrario, la respuesta del grupo con fracaso de decanulación, la PAWP enclavada permaneció elevada.

•**Fase Definitiva (Minuto 30):** En aquellos que eventualmente fueron decanulados, extubados y egresados del hospital sus mediciones hemodinámicas retornaron a los valores pre PCRTO. El grupo con el descenlace inverso, mostró una PAWP anormal a los treinta minutos ($p < 0,01$).¹⁴

DESTETE EMBOLIA PULMONAR

Los pacientes con shock cardiogénico obstructivo secundario a embolia pulmonar presentan una anatomía hemodinámica derecha frágil. La inducción de postcarga abrupta sobre un ventrículo derecho dilatado puede inducir un colapso hemodinámico rápido. Ju et al. simulaban el destete mediante la reducción controlada del flujo, el PCRTO permite someter al árbol vascular pulmonar a la carga volumétrica de manera gradual. Esto previene la congestión isquémica no controlada que podría desencadenarse con el pinzamiento de los métodos convencionales.¹⁷

TRANSICIONES HÍBRIDAS (V-AV A V-V ECMO)

En casos de shock cardiogénico refractario combinado con falla respiratoria severa con soporte veno-arteriovenoso (V-AV ECMO); determinar el momento exacto de recuperación miocárdica para suspender el soporte arterial (retirando la asistencia V-A) mientras se mantiene el soporte respiratorio (V-V) es un desafío clínico. Matsumura et al. demostraron la aplicación del PCRTO en este escenario. Al inducir un flujo retrógrado focalizado exclusivamente en la rama arterial, lograron aislar y evaluar la función sistólica nativa, mientras mantenían ininterrumpido el flujo de gas de barrido para el soporte pulmonar. Esta maniobra permitió predecir la tolerancia hemodinámica y transicionar al paciente a una configuración V-V pura, minimizando el riesgo de complicaciones prevenibles.⁴

POBLACIONES PEDIÁTRICAS Y NEONATALES

Aunque las variaciones fisiológicas de precarga suelen ser mejor toleradas por el miocardio pediátrico, las cánulas de perfusión de bajo calibre predisponen a una oclusión trombótica rápida durante el flujo de reposo (idling flow) del destete convencional. Estudios como los de Menon et al. y Pandya et al. han demostrado que el PCRTO puede adoptarse en estas unidades, evadiendo la necesidad de instalar puentes arteriovenosos quirúrgicos. Pandya et al. reportaron una supervivencia post-decanulación del 97% en una cohorte de 31 ensayos pediátricos, demostrando que el PCRTO simplifica el manejo del circuito de bajo volumen y predice el éxito de la decanulación.¹³

ESTANDARIZACIÓN: ALGORITMO PCRTO

Con base en la integración de la evidencia global, se propone el siguiente algoritmo para la implementación del PCRTO:

1.Preparación y Optimización: Confirmar la resolución del shock y la estabilidad hemodinámica (PAM > 60 mmHg con soporte vasoactivo mínimo). Optimizar la ventilación mecánica y asegurar un nivel de anticoagulación seguro (Tiempo de Coagulación Activado > 200-220 segundos o niveles anti-Xa terapéuticos). Calibrar la monitorización invasiva, preferentemente incluyendo un PAFC.

2.Verificar Integridad del Circuito: Realizar una revisión del circuito y ultrasonido completo para descartar trombos preexistentes. Si tiene una DPC, debe ser pinzada y lavada con solución salina heparinizada.

3.Prueba de Estrés: Reducir gradualmente las revoluciones por minuto (RPM). El objetivo es alcanzar un flujo anterógrado cero y permitir que la presión nativa del paciente genere un flujo retrógrado de 0,5 a 1,0 L/min (10 mL/kg en pediatría).⁶

4.Aislamiento Pulmonar: Interrumpir el flujo de gas de barrido del oxigenador. Esto garantiza que la oxigenación y ventilación dependan de los pulmones nativos, permitiendo evaluar la función respiratoria sin asistencia extracorpórea.

5.Evaluación Hemodinámica (30-60 minutos): Monitorizar continuamente. Un destete exitoso se predice si el paciente mantiene la PAM, la PAWP retorna a valores basales tras el pico inicial de estrés volumétrico (minuto 15-30), y el índice cardíaco y la SvO₂ se mantienen estables.

6.Criterios de Aborto: Reanudar el soporte anterógrado completo si se documenta: caída sostenida de la PAM (< 60 mmHg), dilatación aguda del ventrículo derecho con desviación del septum (evidenciado por ecocardiografía), elevación persistente e incontrolable de la PAWP, o arritmias ventriculares.

RIESGO DE SESGO DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

La calidad metodológica general de los estudios primarios incluidos fue evaluada de moderada a baja, lo cual es congruente con la naturaleza de la literatura disponible sobre esta técnica emergente. La mayoría de las investigaciones son estudios observacionales retrospectivos, series de casos o reportes de casos individuales, lo que introduce un alto riesgo de sesgo de selección y de confusión.⁹

En los estudios comparativos Jo et al., Ling y Chan, Pandya et al., la asignación al grupo de destete por PCRTO o al método convencional no fue aleatorizada, dependiendo frecuentemente de la preferencia del cirujano o del cambio de protocolo institucional a lo largo del tiempo. Esto introduce un sesgo cronológico e histórico significativo.

Además, la mayoría de los estudios provienen de un único centro (con excepción de Fiorelli et al., (que es multicéntrico), carecen de cegamiento en la evaluación de los resultados ecocardiográficos y manejan tamaños de muestra pequeños. Sin embargo, el riesgo de sesgo de reporte de resultados (selective reporting) se consideró bajo, ya que los estudios informaron de manera consistente los desenlaces primarios de éxito en la decanulación y supervivencia.

TABLA 2: RIESGO DE SESGO.								
AUTOR Y AÑO	DISEÑO	D1: SELECCIÓN DE PARTICIPANTES	D2: CONTROL DE CONFUSIÓN	D3: MEDICIÓN DE EXPOSICIÓN / INTERVENCIÓN	D4: CEGAMIENTO (EVALUACIÓN DE RESULTADOS)	D5: DATOS INCOMPLETOS (ATRICIÓN)	D6: REPORTE SELECTIVO DE RESULTADOS	RIESGO GLOBAL
Lau et al., 2023	Serie de casos	Poco claro	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado-Alto
Deshpande et al., 2025	Reporte de caso	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Menon et al., 2024	Reporte de casos	Alto	Alto	Poco claro	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Matsumura et al., 2025	Reporte de caso	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Xu et al.	Retrospectivo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado
Jia et al., 2020	Retrospectivo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado
Jo et al., 2024	Retrospectivo Comparativo	Bajo	Poco claro*	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado
Fiorelli et al., 2025	Evaluación multicéntrica	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado
Zhang et al., 2024	Reporte de caso	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Matsumura et al., 2022	Reporte de caso	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Lim et al., 2020	Retrospectivo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado
Xu y Gu, 2019	Reporte de caso	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Pandya et al., 2019	Retrospectivo Comparativo	Bajo	Poco claro*	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado
Ling y Chan, 2018	Retrospectivo Comparativo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Moderado

LIMITACIONES

La evidencia proviene de cohortes retrospectivas y series de casos, lo que introduce sesgos de selección. Existe también heterogeneidad en las definiciones de éxito de destete y en las metodologías del grupo control (reducción escalonada vs. puente arteriovenoso). Se requieren ensayos controlados aleatorizados (ECA) prospectivos a gran escala para consolidar definitivamente el PCRTO en las guías de práctica clínica internacionales.

CONCLUSIONES

El (PCRTO) es una herramienta diagnóstica útil y segura para el destete de VA-ECMO. Su capacidad para simular la fisiología biventricular post-decanulación, revelando la inestabilidad mediante una verdadera “prueba de estrés” de precarga, le confiere una ventaja sobre los enfoques convencionales. Adicionalmente, al evitar el pinzamiento de las líneas, preserva la dinámica de fluidos y mitiga los riesgos tromboembólicos. Su adopción acoplada con monitoreo

hemodinámico invasivo (PAFC), podría maximizar la toma de decisiones y transición segura hacia la circulación nativa. Sin embargo faltan ECA y meta-análisis de los mismos para respaldar esta afirmación con alto grado de certeza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ling L, Chan KM. Weaning adult patients with cardiogenic shock on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation by pump-controlled retrograde trial off. *Perfusion*. 2018 Jul;33(5):339–45. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659118755888?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
2. Jo JJ, Jang WS, Park N, Kim YS, Kim JB, Song K. Comparison of Conventional Methods with Pump-Controlled Retrograde Trial off for Weaning Adults with Cardiogenic Shock from Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J Chest Surg*. 2024 Jul 5;57(4):399–407. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11240091/>
3. Jia LJ, Du ZT, Liu YZ, Xin M, Jiang CJ, Xing ZC, et al. [Application of pump-controlled retrograde trial off in weaning from veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in adult patients]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2020 May 26;100(20):1544–50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32450642/>
4. Matsumura K, Shimizu K, Horikoshi Y, Hamaguchi J, Matsuyoshi T, Sasaki J. Novel weaning assessment for veno-arteriovenous to veno-venous extracorporeal membrane oxygenation using pump-controlled retrograde trial off. *Perfusion*. 2025 Apr;40(3):782–6. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/02676591241258689?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
5. Matsumura K, Matsuyoshi T, Horikoshi Y, Sasaki J, Shimizu K. Pump-controlled retrograde trial off for weaning from venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in an adult patient with pulmonary embolism. *Acute Med Surg*. 2022;9(1):e809. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9741914/>
6. Fiorelli F, Vandenbriele C, Aboumarie HS, Georgovasilis G, Jackson T, Da Costa Pinto AS, et al. Conventional versus pump-controlled retrograde trial off (PCRTO) weaning in V-A ECMO: exploring feasibility, physiological insights and benefits. *Crit Care*. 2025 Oct 1;29(1):415. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12487265/>
7. Westrope C, Harvey C, Robinson S, Speggiorin S, Faulkner G, Peek GJ. Pump Controlled Retrograde Trial Off from VA-ECMO. *ASAIO J*. 2013 Sep;59(5):517–9. Available from: <https://www.ovid.com/jnls/asaiojournal/fulltext/10.1097/mat.0b013e31829f5e9f~pump-controlled-retrograde-trial-off-from-va-ecmo>
8. Lau FM, Chan WK, Mok YT, Lai PCK, Ma SKT, Ngai CW, et al. Feasibility of pump-controlled retrograde trial off in weaning from veno-arterial ECMO in adults: A single-center case series. *Artif Organs*. 2023 Jun;47(6):1046–58. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aor.14527>
9. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*. 2016 Oct 12;i4919. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5062054/>
10. Xu Y, Gu Q. Pulmonary artery flotation catheter combined with pump-controlled retrograde trial off as a trial for weaning from veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a case report. *Perfusion*. 2019 Sep;34(6):519–22. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659118824219?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
11. Pandya NR, Daley M, Mattke A, Shikata F, Betts K, Haisz E, et al. A comparison of pump-controlled retrograde trial off to arteriovenous bridging for weaning from venoarterial extracorporeal membrane oxygenation†. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2019 Aug 1;56(2):277–84. Available from: <https://academic.oup.com/ejcts/article/56/2/277/5303951?login=false>
12. Deshpande R, Rangappa R, Kanjilal S, Moola NS, Kumar SM. Redefining weaning in a VA ECMO: a case report on pump-controlled retrograde trial off. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*. 2025 Jul;41(7):937–41. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12170960/>
13. Menon AP, Koh JC, Teng SY, Chan T, Nakao M. Initial experience with pump controlled retrograde trial-off (PCRTO) veno-arterial extra corporeal membrane oxygenation in children. *Perfusion*. 2025 Sep;40(6):1516–20. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/02676591241300955?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
14. Xu Y, Liu N, Dong D, Tang J, Liu Y, Qian Y, et al. Pulmonary artery flotation catheter (PAFC) combined with pump-controlled retrograde trial off (PCRTO) as a trial for weaning VA-ECMO patients: A retrospective study. *Perfusion*. 2023 Mar;38(2):346–52. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/02676591211054976?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
15. Charbonneau F, Chahinian K, Bebawi E, Lavigueur O, Lévesque É, Lamarche Y, et al. Parameters associated with successful weaning of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review. *Crit Care*. 2022 Dec 5;26(1):375. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9724323/>

16. Zhang SL, Zhang QF, Li G, Guo M, Qi XX, Xing XH, et al. Case Report: Resuscitation of patient with tumor-induced acute pulmonary embolism by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Front Cardiovasc Med*. 2024 Feb 15;11:1322387. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10902156/>
17. Ju MH, Lim MH, Lee SY, Lee CH, Je HG. Early experience of pump-controlled retrograde trial off for weaning from veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in adult patients with cardiogenic shock. *Perfusion*. 2021 May;36(4):401–6. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659120941328?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
18. Mattke AC, Black A, Venugopal P. Pump-controlled retrograde trial off: considerations. *Perfusion*. 2019 Mar;34(2):173–173. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659118806452?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
19. Luo J chao, Zhang Y jie, Hou J yi, Luo M hao, Liu K, Tu G wei, et al. Weaning from venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation: The hemodynamic and clinical aspects of flow challenge test. *Front Med*. 2022 Sep 8;9:989197. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9493013/>
20. 许智晶. 控制转速下静脉-动脉体外膜肺氧合撤机自体血回输的效果及安全性分析. *中华危重病急救医学*. 2025;37(06):595. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40820537/>
- Fecha de recepción: 14 de abril de 2026.
- Fecha de aceptación: 11 de julio de 2026.